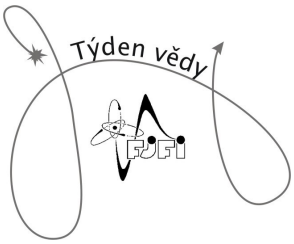
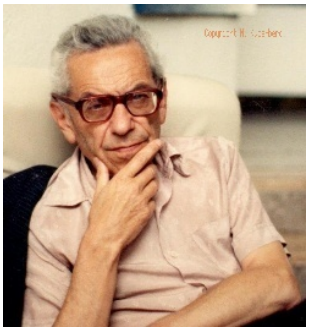


Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2010

Týden vědy na Jaderce

Sborník příspěvků

13.-17.červen 2010



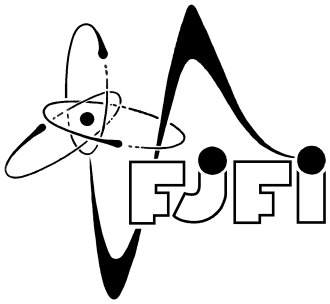
"Proč jsou čísla nádherná? To je jako ptát se, proč je nádherná Beethovenova Devátá symfonie. Když nevíte proč, nemůže vám to nikdo vysvětlit. Já vím, že čísla jsou nádherná. A jestli nejsou, tak potom už není nic.."

Paul Erdös (111 let součtu doby uplynulé od jeho narození a smrti)

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



Slovo úvodem (letos zcela nepodobné minulým ..)

Po 11 letech jsme přejmenovali Fyzikální týden na Týden vědy na Jaderce abychom odlehčili jednostrannému vyznění akce patrného ze starého názvu. Tato změna a nová tvář Welcome párty stála organizátory tolik energie, že už se ji nedostává na tento úvodník. Takže, milí účastníci, děkujeme vám za účast, věříme, že jste si to užili.

Dovolte mi tradičně poděkovat na tomto místě jmenovitě dámám Monice Mikšovské, Lence Thinové, Lubce Balkové. Dále pak Jiřímu Martinčíkovi, Štěpánu Svobodovi a Filipu Jedinému za jejich neocenitelnou pomoc při organizaci TV. Dále tradičně děkuji všem supervisorům úloh, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty a katedry a rektorátu ČVUT.

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

16. června 2010

S pozdravem, Vojtěch Svoboda

P.S. Zahlédl jsem v minulém úvodníku z roku 2009 poznámku, že se nemůžeme léta dostat na 150 účastníků. Tak to mám letos pocit, že jsme konečně dali.

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní TV.

Očekávání:

- Uspávač hadů Svoboda.
- Něco se dozvědět.
- Rozšířit si kontakty.
- Potkat se se známými z FT 09.
- Nasát VŠ atmosféru.
- Prohlédnout si přístroje.
- Projet se šalinami.
- Konečně zábava.
- Poznat kantory VŠ.
- Neformální přístup.
- Lepší fyzika než na sš.

Obavy:

- Ostrava: z pražáků.
- Strahovské koleje.
- Přijde chlap v černém klobouku.
- Že budeme spát pod mostem.
- Jestli nebude program náročný.
- Že dojdou peníze.
- Nepřijede spolupracovník.
- Že na miniprojektu budou chytřejší.
- Že budu na miniprojektu nejchytřejší a tudíž to dopadne špatně.

Obsah

Poděkování **3**

Slovo úvodem **4**

Program Týdne vědy 2010 **8**

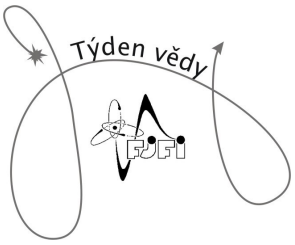
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů **9**

Příspěvky **17**

e/m - měření měrného náboje elektronu (Marek Michl,Vojtěch Munzar,Petr Švéda) . . . 17
Dopplerův jev + vzduchová dráha (Tomáš Sladovník,Jiří Jelínek,Hana Štolcová) 21
Dualismus vln a částic (Jan Pecina,Jiří Bárdoš,Filip Horák) 21
Mikrovlny (Jan Břečka,Lukáš Folwarczný,Eduard Šubert) 26
Spektrometrie záření gama (Jakub Maksymov,Jiří Dluhoš,Andrea Hladíková) 29
Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech (Jan Kovač,Daniel Krpelík) 33
Zeemanův jev (Tereza Gerguri,Stanislav Marek,Michal Schulz) 37
Základní experimenty s lasery (Jan Povolný,Petr Zakopal,Daniel Jurda,Dan Šmíd) 42
Měření rychlosti světla (Lukáš Kunovský,Petr Bílek) 46
Balmerova série vodíku (Filip Grepl,Jakub Stuchlý,Marek Benc) 50
Studium ultrazvukových vln (Jakub Slížek,Jiří Záhora,Marie Kvasnicová) 55
Termodynamické zákony v praxi (Petra Hamerníková,Helena Picmausová,Adam Sedlařík,Jiří Štěpán) 59
Měření kosmického záření (David Klečka,Petra Vaníčková,Viktor Dedek,Jan Vondráček,Jan Bareš) 63
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I (Martin Zvěřina,Petr Jáč,Marcel Rodák,Oto Štícha) 67
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II (Vojtěch Cvrček,Vítek Růžička,David Čepelík) 71
Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie (Martin Jelínek,Igor Turčan) 75
Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů (Ondřej Ticháček,Radim Hueber,Eva Korytiaková) 78
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (Anita Hrubešová,Jan Jetenský) 84
RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách (Petr Bezstarosti,Martin Malý) 88
Termoluminiscenční dozimetrie (Jana B. Hejduková,Tomáš Svoboda,Ondřej Hladík) 92
Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek (Helena Brandejská,Josef Novák,Michal Unzeitig) 95
Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic (Jonáš Chudý,Petr Koza,Martina Grunerová) 100
Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie (Tomáš Bárta,Jiří Kapr,Jakub Fuis) 103
Počítačové zobrazování fraktálních množin (Jana Sotáková,Jiří Bednář,Veronika Chloubová) 107
Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop (Lukáš Záruba,Marek Rost,Martin Mrva) 111

LINUX Lab (Václav Mudra,Jan Papajanovský,Ondřej Zeman) . . . 116
Hledání rekordně velkých prvočísel (Martina Bekrová,Lukáš Vacek,Ondřej Bouchala,David Krška) . . . 120
Causality and Quantum Theory (Dominik Miketa,Jan Brandejs,Jan Mrozek) . . . 125
Vážení Země - Cavendishův experiment (František Falta,Jakub Veverka,Ondřej Vicenec) . 130
Základní experimenty se supravodiči (Lenka Homolová,Marek Jiruš,Petr Surý) . . . 134
Počítačová grafika - pohled pod pokličku (Tomáš Pokorný,Hynek Jemelík,Dan Humpál,Sabina Durakovičová,Ihor Bobuskyy) . . . 138
Kvantové a klasické procházky (Kryštof Heger,Vladislav Větrovec) . . . 142
Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů (Jakub Šindelář,Michal Dobeš,Tadeáš Hájek,Petr Šturz) . . . 146
Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony? (Iveta Pelikánová,Aneta Jíchová,Jiří Janda,Aleš Neoral,Dominik Vít) . . . 150
Mlžná komora (Tomáš Pikálek,Martin Valko,Kristína Nešporová) . . . 155
Jak poznat dávku z barvy gelu? (Nikol Machátová,Kryštof Vaněk,Michaela Dvořáková) . . 160
Měření základních parametrů tokamaku GOLEM (Barbora Vlková,Barbora Anna Bajajová,Kristýna Holanová,Jindřich Lidrych,Tomáš Valíček,Zdeněk Kaňovský,Vojtěch Veselý) . 162
Modelování difuze, nabalování a polymerace (Pavel Polcer,Miroslav Hanzelka) . . . 165
Perfektní hešování a rychlý přístup k datům (Pavel Bezstarosti,Michael Pokorný,Karolína Burešová) . . . 169
Od báze pravidel k řešení soustavy logických rovnic (Dominik Tělupil,Eva Svobodová,Jan Baborák) . . . 173
Matematické modelování materiálů s tvarovou pamětí (Vojtěch Fišer,Jan Půža) . . . 179
Mikrostruktura W pseudoslitin pro extrémní aplikace (světelná a elektronová mikroskopie) (David Heralecký,Daniel Švarc,Jan Vokoun) . . . 183
Šifrování (Ondřej Maslikiewicz,Ondřej Hujňák,Jiří Stejskal) . . . 187
K čemu vede rozladění laserového rezonátoru? (Jakub Janota,Dominika Kalasová,Jiří Táborský) . . . 190
Osvícením ke srážení (Jana Novotná) . . . 194
Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn (Barbora Kinterová,Aneta Nová,Jaromír Karmazín) . . . 198
Doutnavý výboj (Adam Mrkvička) . . . 203
Seznamte se s polarizací! (Patrik Urban,Radim Cajzl,Jakub Schusser) . . . 206
Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce (Josef Řehák,Filip Nedorost,Jakub Kodys) 210
Holografie - realizace reflexního hologramu (Zdeňka Špačková,Jan Hájek,Lenka Caletková) 214
Příprava plasmonických zlatých nanočástic ve vodném roztoku a jejich základní charakterizace (Václav Kučera,Jan Kurka,Matěj Šebek) . . . 217
Počítačové simulace fyzikálních problémů (Ondřej Borovec,Michal Roubalík,Martina Štarhová) 221
Určení množství uranu v neznámém vzorku (Julie Čeřovská,Vojtěch Hons,Tomáš Grabec,Michaela Klimčáková) . . . 225
Poškození DNA účinkem ionizujícího záření (Manuela Voráčová,Kateřina Vaňatková,Jitka Černohorská) . . . 228

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT **231**



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2010

Program Týdne vědy 2010

- Neděle

  9.00-11.00 Prezentace, registrace.
  11.00-12.45 Úvod (o vědecké komunikaci) a organizace TV@J.
  12.45-13.30 Přestávka na oběd.
  13.30-15.00 Populární přednášky.
  15.00-18.00 Ubytování.
  17.30-22.00 Welcome párty.

- Pondělí

  9-16.30 Miniprojekty (seznámení, rešerše, příprava, realizace).
  16.30-18.00 Jak prezentovat I (publikace) - posluchárna 103.
  16.30-18.00 Alternativní přednáška: Bc. Tomáš jakoubek: Jak zkoumáme strukturu hmoty v CERNu.

- Úterý

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

- Středa

  9.00-10.30 Ing. Lubomíra Balková, Ph.D.:Paul Erdös - Muž, který miloval čísla.
  11.00-12.30 Jak prezentovat II (ústní vystoupení).
  11.00-12.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků FT: Prof. Petr Kulhánek, CSc.: Temná hmota a temná energie.
  11.00-12.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků FT: Chcete něco zvědět o studiu na FJFI? - beseda především se studenty FJFI (Štěpán Svoboda a spol). - posluchárna 114.
  odpoledne Exkurze na vrcholná badatelská pracoviště po Praze

- Čtvrtek

  8.00-9.30 Prezentace miniprojektů I (Aula 101 a 201 Trojanova).
  10.00-11.45 Prezentace miniprojektů II (posluchárny Trojanova).
  12.30-13.45 Prezentace miniprojektů III (Aula 101 a 201 Trojanova).
  13.45 Závěr.
  14.15 Konec FT.

Exkurze

- UJV AV ČR, a.s., Řež u Prahy
- UJF AV ČR, v.v.i., Řež u Prahy
- Fyzikální ústav - Na Slovance
- Fyzikální ústav - Cukrovarnická
- Leksellův gamma nůž
- Oddělení radioterapie Nemocnice na Bulovce
- Školní reaktor VR-1 Vrabec FJFI ČVUT
- Tokamak GOLEM
- Tokamak COMPASS
- Prague Asterix Laser System
- Astronomický ústav AV ČR Ondřejov
- Ústav fyziky atmosféry
- Ústav fyzikální chemie
- StreTech

Nedělní přednášky

- Bc. Ondřej Kudláček: Termojaderná fúze
- Doc. Ing. Miroslav Virius, CSc.: Programování pro .net
- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Chemie a záření
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější
- Doc. Ladislav Kalvoda, CSc. : Svět viděný optickým vláknem
- Mgr. Jaroslav Bouda: Jaderná energie v životě člověka
- Ing. Katarína Kittanová: Automobilová doprava pod matematickým drobnohledem
- Prof. Ing. Ladislav Drška, CSc.: Lasery a hranice fyziky
- Ing. Matěj Navrátil: Ionizující záření v medicíně

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Bc. Jan Rusňák: e/m - měření měrného náboje elektronu
- Filip Mohyla: Dopplerův jev + vzduchová dráha
- Jaroslav Adam: Dualismus vln a částic
- František Batysta: Mikrovlny
- Ing. Miroslav Krůs: Spektrometrie záření gama
- Bc. Michal Tesař: Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech
- Ing. David Tlustý: Zeemanův jev
- Šárka Vondrová: Základní experimenty s lasery
- Bc. Tomáš Jakoubek: Měření rychlosti světla
- Ing. David Tlustý: Balmerova série vodíku
- Ing. Miroslav Krůs: Studium rentgenového spektra měděné anody
- Jitka Brabcová: Studium ultrazvukových vln
- Bc. Jakub Vícha: Termodynamické zákony v praxi
- Ing. Ján Kubančák: Měření kosmického záření
- Dr. Ing. Milan Šiňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
- Dr. Ing. Milan Šiňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II
- Ing. Jan Aubrecht: Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie
- doc. Dr. RNDr. Miroslav Karlík: Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- Ing. Jan Adámek: Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- Ing. Petr Sedlák: RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
- Ing. Jiří Martinčík: Termoluminiscenční dozimetrie
- Ing. Petr Průša: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Ing. Martin Němec: Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic
- Jan Stránský: Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie
- Ing. Petr Pauš: Počítačové zobrazování fraktálních množin
- Ing. Zlata Mrázová: Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop

- Ing. Jan Mach: LINUX Lab
- Ing. Balková Lubomíra, Ph.D.: Hledání rekordně velkých prvočísel
- MSc. Aurél Gábris, PhD.: Causality and Quantum Theory
- Bc. Tomáš Jakoubek: Vážení Země - Cavendishův experiment
- Michal Odstrčil: Základní experimenty se supravodiči
- Ing. Pavel Strachota: Počítačová grafika - pohled pod pokličku
- ing. Václav Potoček: Kvantové a klasické procházky
- ing. Hynek Lavička PhD.: Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů
- Mgr. Jaroslav Bielčík, Ph.D.: Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?
- Viktor Löffelmann: Mlžná komora
- Ing. Kateřina Vávrů: Jak poznat dávku z barvy gelu?
- Bc. Ondřej Kudláček: Měření základních parametrů tokamaku GOLEM
- Bc. Michal Šmíd: Měření základních parametrů tokamaku GOLEM
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Modelování difuze, nabalování a polymerace
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Perfektní hešování a rychlý přístup k datům
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Od báze pravidel k řešení soustavy logických rovnic
- Bc. Martin Vlček: Matematické modelování materiálů s tvarovou pamětí
- Ing. Ondřej Kovářík, Ph.D.: Mikrostruktura W pseudoslitin pro extrémní aplikace (světelná a elektronová mikroskopie)
- Bc. Jana Hradilová: Šifrování
- Ing. Josef Blažej, Ph.D.: K čemu vede rozladění laserového rezonátoru?
- Ing. Rostislav Silber, CSc.: Plynová chromatografie produktů radiolýzy
- Ing. Alena Zavadilová, Ph.D.: Stanovení koncentrace uranu v roztocích na základě vyhodnocení fluorescenčních spekter získaných metodou TRLFS
- Ing. Barbora Drtinová, Ph. D.: Osvícením ke srážení
- ing. Mojmír Němec, Ph.D.: Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
- Ing. Josef Voltr, CSc.: Doutnavý výboj

- Jiří Slabý: Seznamte se s polarizací!
- Milan Květoň: Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce
- Jakub Svoboda, Marek Škereň: Holografie - realizace reflexního hologramu
- Filip Novotný: Příprava plasmonických zlatých nanočástic ve vodném roztoku a jejich základní charakterizace
- ing. Hynek Lavička PhD.: Počítačové simulace fyzikálních problémů
- Ing. Martin Fibrich: Měření charakteristik pevnolátkového infračerveného Er:YAG laseru
- Ing. Michal Jelínek: Měření charakteristik laseru generujicího krátké pikosekundové impulsy
- Ing. Ondrej Huml: Určení množství uranu v neznámém vzorku
- ing. Marie Davidkova, CSc.: Poškození DNA účinkem ionizujícího záření

MINIKONFERENCE - Trojanka, čtvrtek:

Společné přednášky v Aule 101

Chairperson: Ondřej Maslikiewicz
8:00 Osvícením ke srážení
8:15 e/m - měření měrného náboje elektronu
8.30 Počítačové zobrazování fraktálních množin
8:45 Spektrometrie záření gama
9:00 Od báze pravidel k řešení soustavy logických rovnic
9:15 Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic
9:30 Jak poznat dávku z barvy gelu?

Společné přednášky v Aule 235

Chairperson: Lenka Homolová
8:00 Kvantové a klasické procházky
8:15 Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
8.30 Šifrování
8:45 Simulace socio-dynamických a socio-ekonomických systémů
9:00 Studium ultrazvukových vln
9:15 Vážení Země - Cavendishův experiment
9:30 LINUX Lab

Paralelní přednášky v Aule 101

Chairperson: Josef Řehák
10:15 Perfektní hešování a rychlý přístup k datům
10:30 Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce
10:45 Matematické modelování materiálů s tvarovou pamětí
11:00 Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop
11:15 Termoluminiscenční dozimetrie
11:30 Dopplerův jev + vzduchová dráha

Paralelní přednášky v Aule 235

Chairperson: Petra Vaníčková
10:15 Doutnavý výboj
10:30 RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
10:45 K čemu vede rozladění laserového rezonátoru?
11:00 Mikroskopie v materiálovém výzkumu
11:15 Modelování difuze, nabalování a polymerace
11:30 Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

Paralení přednášky - seminární místnost 204

Chairperson: Michael Pokorný

10:15 Dualismus vln a částic
10:30 Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech
10:45 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
11:00 Měření rychlosti světla
11:15 Termodynamické zákony v praxi
11:30 Zeemanův jev

Paralení přednášky - seminární místnost 205

Chairperson: Barbora Vlková

10:15 Balmerova série vodíku
10:30 Causality and Quantum Theory
10:45 Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
11:00 Poškození DNA účinkem ionizujícího záření
11:15 Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie
11:30 Mlžná komora

Paralení přednášky - seminární místnost 206

Chairperson: Jakub Šindelář

10:15 Mikrovlny
10:30 Měření charakteristik laseru generujicího krátké pikosekundové impulsy
10:45 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
11:00 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II
11:15 Počítačové simulace fyzikálních problémů
11:30 Seznamte se s polarizací!

Společné přednášky v Aule 101

Chairperson: Martina Bekrová

12:30 Mikrostruktura W pseudoslitin pro extrémní aplikace (světelná a elektronová mikroskopie)
12:45 Příprava plasmonických zlatých nanočástic ve vodném roztoku a jejich základní charakterizace
13:00 Hledání rekordně velkých prvočísel
13:15 Počítačová grafika - pohled pod pokličku
13:30 Určení množství uranu v neznámém vzorku
13:45 Měření kosmického záření

Společné přednášky v Aule 235

Chairperson: Jaromír Karmazín

12:30 Základní experimenty se supravodiči
12:45 Holografie - realizace reflexního hologramu
13:00 Základní experimenty s lasery
13:15 Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?
13:30 Měření základních parametrů tokamaku GOLEM

Společné přednášky v Aule 101

14:00 zakončení

Letošní TV je opět doprovázen CD.

(Demonstrace termoluminiscence aluminofosfátového skla ozářeného gama zářením. Poděkování skupině Termoluminiscence.)

Měření měrného náboje elektronu

M. Michl – Gymnázium Česká Lípa, michl.marek@gmail.com
V. Munzar – Gymnázium Trutnov, nicolasdenver@gmail.com
P. Švéda – Gymnázium Brno-Řečkovice, svedapetr@email.cz

Abstrakt

V této práci jsme se zabývali experimentálním určením důležité fyzikální konstanty - měrného náboje elektronu e/m_e. Měření jsme prováděli dvěma způsoby. Nejprve v příčném, poté v podélném magnetickém poli.

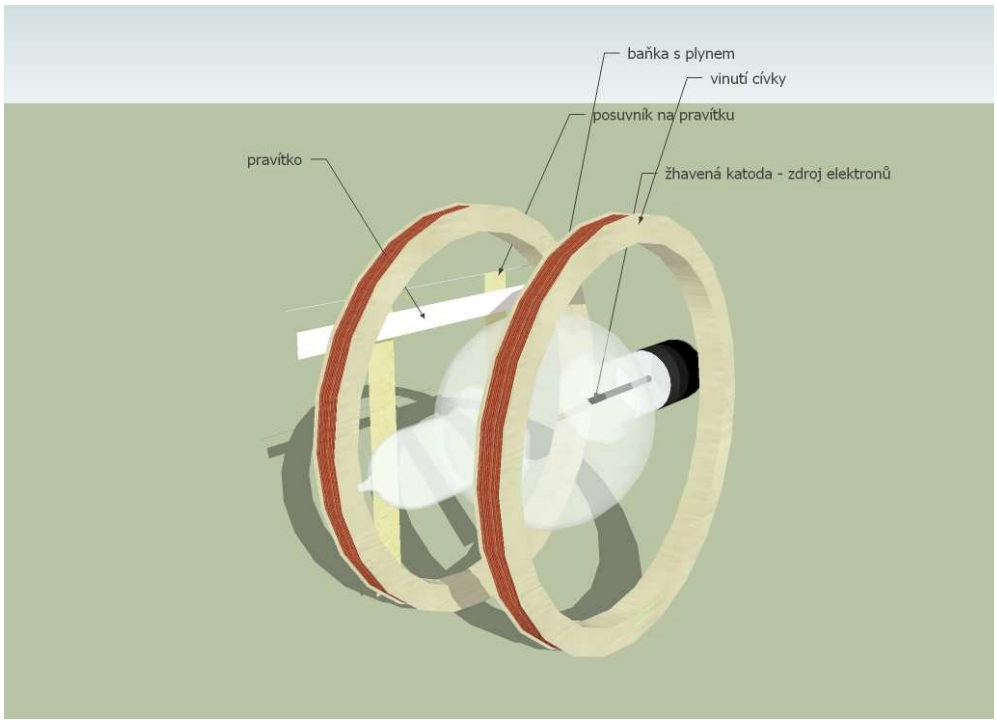
1. Příčné pole

Na částici s elektrickým nábojem působí v magnetickém poli tzv. Lorentzova síla. Ta je pro elektron dána vztahem:

$$\overrightarrow{F_L} = e \cdot \vec{v} \times \vec{B} \tag{1}$$

kde e je elektrický náboj elektronu, v je jeho rychlost a B je intenzita magnetického pole. Pokud katodu, která emituje elektrony, umístíme do příčného magnetického pole (v našem případě mezi 2 Helmholtzovy cívky, viz obrázek 1), bude vektor rychlosti elektronu kolmý na vektor intenzity a vztah pro výpočet Lorentzovy síly můžeme zjednodušit na tvar:

$$F_L = e \cdot v \cdot B \tag{2}$$



Obrázek 1: Aparatura pro měření e/m_e v příčném magnetickém poli

Zároveň si však musíme uvědomit, že tato síla je kolmá na vektor rychlosti elektronu a má tedy na něj pouze dostředivý účinek a elektron tudíž koná pohyb po kružnici. Pokud dáme do rovnosti vztah pro výpočet Lorentzovy síly a vztah pro výpočet dostředivé síly, dostáváme rovnost:

$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r} \tag{3}$$

Ze vztahu pro výpočet kinetické energie nabité částice v elektrickém poli:

$$\frac{1}{2} m v^2 = eU \tag{4}$$

vyjádříme rychlost elektronu:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \tag{5}$$

Po dosazení do rovnice (3) dostáváme vztah pro výpočet měrného náboje

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2} \tag{6}$$

Intenzita magnetického pole je přímo úměrná elektrickému proudu, který cívkami prochází. Pro konstantu přímé úměrnosti k platí vztah:

$$k = \mu_0 \frac{NR^2}{\left(R^2 + a^2\right)^{\frac{3}{2}}} = 0,781 \cdot 10^{-3} T \cdot A^{-1} \tag{7}$$

kde R je poloměr cívky a a je polovina jejich vzdálenosti.
Konečný vztah pro výpočet měrného náboje je tedy následující:

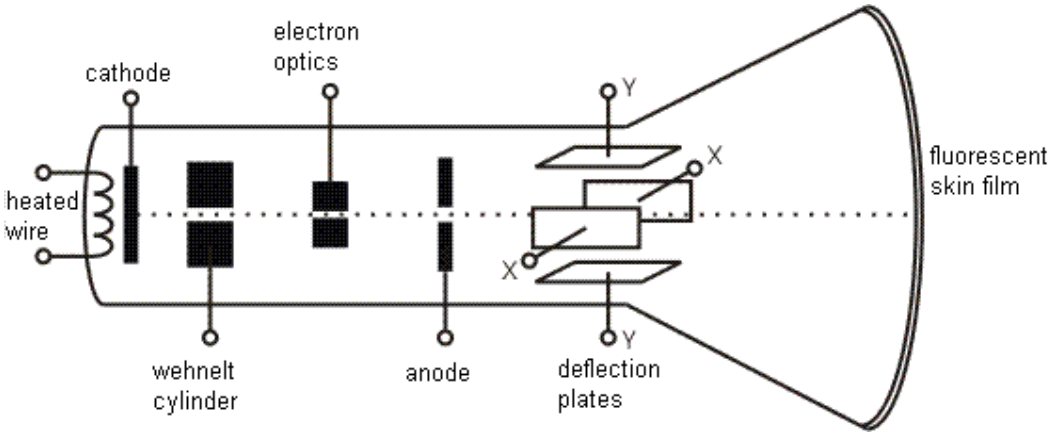
$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 k^2 I^2} \tag{8}$$

Pro výpočet tedy potřebujeme velikost napětí U, které urychluje elektron, velikost proudu I, který vyvolává magnetické pole, a poloměr kružnice r, po které elektron obíhá. Naměřené hodnoty těchto veličin udává Tabulka 1.

číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U [V]	120	100	100	100	100	100	120	140	160	180	200
I [A]	1,573	0,757	0,848	0,895	0,942	1,024	1,500	1,500	2,000	2,000	2,000
r [m]	0,029	0,055	0,05	0,046	0,044	0,04	0,031	0,034	0,027	0,029	0,03
e/m_e [$C*kg^{-1}*10^{-11}$]	1,891	1,892	1,861	1,934	1,909	1,954	1,880	1,818	1,868	1,817	1,884

Tabulka 1 – výsledky měření e/m_e v příčném magnetickém poli

2.Podélné pole



Obrázek 2: Schéma měřící aparatury

V tomto případě jsme jako zdroj magnetického pole použili solenoid a elektrony jsme nechali vcházet rovnoběžně se směrem magnetické indukce. Aparatura uvnitř solenoidu je znázorněna na obrázku 2. V důsledku divergence elektronového svazku se část elektronu odkloní od přímého směru a je magnetickým polem stáčena do spirály. Naším cílem bylo najít takové hodnoty napětí a proudu, aby na známé vzdálenosti štěrbiny od zdroje elektronů (katody) udělal elektron přesně jednu otáčku a na stínítku se tím vytvoří ostrý obraz. Po obdobných úpravách jako u příčného pole dostáváme vztah pro výpočet e/m_e:

$$\frac{e}{m_e} = \frac{8\pi^2 U^2}{B^2 l^2} \tag{9}$$

kde l je právě vzdálenost zdroje elektronů od štěrbiny (v našem případě l = 0,249m)
Pro výpočet velikost magnetické indukce solenoidu platí:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l'} \tag{10}$$

kde permeabilita $\mu_0 (= 4\pi * 10^{-7}\ N*A^{-2})$ počet závitů N (= 174) a délka cívky l‘ (= 0,381m) jsou neměnné a měníme pouze hodnotu proudu.

Pro výpočet e/m_e nám tedy opět stačí určit velikost napětí a proudu. Naměřené hodnoty těchto veličin udává Tabulka 2.

číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8
U [V]	1 200	1 240	1 280	1 320	1 360	1 400	1 440	1 480
I [A]	4,810	4,879	5,086	5,134	5,199	5,234	5,314	5,427
e/m_e [$C*kg^{-1}*10^{-11}$]	2,005	2,014	1,913	1,936	1,945	1,976	1,972	1,943

Tabulka 2 – výsledky měření e/m_e v podélném magnetickém poli

3.Výsledky

Příčné magnetické pole – $e/m_e = 1{,}88 \pm 0{,}01 * 10^{11}\ C*kg^{-1}$
Podélné magnetické pole – $e/m_e = 1{,}96 \pm 0{,}01 * 10^{11}\ C*kg^{-1}$
Tabulková hodnota – $e/m_e = 1{,}76 * 10^{11}\ C*kg^{-1}$

Jak je vidět, přestože jsme měřili s poměrně malou relativní odchylkou, od tabulkové hodnoty se náš výsledek liší zhruba o 10%. Tato nepřesnost může být dána nekalibrovanými přístroji, ztrátami na vodičích a v neposlední řadě lidským faktorem.

4.Poděkování

Garantovi našeho miniprojektu: Ing. Jan Rusňák
Obětavému a všudypřítomnému organizátorovi: Ing. Vojtěch Svoboda CSc.
Fakultě Jaderné a Fyzikálně Inženýrské v Praze za zajištění pracovního zázemí

5.Reference

[1] Web fyzikálního praktika FJFI - http://praktika.fjfi.cvut.cz/edm/node1.html

Dualismus vln a částic

Filip Horák[1], Jan Pecina[2], Jiří Bárdoš[3]

[1]Mendelovo gymnázium, Opava, Horaksro@seznam.cz
[2]Gymnázium Jeseník, pecinajan.jes@mail.com
[3]Gymnázium Teplice, jiri.bardos@post.gymtce.cz

Abstrakt:

Budeme se zabývat dokazováním dualistické povahy hmoty, podle de Broglieho hypotézy. Tohoto cíle dosáhneme pomocí teoretického a experimentálního ověření. Budeme demonstrovat vlnově-částicový charakter hmoty.

Úvod

Již na počátku 20. století P. Debye a P. Scherrer určovali mřížkovou konstantu krystalů pomocí difrakce rentgenového záření, pomocí jejich metody, která vychází z faktu, že RTG záření se chová jako vlna. Stejně tak se chová každé elektromagnetické vlnění (např. světlo, které můžeme považovat za proud fotonů). Berme jako fakt, že fotony mají svou vlnovou délku a hybnost (podle A. Einsteina). De Broglie poté přichází s myšlenkou, že se každá hmotná částice může chovat jako vlna.

Teoretické zpracování

Základem našeho teoretického zpracování, je odvození vzorce pomocí kterého budeme schopni spočítat vlnovou délku jakékoli hmotné částice, tuto vlnovou délku poté budeme porovnávat s vlnovou délkou naměřenou naším experimentem. K odvození příslušného vzorce využijeme de Broglieho hypotézu, charakterizovanou vztahem:

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

kde λ je výsledná vlnová délka, h je Planckova konstanta, charakterizující hodnoty energie světla, ($h=6{,}22*10^{-34}$Js) a p je hybnost.

Hybnost lze vypočítat z energetické rovnice elektronu, produkovaného experimentem.

$$eU = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$$

(2)

kde e je elektrický náboj elektronu, U je napětí, kterým elektron urychlujeme. ½ mv^2 je klasický vzorec pro výpočet kinetické energie. A $p^2/2m$ je jeho úprava s dosazením hybnosti. Tuto hybnost tedy můžeme vypočítat pomocí této rovnice:

$$p = \sqrt{2emU}$$

(3)

kde m je hmotnost částice, e její elektrický náboj a U napětí , kterým elektron urychlujeme. Pokud tento vzorec upravíme podle de Broglieho hypotézy, získáváme výsledný vzorec pro výpočet vlnové délky.

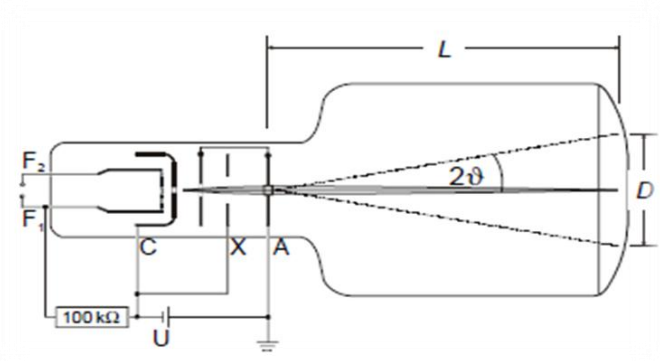
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$$

(4)

Experiment

- Popis aparatury

Naše aparatura se skládá z vysokonapěťového zdroje (Leybold Didyctic 521 70, U_{max} = 5kV) a z elektronové difrakční trubice.



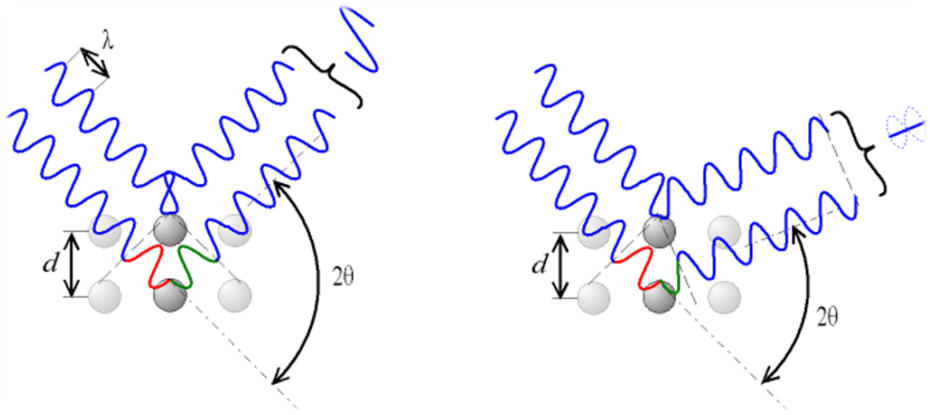
Obr. 1: Elektronová difrakční trubice, F… zdroj elektronů, C… katoda, X… zaostřovací elektrody, A… anoda obsahující grafitový polykrystal, L… vzdálenost mezi polykrystalem a stínítkem, D… průměr interferenčního obrazce

- Průběh

Připojením k elektrickému obvodu se generuje úzký svazek elektronů, proudící skrz polykrystal. Každý úhel ϑ pod kterým se elektron odrazí od polykrystalu musí splňovat Braggovu podmínku, aby nastala interference na stínítku.

$$2d \sin \vartheta = n\lambda$$

(5)



Obr. 2: Odraz vlny od krystalu a) stejná fáze (konstruktivní interference) b) odlišná fáze (destruktivní interference)

Grafitový polykrystal je látka obsahující takový počet monokrystalů, že jsou vždy některé otočeny tak, aby splňovaly Braggovu rovnici a to v celé množině rovin tečné ke kuželu o vrcholovém úhlu 2ϑ. Všechny paprsky tedy společně vytvoří difrakční kužel s vrcholovým úhlem 2ϑ, který se na stínítku projeví jako kružnice a protože pracujeme s polykrystalem grafitu, který má dvě krystalografické roviny (o mřížkových konstantách $d_1 = 2{,}13*10^{-10}$m a $d_2=1{,}23*10^{-10}$m) zobrazí se kružnice dvě.

Pomocí posuvného měřidla změříme přesný průměr obou interferenčních kružnic. Z naměřených hodnot jsme schopni vypočítat úhel ϑ pomocí vzorce.

$$2sin\vartheta = \frac{D}{2L}$$

(6)

Pomocí vzorců 5 a 6 dostaneme výsledný vzorec pro výpočet vlnové délky elektronu s použitím naměřených hodnot (použita aproximace funkce *sin* pro malé úhly)

$$\lambda = d\frac{\mathrm{D}}{2L}$$

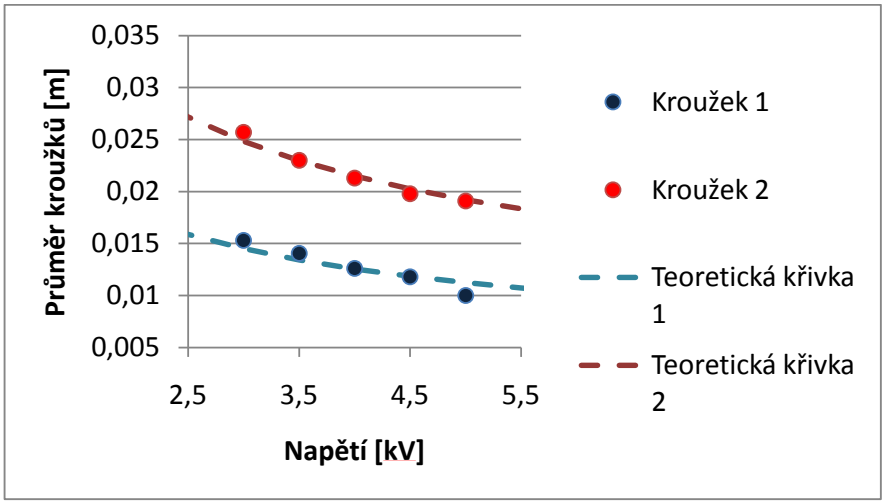
(7)

Výsledky

- Naměřené hodnoty

U [kV]	λ_1 (d_1) [pm]	λ_2 (d_2) [pm]	λ_t [pm]	φ_λ [pm]
3	24,14	23,42	22,4	23,3
3,5	22,17	20,96	20,7	21,3
4	19,88	19,41	19,4	19,6
4,5	18,62	18,04	18,3	18,3
5	15,78	17,4	17,3	16,8

Obr. 3: λ_1 ,λ_2 jsou hodnoty vlnových délek elektronů spočítané z rovnice (7); λ_t je hodnota spočítaná z teoretické rovnice (4)



Obr. 5: Se zvyšujícím se napětím zdroje se zvyšuje rychlost elektronů, tím se jednak zvyšuje pravděpodobnost průletu polykrystalem, jednak se zmenšuje úhel ϑ a v závislosti na něm i průměr interferenční kružnice. Graf nám také porovnává hodnoty experimentálně získané s teoretickým modelem.

Závěr

Hodnoty získané experimentálně jsou velmi blízké teoretickému modelu. To potvrzuje relativní přesnost našich měření.

Získané údaje potvrzují de Broglieho hypotézu, tedy dualistickou povahu hmoty, jejíž využití v praxi může být Zenerova dioda udržující konstantní napětí na zdroji pomocí tunelového jevu. Zároveň jsme dokázali univerzalitu Planckovy konstanty nejen pro fotony, ale i pro ostatní částice a hmotu.

Poděkování

Děkujeme organizátorům *Týdne vědy* na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za technickou podporu a hlavně našemu garantovi Jaroslavu Adamovi, bez nějž by tato práce nevznikla.

Reference

[1] P. Navrátil*: Dualismus vln a částic* (2008)

[2] Difrakce – teorie

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

[3] Fyzikální portál FJFI ČVUT

http://fyzport.fjfi.cvut.cz/index.php?said=&sbid0=293&dsp=all

Mikrovlny

Lukáš Folwarczný[1], Jan Břečka[2], Eduard Šubert[3]
[1]Gymnázium Komenského, Havířov; [2]Purkyňovo gymnázium Strážnice; [3]Gymnázium Turnov
lfolwarczny@seznam.cz; j.brecka@centrum.cz; edasubert@seznam.cz

Abstrakt

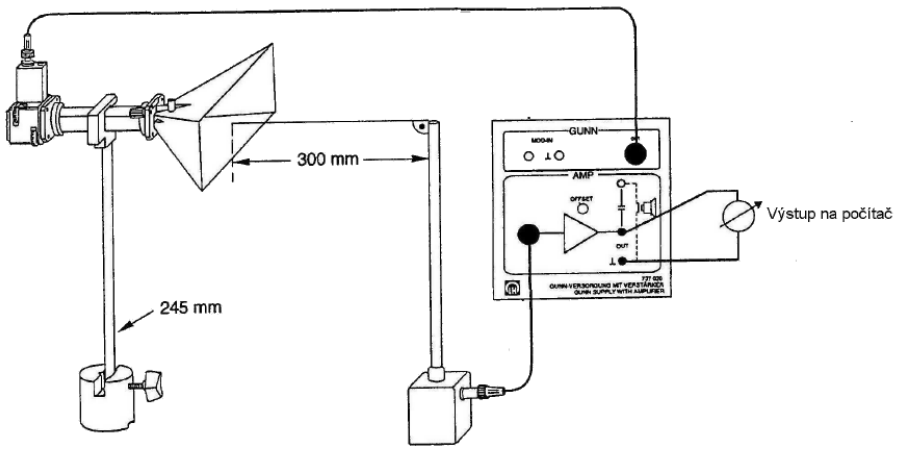
Seznámili jsme se se základními vlastnostmi mikrovlnného záření. Pokusili jsme se ověřit existenci opticky aktivního prostředí pro mikrovlny. Toto prostředí jsme nalezli a jsou to měděné pružinky orientovaně seskládané ve vatě. Námi použitý objekt stočil rovinu polarizované mikrovlny o 79°. Tento experiment ukazuje analogii mezi mikrovlnou a světlem.

1 Úvod

Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny, jejichž vlnová délka je 1 mm až 1 m. Tomu odpovídá frekvence mezi 300 MHz – 300 GHz. Mají četné využití: hubení škůdců, vysoušení dřeva, ohřev potravin, radiolokace, navigace, a podobné. Jejich objev učinil v roce 1886 James Clerk Maxwell pomocí svých rovnic a o dva roky později demonstroval jejich existenci Heinrich Hertz výrobou aparatury na produkci a detekci mikrovln ve spektru VKV. Světlo i mikrovlny jsou elektromagnetickým zářením, mají tedy mnohé společné vlastnosti. My jsme se snažili vytvořit opticky aktivní prostředí pro mikrovlny, které stáčí rovinu polarizace mikrovln.

2 Metody

Našemu experimentu předcházela pomocná měření, která se skládala ze tří části: měření polarizace zdroje, vlnové délky a závislosti intenzity vlnění na poloze v prostoru. Při měření jsme museli počítat s tím, že zdroj i anténa přijímače záření vertikálně polarizují.

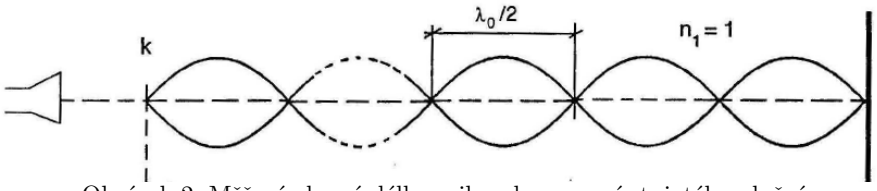


Obrázek 1: Schéma experimentálního uspořádání.

Měření polarizace jsme provedli pomocí optické mřížky, kterou jsme otáčeli po 10°. K výpočtu jsme použili modifikovaný Malusův zákon.

$$I = I_0 \cdot \sin^4 \phi,$$

kde I je měřená intenzita, I_0 je intenzita zdroje a ϕ orientace mřížky. Druhé měření nám mělo ukázat vlnovou délku mikrovln, se kterou jsme pracovali. Pomocí kovové desky jsme vytvořili stojatou vlnu, kterou jsme měřili podél osy šíření v bodech vzdálených od sebe 2 mm.



Obrázek 2: Měření vlnové délky mikrovln pomocí stojatého vlnění

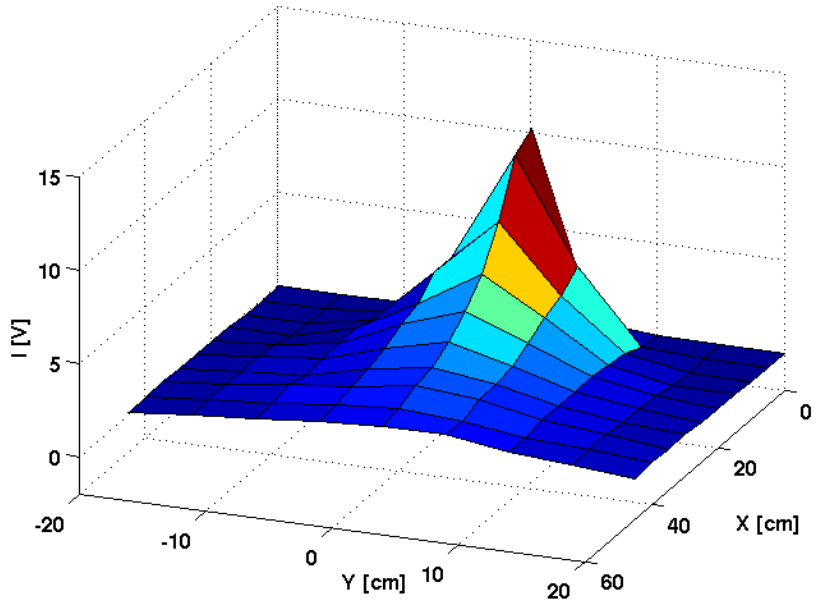
.

Poté jsme měřili prostorové rozložení mikrovln. Na poli 9x10 jsme pohybovali přijímačem mikrovln a zaznamenávali jednotlivé hodnoty napětí, jež jsme naměřili.

Posledním experimentem jsme měřili stočení roviny polarizace mikrovlny v opticky aktivním prostředí. Za použití vaty, do níž jsme vložili cca 180 měděných pravotočivých pružinek z drátu o délce 5,5 cm, které jsou analogií k asymetrickým molekulám stáčejících rovinu polarizovaného světla, jsme stáčeli rovinu polarizace mikrovln. Úhel stočení polarizace jsme měřili optickou mřížkou umístěnou za vatu s pružinkami.

3 Výsledky

Pomocí optické mřížky jsme ověřili, že vysílané záření je vertikálně polarizované. Dále jsme stanovili vlnovou délku záření na 33 mm. Výsledky měření rozložení intenzity elektromagnetického pole v prostoru jsme vynesli do grafu 3.

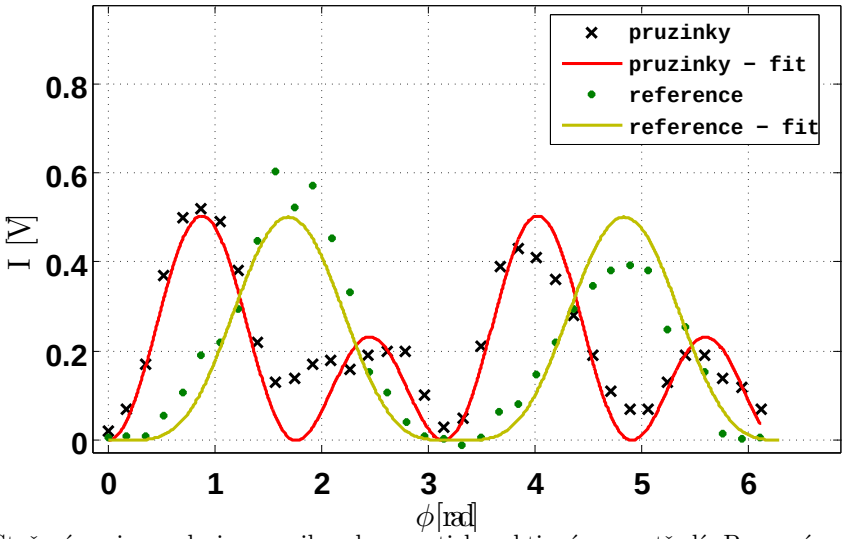


Obrázek 3: Rozložení intenzity elektromagnetického pole před zdrojem záření

Nyní uvedeme výsledky experimentu s opticky aktivním prostředím pro mikrovlny. Vztah

$$I = I_0 \sin^2(\phi - \alpha) \sin^2 \phi,$$

popisuje teoretický průběh intenzity mikrovlnného záření v závislosti na pootočení mřížky ϕ a stočení roviny polarizace α. Fitováním (viz obr. 4) jsme zjistili, že rovina polarizace mikrovlny se stočila o 79 °. Pružinky přitom byli orientovány rovnoběžně s šířením mikrovlnného záření.



Obrázek 4: Stočení roviny polarizace mikrovln v opticky aktivním prostředí. Porovnáno s referenčním měřením.

4 Diskuse

Přestože jsme dosáhli poměrně kvalitních výsledků, musíme brát v potaz další faktory, které experiment ovlivnily. Nehomogennost elektromagnetického pole má určitě velký vliv stejně tak nehomogennost opticky aktivního prostředí (pružinky ve vatě nejsou přesně stejně orientovány). S orientací pružinek souvisí i jev, který vzniká pokud jsou pružinky orientovány kolmo na směr šíření vlny. Za takových podmínek dochází k elektromagnetické indukci na pružinkách a dojde k silné absorpci záření. Příčinou tohoto jevu jsou pravděpodobně vznikající vířivé proudy v pružinkách.

5 Závěr

Náš experiment skončil úspěchem. Dokázali jsme vytvořit opticky aktivní prostředí, které stáčí rovinu polarizace mikrovlny. Toto prostředí je tvořené měděnými pružinami, které jsou analogií k asymetrickým molekulám, které stáčí rovinu polarizace světla.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu garantovi Františku Batystovi, organizátorům Týdne vědy a celé Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za uspořádání této akce.

Reference

[1] I. Tinoco, Jr., M. P. Freeman, *The optical activity of oriented copper helices. I. Experimental*, J. Phy. Chem. 61 1196, (1957).

[2] FJFI ČVUT, *Mikrovlny*, [online], [cit. 15. června 2010], `http://praktika.fjfi.cvut.cz/Mikrovlny/`

Spektrometrie záření gama

A. Hladíková, J. Dluhoš, J. Maksymov
ČVUT FJFI, Břehová 7, 115 19 Praha 1
aja.hladik@seznam.cz, jirka.dluhos@seznam.cz,
jakub.maks@centrum.cz

Abstrakt:

Obsahem této práce je měření spekter vybraných izotopů pomocí scintilačního detektoru a jejich vysvětlení. Popis základních jevů, ke kterým dochází.

Úvod

Záření gama je elektromagnetické záření, které vzniká v jádrech atomů. Doprovází radioaktivní rozpad typu alfa a beta. Záření můžeme měřit pomocí detektorů - určit jeho energii a intenzitu – a sestavit tak spektra charakteristická pro jednotlivé radionuklidy. Záření gama je schopné procházet látkami, ale celkové množství proniklého záření je ovlivněno koeficientem útlumu, který je pro každou látku specifický.

Spektrometrie se užívá k zjištění jednotlivých izotopů, které jsou produkovány různými reakcemi.

Naším úkolem bylo zanalyzovat hodnoty záření a vyvodit závěry.

Gama spektroskopie

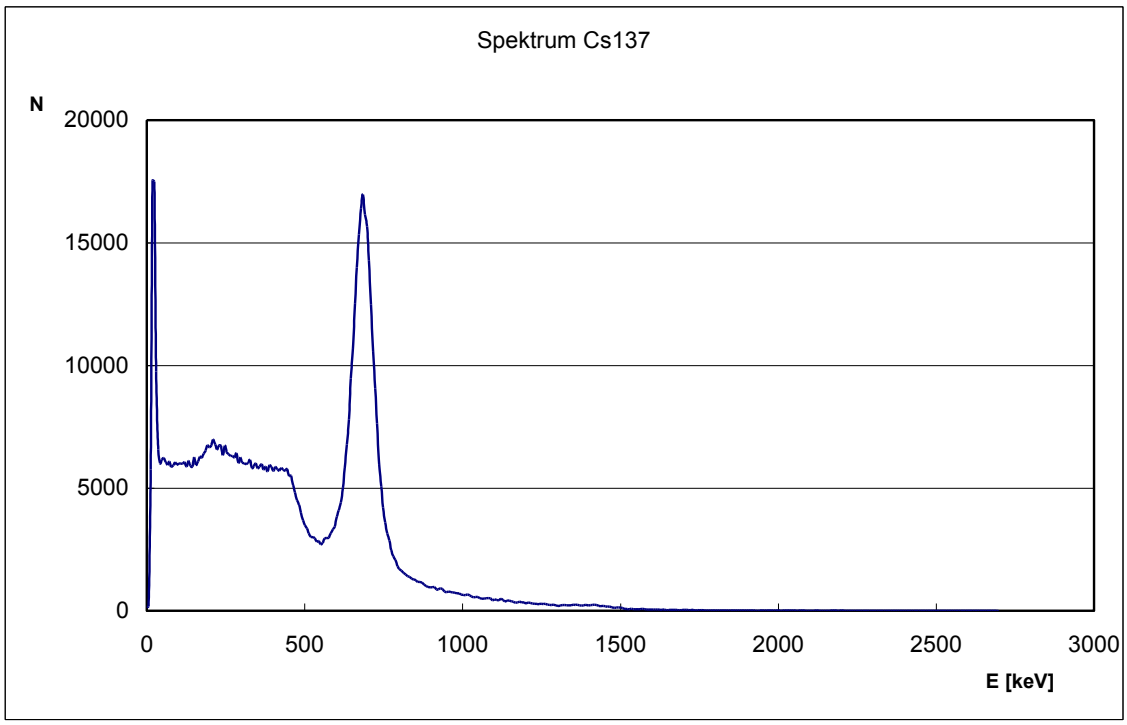
Záření gama, které vychází z radionuklidů, jsme proměřovali pomocí scintilátoru. Scintilační detektor je zařízení pro detekci ionizujícího záření založené na principu excitace elektronu do vyššího energetického stavu zářením, přičemž návrat elektronu do základního stavu se projeví jako světelný záblesk[(1)]. Signál ze záblesku je zesílen fotonásobiči.

Při každém průchodu fotonů gama detektorem dochází k třem možným interakcím. Za prvé fotoefekt, který je způsoben úplným pohlcením fotonu, který předá veškerou energii elektronu. Tento jev je dominantní mechanizmus výměny energie pro rentgenové záření a gama záření s energií pod 50 keV[(2)]. Na spektru se projevuje klasickými píky (pík úplného pohlcení).

Za druhé Comptonův rozptyl, který je způsoben tím, že fotony předávají pouze část energie, poté unikají nebo vyvolávají další reakce. Rozptyl začíná převažovat od energie 200 keV. Graf Comptonova rozptylu se skládá ze spojitého spektra, které náhle končí Comptonovou hranou.

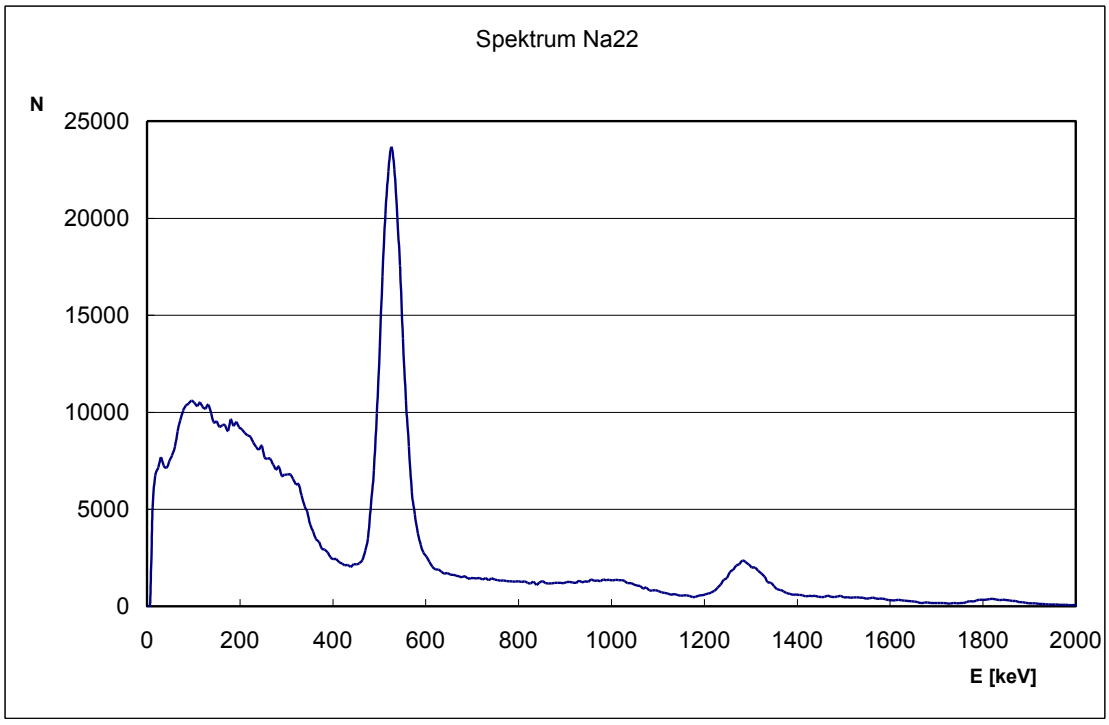
Za třetí tvorba elektron pozitronových párů. Jedná se o úplnou absorpci, kdy z fotonu vzniká elektron a pozitron. Aby došlo k tomuto jevu musí mít foton energii nejméně 1,022 MeV (klidová energie elektronu a pozitronu).

Ve spektru se kromě píků úplného pohlcení může vyskytnout anihilační pík, únikové píky atd.



Obr. 1: Naměřené spektrum cesia

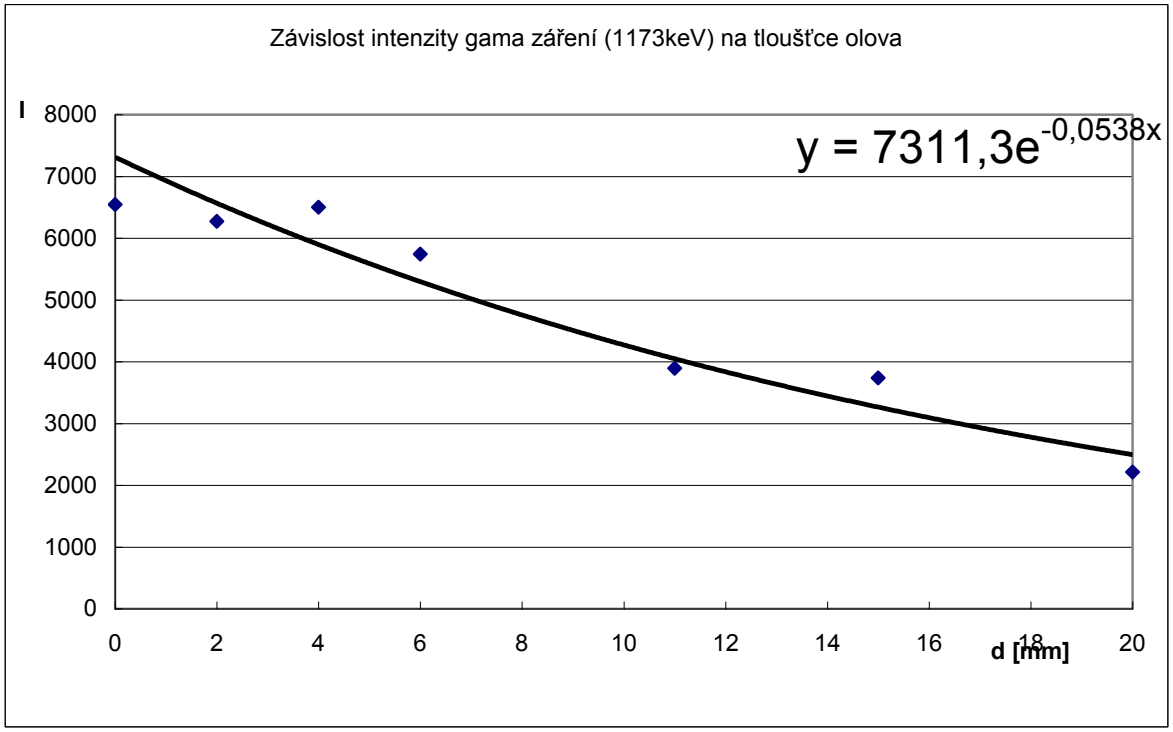
Ve spektru cesia (obr.1) vidíme pík úplného pohlcení (684keV, skutečná je 622keV). Zřetelně je znatelná Comptonova hrana (457keV).



Obr. 2: Naměřené spektrum sodíku

Ve spektru sodíku (obr.2) vidíme nejvýraznější pík s energií 526keV. Tento pík je způsoben anihilací pozitronu v materiálu zářiče (sodík je β+ zářič). Skutečná energie je 511keV. Menší pík s energií 1286keV je píkem úplného pohlcení. Pík s energií 1845keV je tzv. součtový pík (vzniká současnou detekcí anihilačního záření a sodíkového fotonu).

Množství odstíněných částic závisí na typu látky a její tloušťce. To vyjadřuje koeficient útlumu, který lze zjistit tak, že se mezi detektor a známý radionuklid umístí látka o změřené tloušťce. Po odfiltrování vlivu pozadí můžeme změřit počet částic, které pronikly danou látkou. Opakovanými měřeními s různými tloušťkami materiálu lze vypočítat přibližný koeficient útlumu.



Obr. 3: Graf závislosti intenzity na tloušťce olova.

Provedli jsme řadu experimentálních měření. Jejich výsledkem byl koeficient útlumu μ gama záření v olovu. Intenzita I gama záření při průchodu látkou má závislost

$$I = I_0 e^{-\mu d},$$

kde I_0 je počáteční intenzita a d je tloušťka materiálu. Abychom získali koeficient útlumu, proložili jsme naměřená data exponenciálou. Koeficient útlumu se shodoval s tabulkovou hodnotou ($\mu=0{,}053\ mm^{-1}$).

Shrnutí

Seznámili jsme se s metodami spektroskopie. S malou odchylkou jsme proměřili spektra záření gama několika radionuklidů a vliv olova na průchodnost částic.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali panu inženýrovi Miroslavu Krůsovi za zaučení. Nikoliv druhořadě děkujeme FJFI, Strahovským kolejím a panu inženýrovi Vojtěchovi Svobodovi za organizaci.

Reference:

(1) http://cs.wikipedia.org/wiki/Scintila%C4%8Dn%C3%AD_detektor; [15/6/2010]
(2) http://cs.wikipedia.org/wiki/Gama_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD, [15/6/2010]
(3) http://nucleardata.nuclear.lu.se, [15/6/2010]

Resonancni jevy na mechanických a elektrických oscilatorech

D. Krpelik

Gymnasium, Ostrava-Hrabuvka

shadowdancer@seznam.cz

Abstrakt:

Práce se věnuje porovnání mechanických a elektrických resonančních jevů. Zajímaly nás společné znaky obou systémů. Pro mechanický i elektrický oscilátor jsme provedli předpovědi rezonančních frekvencí ze známých parametrů obou systémů. Tyto předpovědi jsme spolu s obecným teoretickým popisem rezonančních křivek ověrili praktickým měřením. Naše měření předchozí předpoklady a výpočty potvrdila.

1 Úvod

Oscilace jsou jedním ze základních pohybů ve vesmíru. V přírodě platí zákon nejnižší energie, kdy se tělesa snaží zaujmout polohu s nejnižší možnou potenciální energií (například elektrony v obalu atomu). Pokud jim nějakou počáteční energii dodáme, budou se ji snažit zredukovat na nejmenší možnou – přeměnit na jiné formy. V principu ji přeměňují na energii kinetickou. Když se všechna potenciální energie přemění na kinetickou, dojde v důsledku setrvačnosti oscilujícího tělesa zpět k přeměně kinetické energie na potenciální. Proces se periodicky opakuje a v praxi mluvíme o tom, že těleso kmitá. Část energie kmitání se přeměňuje zejména na energii tepelnou a ze systému se ztrácí.V tomto případě mluvíme o tlumených kmitech.

Pokud začneme oscilátoru periodicky dodávat energii, oscilátor se této budící frekvenci přizpůsobí a začne jí kmitat. To ale ovlivní amplitudu kmitu, která je úměrná přenesené energii. Oscilátor má tendenci kmitat svou frekvencí, takže budící síle klade jakýsi odpor. Čím více se blížíme právě k vlastní frekvenci oscilátoru, tím více se tento odpor snižuje. Resonance je tedy stav, kdy, za ideálních podmínek, oscilátor klade budící síle nulový odpor.

Elektrické oscilátory fungují obdobně. Role potenciální a kinetické energie přejímá energie kondenzátoru a cívky. Tlumené kmity vznikají disipací energie na odporech elektrického systému. Při periodickém střídavém proudu vzniká na kondenzátoru a cívce zdánlivý odpor – reaktance. Ten je závislý právě na frekvenci střídavého proudu v obvodu. Resonance na systému nastává v případě, kdy je tento zdánlivý odpor nulový.

2 Resonance mechanických a elektrických soustav

Pro porovnání mechanické a elektrické resonance jsme se rozhodli proměřit resonanční křivky, tedy závislosti přenosu energie z budícího systému na oscilátor jakožto funkce budící frekvence. Tuto

závislost odráží pozorovaná amplituda kmitů. Tvar rezonanční křivky širokého spektra systémů lze zcela obecně popsat tzv. Breit-Wiegerovou formulí:

$$P = \frac{P_{max} \cdot 4 \cdot \delta^2 \cdot \Omega^2}{(\Omega^2 - \omega_0^2)^2 + 4 \cdot \delta^2 \cdot \Omega^2} \tag{1}$$

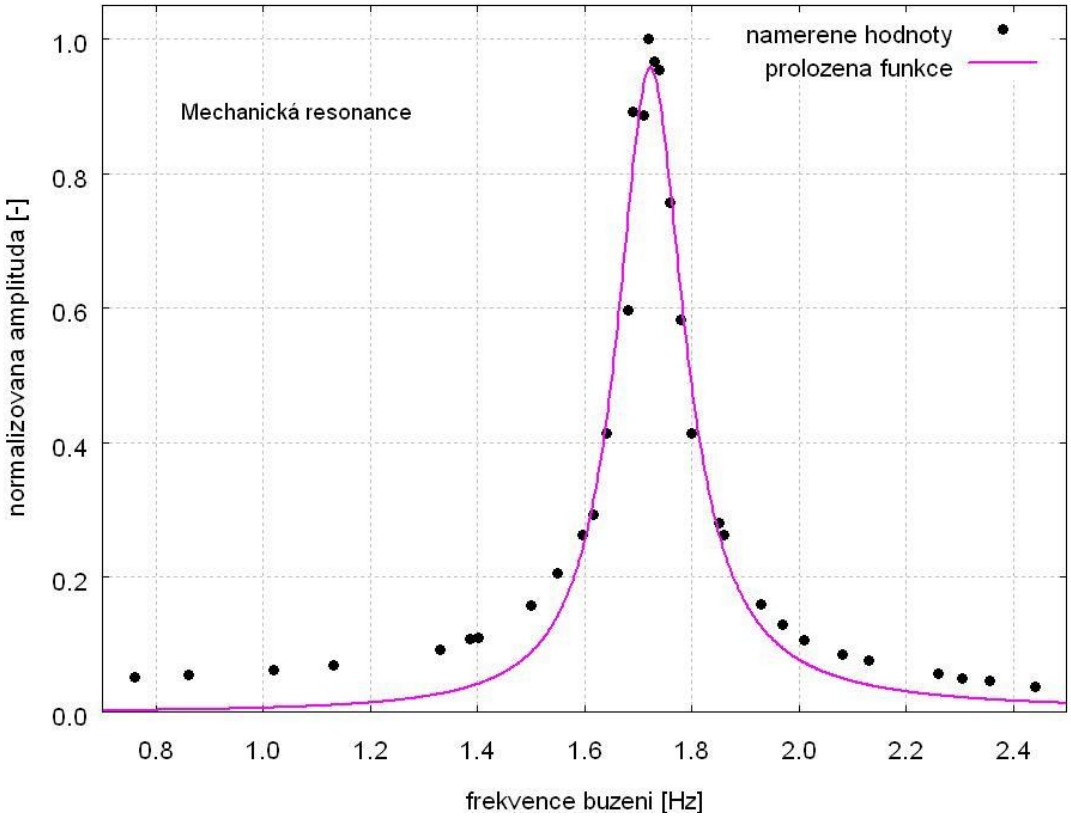
kde Ω je frekvence budiče, ω_0 je vlastní frekvence oscilátoru, δ je dekrement útlumu a P_{max} je maximální možná přenesená energie.

Mechanickou resonanci jsme měřili na oscilátoru sestávajícího ze závaží zavěšeného na pružině. Jednak jsme si předem změřili tuhost pružiny (12,5 N/m) a hmotnost závaží (101,72 g), abychom mohli pro porovnání spočítat resonanční frekvenci f_0 jako

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{k}{m}\right)} \tag{2}$$

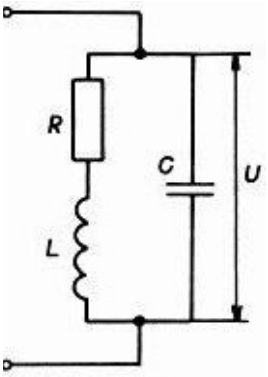
kde k je tuhost pružiny a m hmotnost závaží, a tato nám vyšla 1,76 Hz.

Poloha oscilátoru byla zaznamenávána pomocí CCD kamery připojené k počítači. Analýzou průběhu výchylky (sinusový průběh) oscilátoru v čase při různých budících frekvencích jsme zjišťovali amplitudu kmitů v závislosti na této frekvenci. Vynesením této závislosti do grafu získáme požadovanou resonanční křivku, která je vidět na obrázku Obr. 1. Z proložení jsme zjistili hodnotu resonanční frekvence 1,72 Hz.



Obr. 1: Resonanční křivka mechanického oscilátoru proložená Breit-Wiegnerovou křivkou (1).

Elektrická resonance byla měřena na RLC obvodu (obr. 2) známé indukčnosti (3,75 mH) a kapacitě (666 pF).



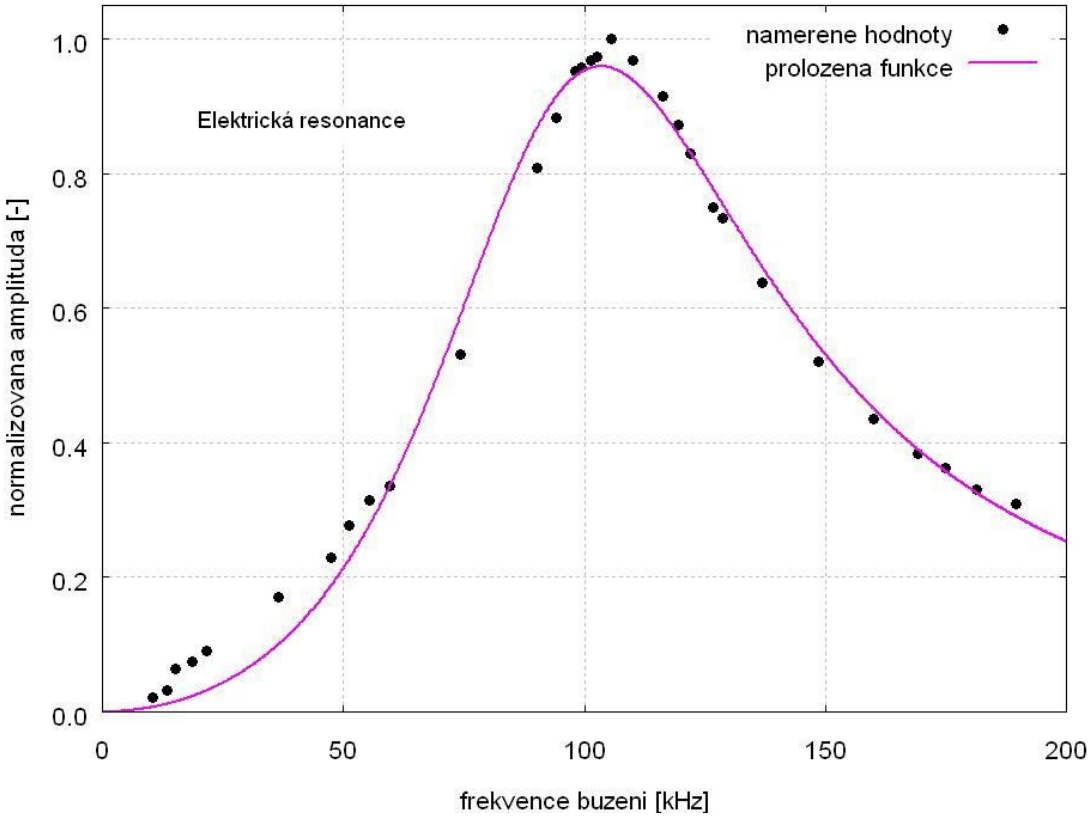
Obr. 2 : Schéma elektrického obvodu, na kterém byla měřena resonanční frekvence.

Pro výpočet teoretické vlastní frekvence f_0 obvodu byl použit tyv. Thomsonův vzorec:

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(L \cdot C)}} \tag{3}$$

kde L je indukčnost cívky a C kapacita kondenzátoru, s výsledkem 100,2 kHz.

Měřili jsme napětí na svorkách tohoto paralerního obvodu. Závislost amplitudy napětí na frekvenci, vynesená v grafu na Obr. 3, zde představuje resonanční křivku. Z proložení jsme získali hodnotu resonanční frekvence 103,3 kHz.



Obr. 3: Resonanční křivka elektrického oscilátoru (RLC obvodu) proložená Breit-Wiegnerovou křivkou (1).

3 Shrnutí

Experimentálně jsme zkoumali resonanční jevy v mechanických a elektrických systémech. Ověřili jsme, že se tyto jevy v principu shodují a při matematickém popisu na ně lze aplikovat v podstatě totožné vzorce, v našem případě se konkrétně jedná o tvar resonanční křivky. Resonanční křivky mechanického i elektrického oscilátoru lze uspokojivě popsat Breit-Wiegnerovou formulí, jak je ukázáno v Sekci 2. Zároveň jsme z naměřených parametrů obou systémů z teorie vypočetli jejich resonanční frekvence. Tyto jsme rovněž získali z proložení resonančních křivek.

Z teoretického výpočtu jsme pro mechanický oscilátor získali resonanční frekvenci 1,76 Hz a z praktického měření nám vyšla hodnota 1,72 Hz. Oba údaje se liší o 2,3% a tato chyba je nejspíše způsobena vnějšími vlivy při měření, například interakcí železné části závaží s tlumícími magnety, třením oscilátoru stabilizační rám, nebo problematickým měřením při velkých výchylkách.

Z teoretického výpočtu jsme pro elektrický oscilátor získali resonanční frekvenci 100,2 kHz a z praktického měření nám vyšla hodnota 103,3 kHz. Oba údaje se liší o 3,1% a tato chyba je nejspíše způsobena nestabilitou výstupní frekvence frekvenčního generátoru, malým rozlišením voltmetru při hledání resonance, nebo interferencí s jinými zdroji elektromagnetického vlnění.

I přes nepřesnosti měření je zřejmé, že odchylka v datech získaných různými metodami je velmi malá a tudíš lze výsledky považovat za velmi uspokojivé.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat FJFI za organizaci Týdne vědy na jaderce a Michalu Tesařovi za dohled při měření v laboratoři.

Reference:

[1] FJFI, Fyzikální praktikum I, Lineární harmonický oscilátor

[2] FJFI, Fyzikální praktikum II, Měření rezonanční křivky paralelního a vázaného rezonančního obvodu

Zeemanův jev

Tereza Gerguri (Gymnázium Slovanské náměstí, Brno)
Stanislav Marek (Gymnázium Slovanské náměstí, Brno)
Michal Schulz (Gymnázium Komenského, Havířov)

Abstrakt

Cílem našeho experimentu je dokázat štěpení energetických hladin v atomu kadmia, ke kterému dochází působením vnějšího magnetického pole, tak jako to dokázal Pieter Zeeman. Pomocí spektroskopické aparatury s Fabry-Perotovým etalonem chceme získat data, která nám poslouží k výpočtu konstanty Bohrova magnetonu.

1 Úvod

Koncem 19. století prováděl holandský fyzik Pieter Zeeman pokusy v oblasti spektroskopie a chování elektromagnetického záření v magnetickém poli. Objevil štěpení spektrálních čar v magnetickém poli, dnes známé jako tzv. Zeemanův jev.

Roku 1902 byl společně s H. A. Lorentzem za své objevy oceněn Nobelovou cenou, avšak pravá podstata tohoto jevu byla popsána až o mnoho let později. Normální Zeemanův jev byl popsán H. A. Lorentzem (klasická elektrodynamika), ale anomální Zeemanův jev nebylo možné vysvětlit bez znalosti spinu, který byl objeven až o třicet let později.

Atom si můžeme představit jako elektron, pohybující se v poli jádra. Potenciální energie elektronu je dána Coulombickým potenciálem:

$$V(r) = -\frac{Ze}{4\pi\varepsilon_0 r} \tag{1}$$

Řešení $\psi(r,\theta,\varphi) = R(r)P(\theta)F(\varphi)$ Schrödingerovy rovnice s tímto potenciálem vede ke kvantovým číslům:

- hlavní kvantové číslo……n = (1,2,3….) : odpovídá $R(r)$
- vedlejší (orbitální) kvantové číslo…..l = 0, 1, 2, …, (n-1) : odpovídá $P(\theta)$
- magnetické kvantové číslo……m = (-l,…,+l) : odpovídá $F(\varphi)$

energie ale závisí pouze na hlavním kvantovém čísle

$$E_n = -\frac{Rhc}{n^2}, \text{ kde } R = \frac{m_e e^4}{8\pi\varepsilon_0^2\hbar^3 c} \text{ je Rydbergova konstanta} \tag{2}$$

Pokud na atom začne působit magnetické pole, v potenciální energii elektronu musíme počítat s novým členem, který závisí na orbitálním momentu hybnosti:

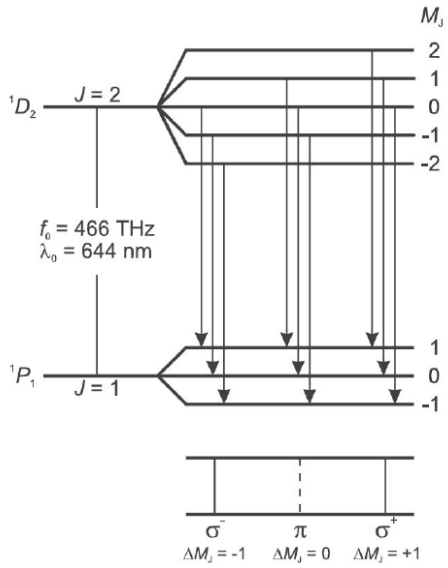
$$-\underbrace{\frac{e\hbar}{2m_e}}_{\mu_B} Bm \tag{3}$$

μ_B je Bohrův magneton a jeho hodnota je 5.788*10^{-5} eV*T^{-1}.

Díky tomuto členu hladiny se stejným n, ale různou hodnotou momentu hybnosti nabudou různou hodnotu energie a dojde k Zeemanově jevu - rozdělení spektrálních čar působením magnetického pole. Rozdíl mezi sousedními hladinami (se stejným n) pak bude

$$\Delta E = \mu_B B \quad [\mathrm{eV}] \qquad (4)$$

Při vybuzení elektronů na vyšší hladiny (například el. výboji v plynech) pak můžou tyto elektrony samovolně přecházet na nižší hladiny a přitom emitovat EM záření charakteristické vlnové délky jako na obrázku:



Obr.1 : Rozštěpení energetických hladin vlivem vnějšího magnetického pole v atomu kadmia

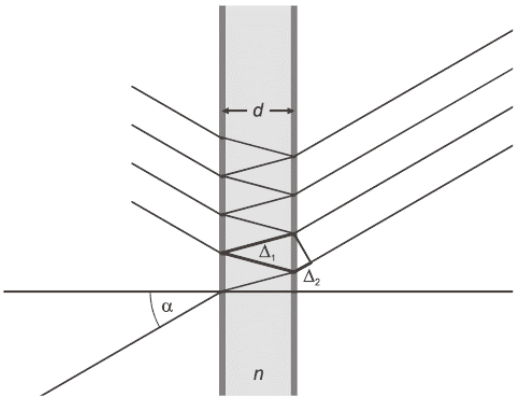
Ne všechny přechody se uskutečňují (viz zákon zachování momentu hybnosti). Povoleny jsou pouze takové přechody, při kterých je změna kvantového čísla $\Delta M_J = 0, \pm 1$*, změna* $\Delta J = \pm 1$ *a změna spinu je* $\Delta S = 0$*.*
Trojice čar se šipkami znázorňuje rovnocenné energetické přechody, které se nám při pohledu jeví jako jedna čára.

Některé spektrální čáry se štěpí na tři složky (triplet), zatímco jiné vytvářejí multiplety.

2 Experimentální část

Náš experiment jsme prováděli pomocí spektroskopické aparatury sestávající z Fabry-Perotova etalonu, optické soustavy, kadmiové výbojky, elektromagnetů a CCD snímače (viz obrázek č. 3).

Pro zkoumání Zeemanova efektu je důležité správně zvolit spektroskopickou metodu. Přístroj musí mít dostatečné rozlišení. Pokud uvažujeme známé hodnoty konstant (Bohrův magneton μ_B, Planckova konstanta h, rychlost světla c), zjistíme, že podle vztahu (4), pro nesupravodivý elektromagnet běžně dosažitelné pole o síle 0.5 T, je rozštěpení hladin řádově 10^{-5} eV, zatímco energie fotonů červeného světla např. o vlnové délce $\lambda = 620\,nm$ je zhruba 2 eV.



Obr.2

Na obrázku č. 2 je znázorněna optická dráha fotonů pocházejícího z přechodu mezi Zeemanovsky rozštěpenými hladinami. Při každém odrazu část projde a část se odrazí. Rozdíl mezi sousedními vystupujícími paprsky je:

$$\Delta = n\Delta_1 - \Delta_2 = \frac{2dn}{\cos\beta} - \frac{2d\sin\beta}{\cos\beta}\sin\alpha, \quad \sin\alpha = n\sin\beta$$

což lze upravit na

$$\Delta = 2\ dn\left(\frac{1}{\cos\beta} - \frac{\sin^2\beta}{\cos\beta}\right) = 2dn\cos\beta \tag{5}$$

Jednotlivé paprsky mezi sebou interferují. Abychom dostali v mikroskopu interferenční maximum, musí platit interferenční podmínka

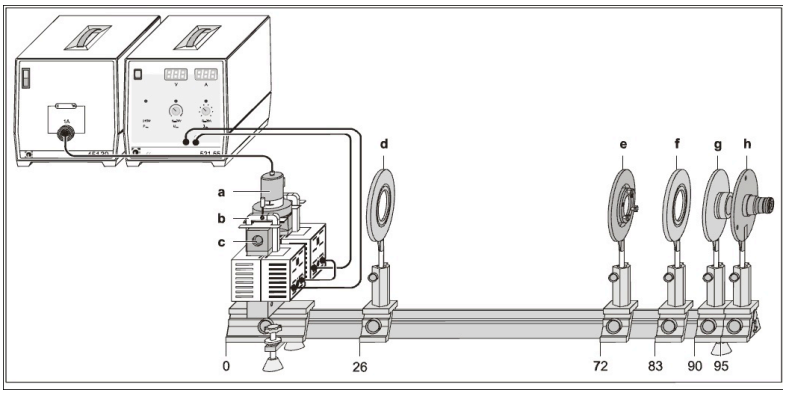
$$2dn\cos\beta = k\lambda \tag{6}$$

kde λ je vlnová délka. Relativní rozdíl mezi vlnovými délkami je potom

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda} = \frac{\frac{2dn}{k}(\cos\beta - \cos\beta_1)}{\frac{2dn}{k}\cos\beta} = \left(1 - \frac{\cos\beta_1}{\cos\beta}\right), \qquad \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n \Rightarrow \beta = \arcsin(\sin\alpha/n)$$

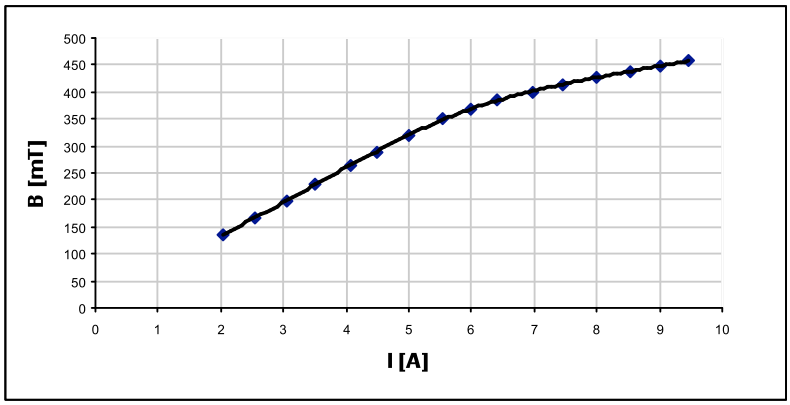
a pro rozdíl energií můžeme psát:

$$\Delta E = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}E = \frac{hc}{\lambda}\left(1 - \frac{\cos\left(\arcsin\left(\frac{\sin\alpha_1}{n}\right)\right)}{\cos\left(\arcsin\left(\frac{\sin\alpha}{n}\right)\right)}\right) \tag{7}$$



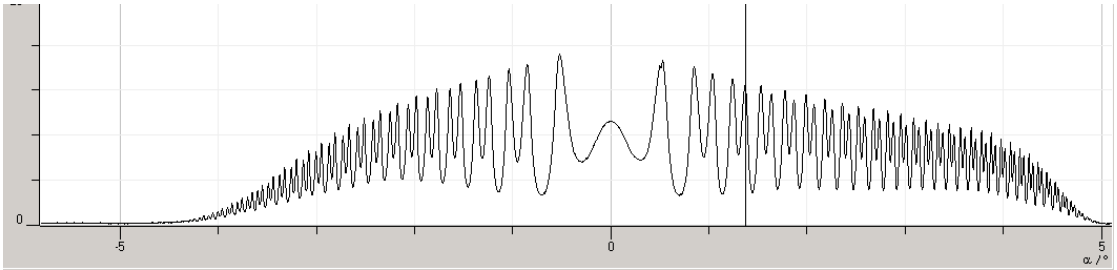
Obr. 3 : Experimentální sestava. a - Kadmiová lampa s držákem, b - svorky, c - magnety, d - spojka (f = 150 mm), e - Fabry-Perotův etalon, f - spojka (f = 150 mm), g - červený filtr, h - mikroskopický okulár s měřítkem. Čísla pod optickou lavicí udávají doporučené polohy součástek - reálná poloha se od nich může lehce lišit.

Jako první měření jsme zjišťovali závislost intenzity magnetického pole B mezi hroty elektromagnetu aparatury v závislosti na proudu I protékajícího cívkami.



Graf závislosti magnetické indukce na velikosti proudu

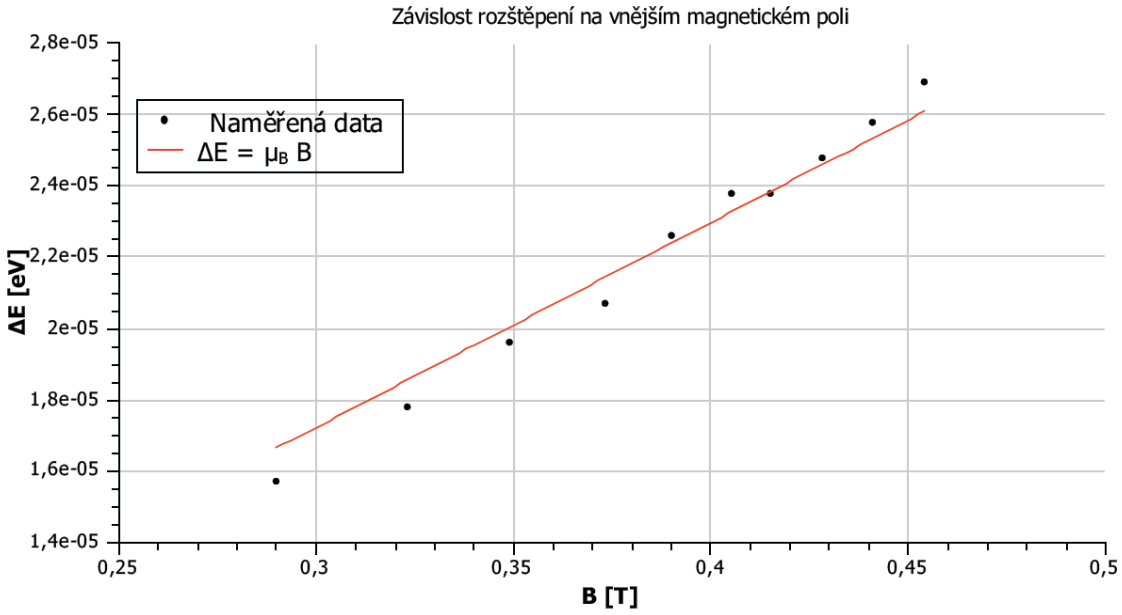
Měření se provádělo CCD snímačem citlivým na intenzitu světla. Základní hladina se odfiltrovala pomocí polarizačního filtru, který jsme použili pro snazší měření, a pozorovali jsme dvojici posunutých čar z tripletu, jak je vidět na grafu.



Graf znázornění štěpení píků/energetických hladin

Úhly jednotlivých píků byly zobrazeny na ose x. Tyto úhly jsme přepočítávali na vnitřní úhly ve Fabry-Perotově etalonu, které jsme následně používali ve výpočtech rozdílů energií rozštěpených hladin (viz vztah (7)) , kde α_1 je úhel posunuté čáry v magnetickém poli a α je úhel bez magnetického pole.

Měření jsme provedli v rozsahu proudu 1-10A celkem desetkrát. Naměřené hodnoty nám posloužily ke zpracování dat a na jejich základě jsme vytvořili graf závislosti rozdílu energií hladin ΔE na intenzitě magnetického pole B. Směrnice této závislosti je podle vztahu (4) Bohrův magneton μ_B.



3 Shrnutí

Teoretická hodnota Bohrova magnetonu je $5{,}788.10^{-5}$ a naše naměřená hodnota Bohrova magnetonu činila $5{,}703.10^{-5}$ $eV.T^{-1}$, takže odchylka činí pouze 1,45%.

4 Poděkování

Velice bychom chtěli poděkovat organizátorům Týdne vědy 2010 za možnost nahlédnout do světa výzkumu, především FJFI ČVUT a našemu supervizorovi Ing. Davidovi Tlustému za vedení našeho miniprojektu.

5 Reference:

[1] H.HAKEN – H.C. WOLF.: *THE PHYSICS OF ATOMS AND QUANTA SPRINGER*

[2] HTTP://BUON.FJFI.CVUT.CZ/~POSPISIL/PROJZS2009/NORMALZEEMANPRA.PDF [2010-6-15]

[3] HTTP://HYPERPHYSICS.PHY-ASTR.GSU.EDU/HBASE/QUANTUM/ZEEMAN.HTML [2010-6-15]

[4] HTTP://FYZTYD.FJFI.CVUT.CZ/2008/CD/PRISPEVKY/SBPDF/ZEEMAN.PDF [2010 -6- 14]

Základní experimenty s lasery

Dan Jurda, Jan Povolný, Petr Zakopal
Gymnázium Velké Meziříčí, Gymnázium Brno, tř. Kpt. Jaroše 14
hmmmmm24@gmail.com, jan.povolny@gmail.com,
asterix2v@seznam.cz

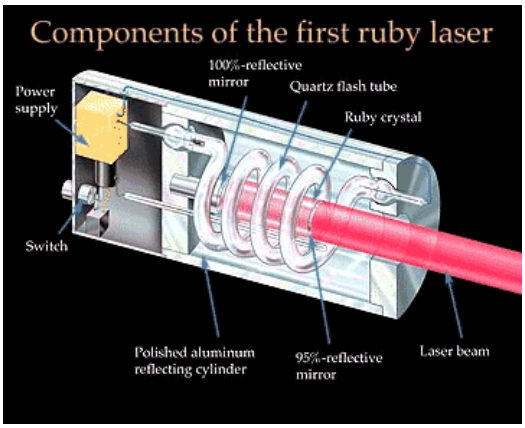
Abstrakt:

Naším cílem bylo seznámení se se základním fungováním laseru, experimenty s ním a jejich praktické využití. Měřili jsme divergenci laboratorního He-Ne laseru a běžného ukazovátka, která je využitelná na měření vzdáleností. Dále jsme zkoumali difrakci laseru na štěrbině a na optické mřížce. Pozorovali jsme lom světla ve vodě a hranolu a zkoumali lom v závislosti na vlnové délce laseru. Nakonec jsme se seznámili s Michelsonovým interferometrem.

1 Úvod

LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

Český překlad je zesilování světla stimulovanou emisí záření. Je to zdroj optického záření. Činnost laserů je založena na existenci absorpce a stimulované emise. Většina laserů funguje na principu 3 a 4 hladinových systémů.



Obr. 1: Rubínový laser

Laser se skládá ze tří základních částí. Z aktivního prostředí (pevnolátkové, polovodičové, plynné, plazmatické), které umožňuje absorpci a emisi záření, zrcadel (první je polopropustné a druhé je 100% odrazné) a zdroje buzení, které je optické, elektrické, chemické, atd.

Současné využití laserů je velmi široké. Ve zdravotnictví se využívají k očním operacím, chirurgii, stomatologii. Ve výrobě se pomocí laseru řeže, spojuje, vrtá, dají se zjišťovat vlastnosti a vady materiálů. V geodézii se s nimi měří vzdálenosti. Dnešní optické disky (CD, DVD, Blue-Ray) používají laser ke čtení a zapisování dat. V armádě se s lasery sestřelují rakety a používají se k zaměřování cílů.

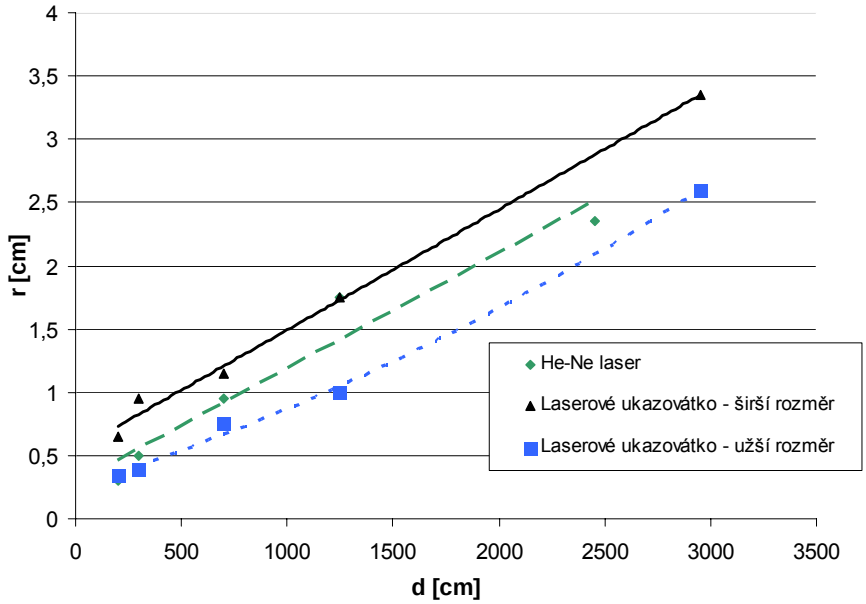
Obr. 2: Řezání laserem

2 Měření

Věnovali jsme se několika základním experimentům, na kterých jsme si demonstrovali využití laseru v praxi.

A. Divergence laserového svazku

Laser má malou rozbíhavost, proto je vhodný například k měření vzdáleností. Měřili jsme průměr svazku při různých vzdálenostech a pro různé lasery.



Graf 1: Divergence laserového ukazovátka a He-Ne laseru.

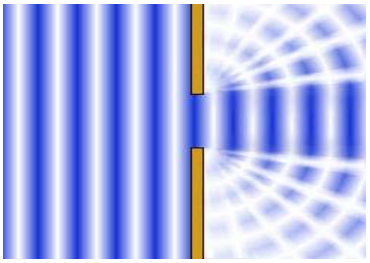
Z naměřených hodnot jsme vypočítali divergenční úhly laserů.

$$\alpha = arctg\left(\frac{r}{d}\right)$$

r = poloměr svazku; d = vzdálenost od zdroje záření

Laser	□□□□
He-Ne	0,079
ukazovátko - širší rozměr	0,121
ukazovátko - užší rozměr	0,067

B. Difrakce laserového svazku na štěrbině



Difrakce vlnění označuje jevy, které vznikají při průchodu vlnění otvorem nebo kolem překážky. Při průchodu vlnění štěrbinou o průměru srovnatelném s vlnovou délkou vlnění, pak vlnění proniká i za okraje překážky do tzv. geometrického stínu a vzniká tak ohybový jev (viz obr. 3). Když se 2 fotony setkají v opačných maximech intenzity, tak se vyruší(bílá místa v obr. 3), když se setkají ve stejných maximech intenzity tak za štěrbinou vniká výrazný bod.

Obr. 3: Difrakce na štěrbině

Proto je maximální intenzita ve směru vlnění a do krajů postupně slábne.
Pracovali jsme s He-Ne laserem o vlnové délce λ = 594 nm, ten nám začal difraktovat při průchodu štěrbinou o průměru 685nm.

C. Difrakce laserového svazku na štěrbině

Dále jsme pracovali s týmž laserem a difrakční mřížkou. Naměřili jsme vzdálenost prvních 2 maxim od sebe, ve vzdálenosti 14cm od štěrbiny. Z toho jsme vypočítali α (úhel paprsku k ose mřížky).

$$\alpha = arctg\left(\frac{a}{b}\right)$$

a = vzdálenost maxim; b = vzdálenost mřížky od stínítka

Dále jsme vypočítali d (vzdálenost vrypů na mřížce)

$$d = \frac{k \cdot \lambda}{\sin \alpha}$$

k = pořadí maxima od středu; λ = vlnová délka laseru

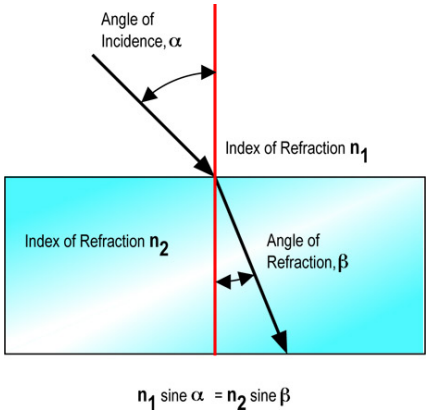
d nám vyšlo 1750 nm, což představuje 571 vrypů na 1 milimetr.

D. Lom světla

Lom světla je změna směru paprsků na rozhraní dvou optických prostředí.Experimentálně jsme si ověřili, že He-Ne laser s vlnovou délkou vyzařovaného svazku 543 nm (zelený) se ve vodním prostředí lámal méně než laser téhož typu s vlnovou délkou svazku 594 nm (oranžový).

lom ke kolmici

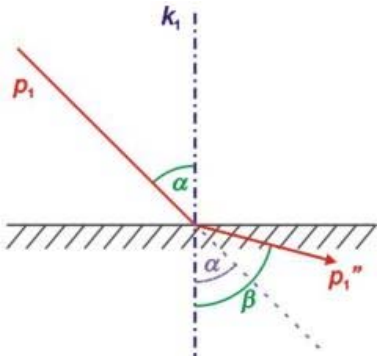
z opticky řidšího do opticky hustšího prostředí



Obr. 4: Lom ke kolmici

lom od kolmice

z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí

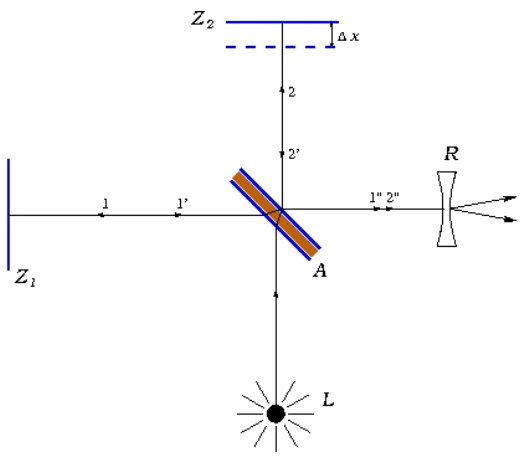


Obr. 5: Lom od kolmice

E. Michelsonův interferometr

První interferometr navrhl a sestavil Albert Abraham Michelson v roce 1881. Interferometry se používají na měření vlnových délek, rychlosti světla a její relativní změny.

Michelsonův interferometr se skládá ze zdroje světelných paprsků *L*, polopropustné skleněné destičky *A*, zrcadel *Z1*,*Z2*, stínítka a rozptylky *R*. Světelný paprsek musí na polopropustnou skleněnou destičku dopadat přesně pod úhlem 45°.



Obr. 6: Konstrukce M. interferometru

3 Shrnutí

Porovnávali jsme divergenci svazku laboratorního He-Ne laseru a běžného laserového ukazovátka. Zjistili jsme, že stopa laserového ukazovátka má eliptický tvar. V jednom z příčných směrů je divergence laserového ukazovátka větší než u laboratorního laseru, v druhém směru má laserové ukazovátko divergenci nečekaně nižší.

Zjišťovali jsme při jaké šířce štěrbiny začne docházet k difrakčním jevům při použití laserového paprsku. Při velikosti štěrbiny 685 nm jsme začali pozorovat první interferenční jevy. To odpovídá našemu předpokladu, neboť tato šířka je velmi blízká vlnové délce použitého laseru (594 nm).

Snažili jsme se určit mřížkovou konstantu předložené optické mřížky. Námi určená mřížková konstanta je d = 1750 nm, což představuje 571 vrypů na 1 milimetr. Tento údaj je v dobrém souladu s údajem uvedeným na mřížce (600 vrypů/mm).

Pomocí laserového svazku jsme pozorovali jev způsobený zákonem lomu. Zjistili jsme, že He-Ne laser s vlnovou délkou 543 nm (zelený) se ve vodním prostředí láme méně než laser s vlnovou délkou 594 nm (oranžový).

Sestavili jsme Michelsonův interferometr z He-Ne laseru, polopropustné skleněné destičky, stínítka, 2 zrcadel a rozptylné čočky. Na stínítku jsme pozorovali soustavu světlých proužků, které vznikaly v místech, kde se sčítala intenzita obou laserových svazků.

Poděkování

Děkujeme za podporu FJFI ČVUT a našim dvěma asistentům Šárce Vondrové a Liboru Škodovi.

Reference:

[1] HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIFRAKCE 2010
[2] HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LASER 2010
[3] HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIVERGENCE 2010
[4] HTTP://IMAGES.GOOGLE.COM/ 2010
[5] VRBOVÁ, M. A SPOL.: ÚVOD DO LASEROVÉ TECHNIKY, ČVUT, PRAHA 1998

Měření rychlosti světla

Lukáš Kunovský
Gymnázium Jeseník
luky.kunovsky@seznam.cz

Petr Bílek
Purkyňovo gymnázium Strážnice
pe.trbilek@seznam.cz

Abstrakt:

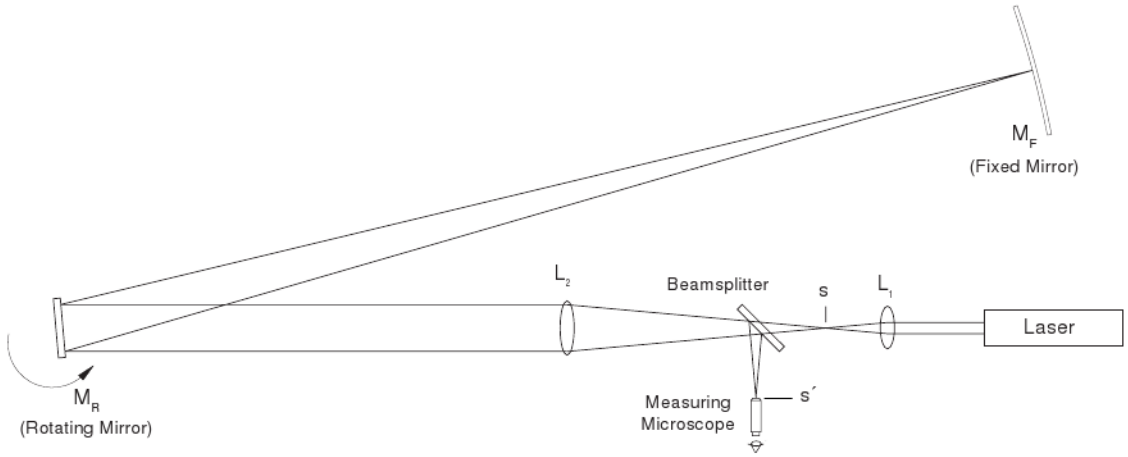
Rychlost světla je velmi důležitá veličina, kterou se v historii pokoušelo změřit mnoho vědců. My jsme použili Foucaultovu metodu. S její pomocí jsme dosáhli poměrně přesných výsledků.

1 Úvod

Rychlost světla byla velmi dlouho neznámá veličina, protože její určení je velmi obtížné. Poprvé se o to pokusil Galileo Galilei. Jeho pokus byl neúspěšný kvůli primitivním metodám. Další pokusy přinesly důkazy o konečné rychlosti světla. První takový byl proveden Olafem Römerem. Ten pozoroval dobu mezi zákryty Jupiterova měsíce Io. Přesnější měření provedl Francouz Hippolyte Fizeau, pomocí otáčejícího se ozubeného kola. Tuto metodu zdokonalil Jean Focault.

My Foucaultovo měření zopakujeme. Foucaultova metoda (nákres na obr. 1) spočívá v tom, že vypuštěný paprsek se nevrátí po stejné dráze, kvůli pootočení zrcátka M_r. Celé to probíhá tak, že paprsek projde až k rotujcímu zrcátku. Od něho se odrazí směrem ke sférickému zrcadlu. Za dobu, za kterou paprsek urazí tuto vzdálenost a zpět, se rotační zrcátko pootočí o určitý úhel. V závislosti na frekvenci rotace zrcátka můžeme sledovat posun odraženého svazku mikroskopem. Pokud známe vzdálenosti jednotlivých částí měřící soustavy, můžeme pomocí základních geometrických vztahů určit rychlost světla.

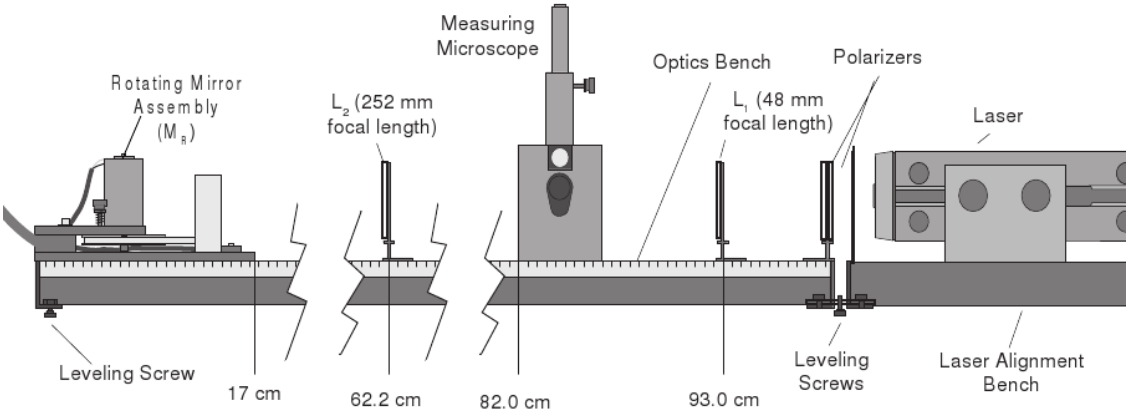
V době laserů a elektromagnetického vlnění je velikost této veličiny zásadní v mnoha oborech. Na této konstantě je postaveno mnoho dalších veličin.



Obr.1: Nákres pokusu

2 Průběh pokusu

K našemu měření jsme použili helium-neonový laser, čočky o ohniskových vzdálenoctech 48mm a 252mm, polarizátor, mikroskop s polopropustným zrcátkem, zaměřovače svazků, vysokorychlostně rotující zrcátko, sférické zrcadlo a optickou lavici.



Obr.2: Umístění jednotlivých komponent

Po sestavení aparatury jsme nastavili laser tak, aby svazek mířil do středu rotačního zrcátka. Do vzdálenosti 9,55 m od soustavy jsme umístili sférické zrcadlo tak, aby na něj dopadal svazek a opět se od něj odrazil do rotujcího zrcátka. Mikroskop nastavíme tak, aby svazek odražený zpět k laseru bylo vidět na polopropustném zrcátku.

Při našem měření jsme vycházeli ze vztahů

$$c = k\frac{f_{cw} + f_{ccw}}{s'_{cw} - s'_{ccw}} \tag{1}$$

$$k = \frac{8\pi AD^2}{D + B} \tag{2}$$

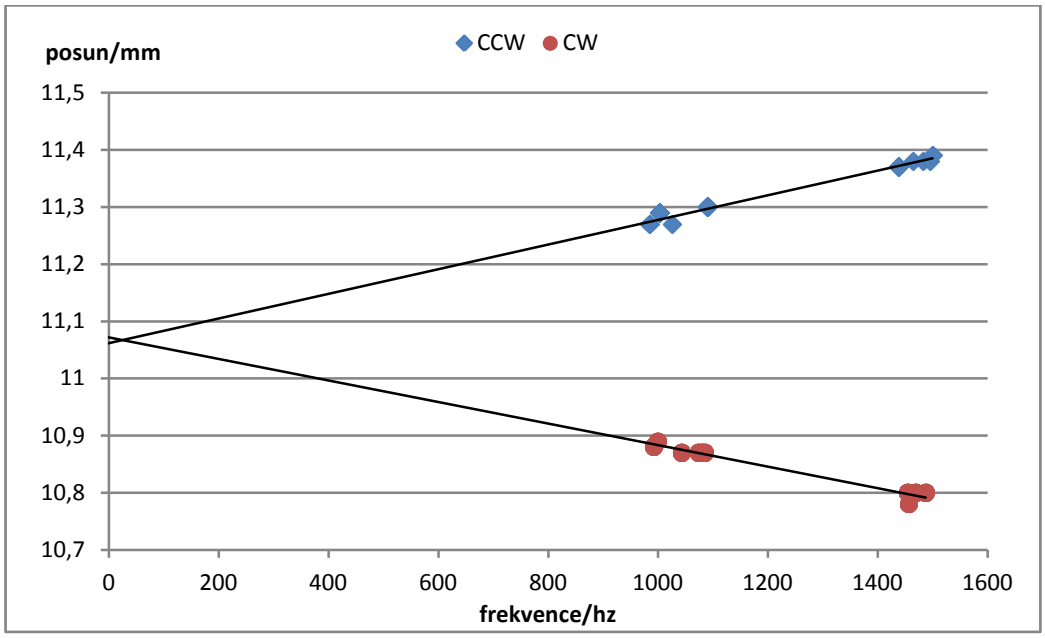
kde CW a CCW značí opačné směry rotace zrcátka. Změřili jsme vzdálenosti A (vzdálenost čoček L_1 a L_2 zmenšená o ohniskovou vzdálenost L_1), B (vzdálenost čočky L_2 od rotujícího zrcátka) a D (vzdálenost mezi rotujícím a sférickým zrcátkem). Měřili jsme hodnoty f (frekvence s jakou rotovalo zrcátko) a s´ (posun paprsku pozorovaný v mikroskopu). Oba z posunů paprsků jsou vázány na klidovou vzdálenost s (vzdálenost, kterou bychom pozorovali mikroskopem při zastaveném rotačním zrcátku).

Posuny s'_{cw} a s'_{ccw} jsou určeny frekvencemi f_{cw} a f_{ccw} v lineární závislosti

$$s'_{cw} = \frac{k}{c} f_{cw} + s \tag{3}$$

$$s'_{ccw} = -\frac{k}{c} f_{ccw} + s \tag{4}$$

Naměřené hodnoty jsme vynesli do grafu 1.



Graf 1: závislost naměřené výchylky na frekvenci pro oba směry rotace zrcátka

Vidíme, že pro obě přímky vyšla shodná absolutní hodnota směrnice, která je rovna k/c. Díky tomuto můžeme číselně vyjádřit rychlost světla. Z našich měření jsme určili rychlost světla na 316 358 129 $m.s^{-1}$.

3 Shrnutí

Dokázali jsme, že rychlost světla je konečná. Od tabulkové hodnoty jsme se odchýlili o 5%. Definovaná rychlost světla ve vakuu je 299 792 458 $m.s^{-1}$. Chyba byla způsobena nepřesností měřících přístrojů a prostředím, ve kterém jsme prováděli pokus. V budoucnu se už velikost rychlosti světla nezpřesní, protože metr je definován pomocí rychlosti světla.

4 Poděkování

Dík si zaslouží náš supervizor Bc. Tomáš Jakoubek a FJFI ČVUT, která zajistila místo a prostředky.

5 Reference:

[1] JAKOUBEK T.: *Měření rychlosti světla,* http://fyzport.fjfi.cvut.cz/FundKonst/RychlostSvetla/mans/TJ_speed_of_light.pdf [cit.: 15. 6. 2010]

[2] KAIZR V.: *Měření rychlosti šíření světla*, Aldebaran Bulletin http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004 s1.html, [cit.: 15. 6. 2010]

Balmerova série

F. Grepl[1], M. Benc[2], J. Stuchlý[3]
Gymnázium Havlíčkův Brod[1], Gymnázium Mnichovo Hradiště[2],
Gymnázium Šumperk[3]
Grepl.F@seznam.cz

Abstrakt:

Metodou dělených svazků jsme určili lámavý úhel hranolu. Na základě znalosti vlnových délek rtuti jsme určili závislost indexu lomu na vlnové délce. Parametry získané fitem jsme použili pro určení vlnových délek Balmerovy série vodíku a sodíkového dubletu. Tyto vlnové délky jsme použili k určení Rydbergovy konstanty a rozlišovací schopnosti lámavého hranolu.

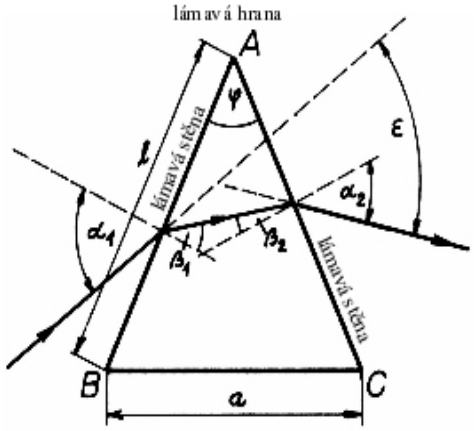
Co jsme vlastně měřili?

Emisní spektrum vzniká vyzařováním fotonů při přechodech elektronu mezi jednotlivými energetickými hladinami. Při sestupech excitovaných elektronů je emitováno záření energeticky odpovídající rozdílu hladin mezi kterými se elektron přesouvá. Můžeme hovořit nejen o emisním, ale i o absorpčním spektru, které je k emisnímu přesně opačné. Vzniká tak, že atom pohlcuje záření o určité frekvenci a jeho energii využívá k excitaci elektronu do vyšších energetických hladin.Každý prvek je svým emisním (popř. absorpčním) spektrem přesně charakterizován. Pokud tedy určíme vlnové délky spektrálních čar, které lze dobře pozorovat při disperzi emitovaného záření na skleněném hranolu, můžeme jednoznačně určit, kterýže prvek toto záření vysílá. V praxi se tímto způsobem provádí chemická analýza nejrůznějších materiálů nebo se zkoumá chemické složení hvězd. Již Johann Balmer roku 1885 objevil, že spektrum vodíku je diskrétní. Ve viditelné oblasti spektra se nacházejí čtyři čáry (viz obrázek 2) . A právě při měření „Balmerovy série“ určujeme vlnové délky jednotlivých spektrálních čar H_{α}, H_{β}, H_{γ}, H_{δ} ve spektru vodíku. Výsledky slouží k výpočtu Rydbergovy konstanty. Náročnost experimentu spočívá v přesnosti měření a v přesném ovládání goniometru.

1.Goniometr, měření úhlů, disperze

Měření se provádí pomocí goniometru, tedy přístroje k přesnému měření úhlů. Spektrum emitovaného záření bude rozkládáno na skleněném hranolu. Úhel mezi vstupujícím vystupujícím paprskem se nazývá deviační, označuje se ε (viz obrázek 1). Úhly budeme měřit v při nejmenší deviaci, tedy když $\alpha_1=\alpha_2$. Mezi minimální deviací ε_0 a indexem lomu hranolu n platí po aplikaci Snellova zákona vztah:

(1)
$$n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_0 + \varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)} \qquad (1)$$



Obr. 1 Schéma lámavého hranolu

kde φ je lámavý úhel hranolu. Index lomu n je závislý na vlnové délce dopadajícího světla a tuto závislost aproximujeme vztahem:

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda - c} \tag{2}$$

kde a, b, c jsou parametry získané z proměřeného spektra rtuti metodou nejmenších čtverců.

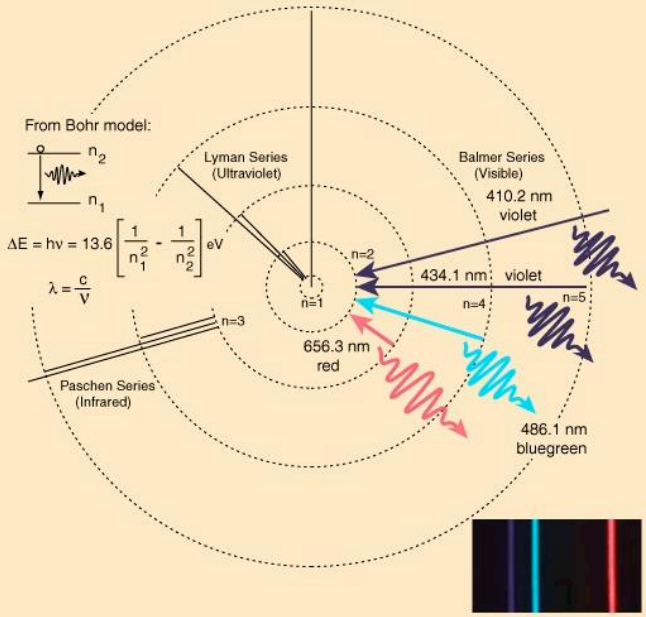
2.Rydbergova konstanta, spektrum vodíku

Z disperzní závislosti pak můžeme určit vlnové délky neznámé spektrální čáry vodíkového spektra. Lámavý úhel hranolu určíme metodou dělení svazků. Ze známých hodnot vlnových délek spektrálních čar vodíku můžeme určit Rydbergovu konstantu fitováním za pomoci vztahu:

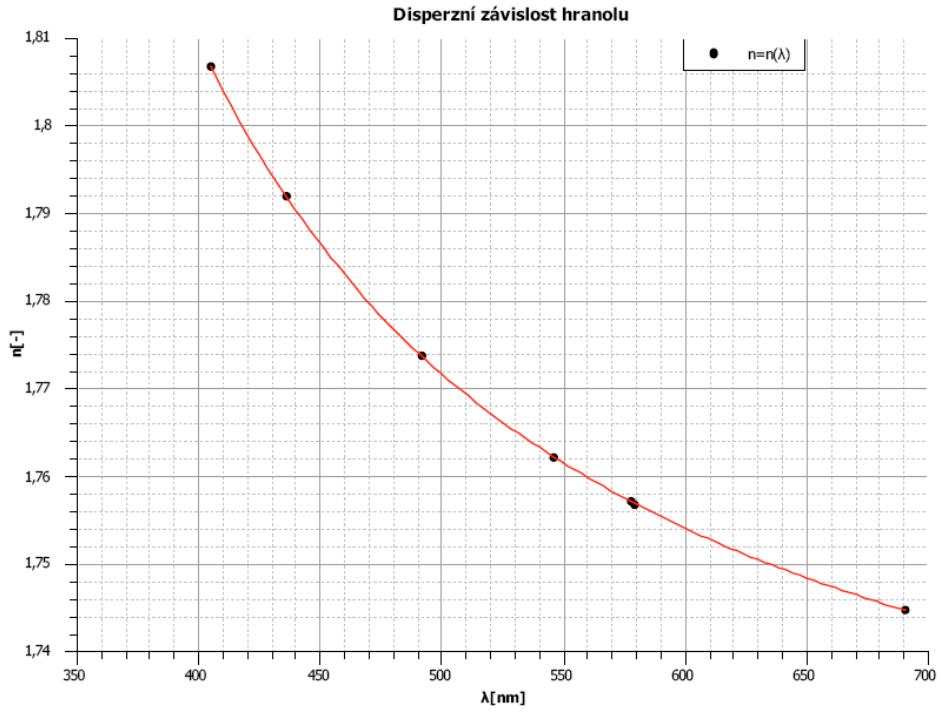
$$\nu = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{N^2}\right) \tag{3}$$

kde R je Rydbergova konstanta, N číslo odpovídající energetické hladiny, λ vlnová délka a ν vlnočet.

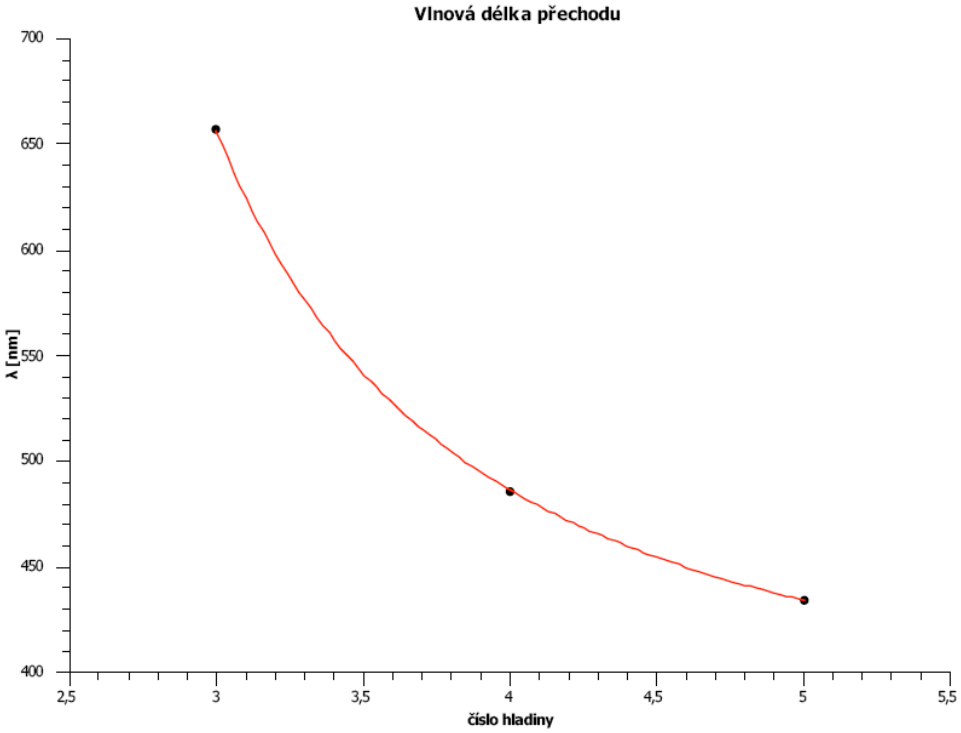
Posledním úkolem bylo určit rozlišovací schopnost hranolu na základě proměření sodíkového dubletu. Podařilo se nám určit charakteristickou disperzi, díky níž jsme byli schopni spočítat minimální délku hrany hranolu, který by byl ještě schopen rozlišit sodíkový dublet.



Obr. 2: Energetické hladiny a Balmerova série



Obr. 3: Disperzní závislost hranolu určená na základě proměření spektra Hg



Obr. 4: Graf pro určení Rydbergovy konstanty, ze vzorce (3)

3. Výsledky a shrnutí

Lámavý úhel hranolu jsme určili jako 59˚51´58˝. Závislost indexu lomu na vlnové délce vystihuje graf na Obr.2. Parametry byly fitováním určeny následovně:

a	1,705760±0,000438
b	18,151880±0,242113
c	224,972451±1,678713

Tab. 1: Parametry získané ze spektra Hg metodou nejmenších čtverců

Po proměření spektra rtuti jsme obdrželi velice přesné parametry, díky kterým jsme určili vlnové délky čar Balmerovy série velice přesně. Nicméně spektrální čáru odpovídající vlnové délce 410,174 nm se nám přes veškeré úsilí nepodařilo nalézt. Námi vypočtené hodnoty vlnových délek čar vodíku byly přesné:

	λ[nm]	λ_{tab}[nm]
Balmerova série	657,162	656,27
	486,129	486,13
	433,859	434,05

Tab. 2: Vlnové délky prvních tří čar Balmerovy série

Na základě těchto hodnot se nám podařilo určit hodnotu Rydbergovy konstanty jako

$$R = (1096{,}36957 \pm 0{,}61134) \cdot 10^4\ \mathrm{m}^{-1}$$

Tato hodnota se blíží hodnotě tabelované($1096{,}77582 \cdot 10^4\ m^{-1}$). Díky čemuž můžeme označit naše měření za poměrně přesné. Přesnost zkontrolujeme teoretickým výpočtem Rydbergovy konstanty ze známých fyzikálních konstant dle vztahu:

$$R = \frac{e^4 m_e}{8h^3 \varepsilon_0^2 c} \tag{4}$$

kde e je elementární náboj elektronu, m_e hmotnost elektronu, h Planckova konstanta, ε_0 relativní permitivita vakua a c rychlost světla ve vakuu.

Minimální délku hrany hranolu, který je schopen rozlišit sodíkový dublet jsme určili jako

a=4,296732 mm

Poděkování

Bez obětavých lidí, kteří pořádají Týden vědy bychom vůbec nemohli toto prosté měření zrealizovat. Náš dík patří jim a především garantovi našeho projektu Ing. Davidovi Tlustému.

Reference:

[1] ŠTOLL I., *Fyzika mikrosvěta,* Prometheus 2002, 65-79

[2] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY, *Úlohy fyzikálních praktik:BALMEROVA SÉRIE* [2010-06-15] URL: http://praktika.fjfi.cvut.cz/Balmer/Balmer.pdf

[3] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY, *Úlohy fyzikálních praktik: Návod ke goniometru S Go 1.1* [2010-06-15]
URL: http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Hardware/Goniometr/goniometr.pdf

[4] GREPLOVÁ E. – SLABÝ J. *Fyzikální praktikum 4. Úloha: Balmerova série,* 2010

Studium ultrazvukových vln

M. Kvasnicová[*], J. Záhora[**], J. Slížek[***]
Gymn. Botičská[*], Gymn. B. Němcové[**], Gymn. Děčín[***]
katanys@seznam.cz[*]

Abstrakt:

Cílem měření je studium vlastností zvukových vln. Budeme ověřovat zákon odrazu, měření a velikosti zvukového signálu po odrazu na odrazové ploše v závislosti na úhlech odrazu a dopadu. Dále se budeme zabývat Dopplerovým jevem.

1 Úvod

Ultrazvukové vlny jsou vlny s frekvencí větší než 20kHz. Tím pádem, byť mají stejnou fyzikální podstatu jako zvuk, jsou pro lidské ucho neslyšitelné, ale řada živočichů může část ultrazvukového spektra vnímat. (delfíni, psi, netopýři).

Jsou to postupné podélné vlny, tzn. šíří se ve směru pohybu. Vlnová délka ultrazvuku je menší než vlnová délka zvukového vlnění, proto je ultrazvuk méně ovlivněn ohybem. Výrazný je jeho odraz od překážek a je méně pohlcován kapalinami a pevnými látkami.

2 Úkoly

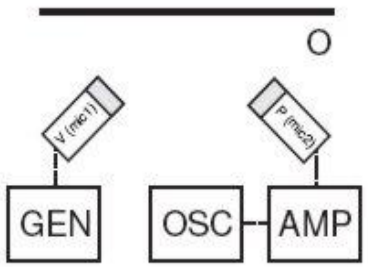
1) Změřte závislost velikosti přijímaného signálu na úhlu mezi vysílačem a přijímačem po odrazu na odrazivé ploše.
2) Změřte rychlost zvuku ve vzduchu.
3) Změřte Dopplerův jev pro několik rychlostí vozíčku v obou směrech a porovnejte dosažené výsledky s teoretickým výpočtem.

3 Pomůcky a přístroje

Generátor 40kHz, přijímač a vysílač zvukových vln, zesilovač (AC), digitální multimetr (frekventoměr), odrazová deska, dvoukanálový osciloskop, elektrický vozíček s nastavitelnou rychlostí pojezdu, pojezdová lavice s měřítkem, stopky, kabely, laboratorní držáky.

4 Princip a výsledky

Pro měření velikosti zvukového signálu po odrazu na odrazové ploše v závislosti na úhlech odrazu a dopadu použijeme experimentálního uspořádání na Obr. 1.



Obr. 1: Schéma pro měření závislosti odraženého signálu na úhlu dopadu zvukových vln. GEN = generátor, OSC = osciloskop, AMP = zesilovač, v = vysílač, p = přijímač

Ověříme zákon odrazu. Vysílač umístíme pod úhlem 40° a přijímačem posouváme po stupnici po 10°. V tab. 1 máme naměřené hodnoty. Dle těchto výsledků, kdy jsme obdrželi největší hodnotu signálu pro úhel odrazu roven úhlu dopadu, tedy 40° jsme zákon ověřili.

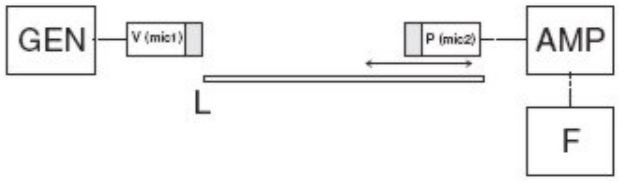
Dále jsme měřili rychlost zvuku ve vzduchu a to podle vztahu $c = 331{,}8 + 0{,}6 \cdot \tau$, kde τ je teplota ve °C. V našem měření jsme dosadili τ =22°C. Obecně rychlost zvuku se spočte $v = \frac{s}{t}$, kde s je uražená dráha vlnění a t je čas.

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α (°)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
β (°)	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
i (V)	1,30	1,00	1,50	2,10	2,90	3,15	3,30	2,85	2,65	1,55

Tabulka 1 – úhel dopadu = úhel odrazu
α – úhel dopadu, β – úhel, pod kterým přijímáme signál, a i – intenzita signálu

V různých prostředích se rychlost zvuku liší, rychlost šíření závisí na teplotě přímo úměrně, na hustotě prostředí, tedy čím větší hustota, tím lépe a rychleji se šíří zvuk a na tlaku (přítomnost molekul ve vzduchu je příčinou existence tlaku) a proto se vakuem zvuk nešíří. Námi vypočtená rychlost zvuku byla *c = 345 m/s*.

Pro Dopplerův jev jsme použili experimentálního uspořádání na obr. 2. Dopplerův jev souvisí s posuvem frekvence v závislosti na rychlosti zdroje zvukových vln. Měřili jsme s upevněným vysílačem a na vozíčku se pohyboval přijímač.



Obrázek 2: Uspořádání pro měření Dopplerova jevu
GEN = generátor, F = frekventoměr, AMP = zesilovač, v = vysílač, p = přijímač

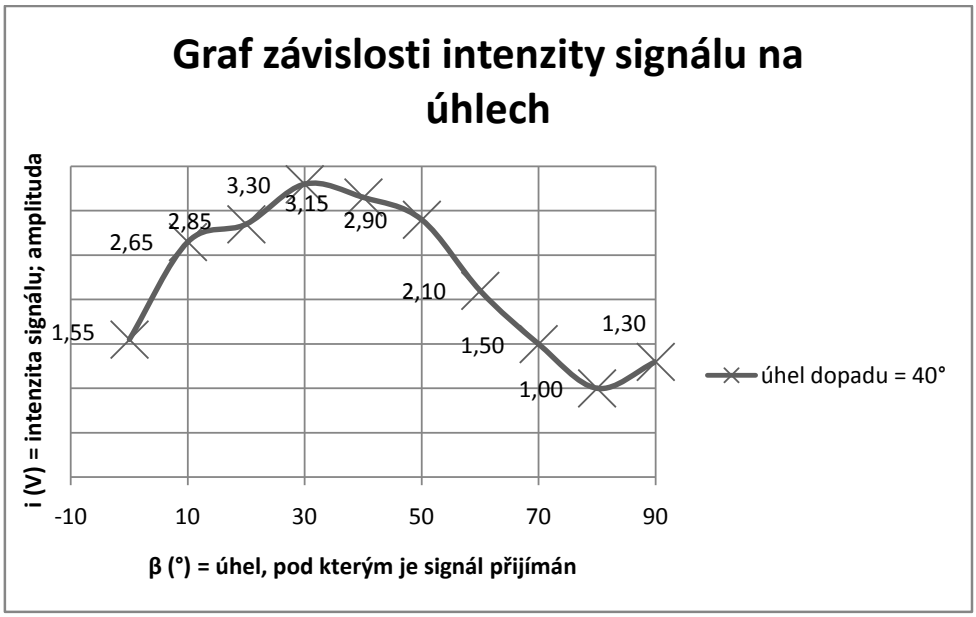
Pro výpočet jsme použili vztahu $f = f_0 \cdot (1 \pm \frac{v}{c})$, kde f_0 byla původní nastavená frekvence na generátoru 40 kHz. Rychlost *v* byla rychlost vozíčku s přijímačem a *c* byla rychlost zvuku v daném prostředí, zjištěná v předešlém měření. Ve vzorci bereme v úvahu znaménko kladné pro případ přibližování přijímače k vysílači a mínus pro vzdalování přijímače od vysílače.

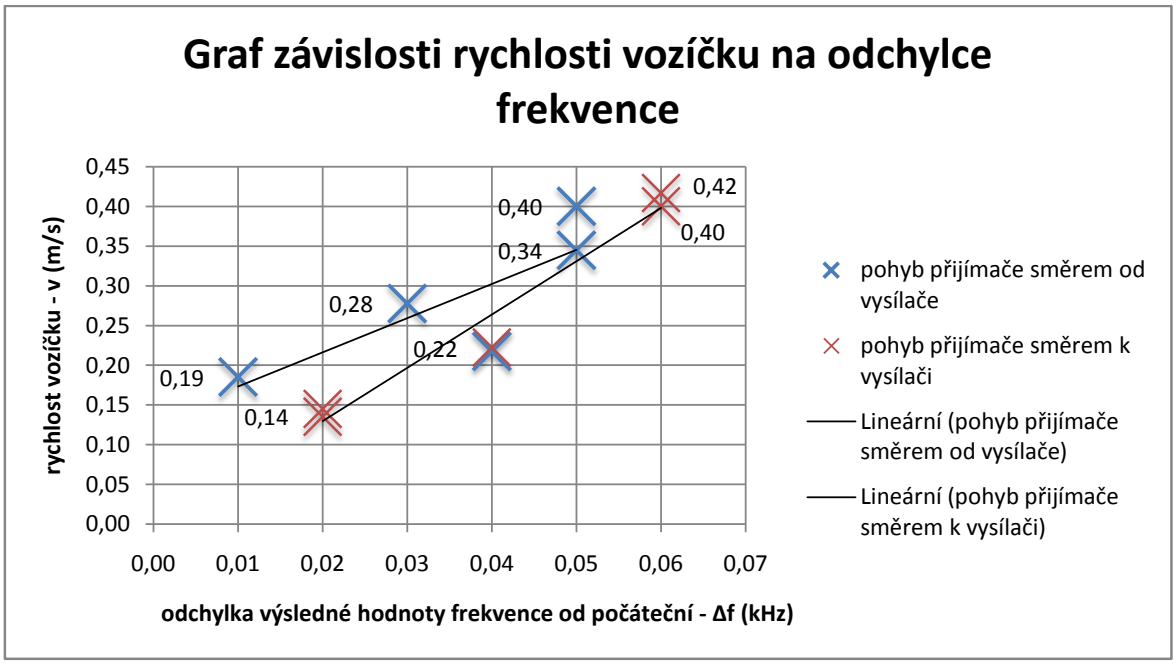
číslo měření	s (m)	t (s)	v (m/s)	f_0 (kHz)	f_1 (kHz)	Δf (kHz)	f_2 (kHz)
1	1	3,60	0,28	39,98	39,95	0,03	39,95
2		2,90	0,34	39,99	39,94	0,05	39,95
3		2,50	0,40	40,00	39,95	0,05	39,95
4		5,40	0,19	40,00	39,99	0,01	39,98
5		4,60	0,22	40,02	39,98	0,04	39,99
6	1	6,90	0,14	40,05	40,07	0,02	40,07
7		4,50	0,22	40,03	40,07	0,04	40,06
8		2,50	0,40	40,03	40,09	0,06	40,08
9		2,40	0,42	40,04	40,10	0,06	40,09
10		7,40	0,14	40,04	40,06	0,02	40,06

Tabulka 2 – Dopplerův jev; s – dráha vozíčku, t – doba jízdy vozíčku, f_1 – naměřená hodnota frekvence, Δf – odchylka nam. hodnoty frekvence od počáteční, f_2 – vypočtená hodnota frekvence; prvních 5 měření je pohyb vozíčku od vysílače a dalších 5 je k vysílači

Výsledky měření v tab. 2 a grafu ukazují, že čím větší rychlost přijímače vůči vysílači, tím větší rozdíl frekvencí původní f_0 a měřené f jsme naměřili.

3 Grafy





4 Shrnutí

Při našem měření jsme skoro přesně dokázali, že zákon dopadu a odrazu opravdu platí. Nejvyšší intenzita signálu byla sice na 30°, ale druhá nejvyšší byla na 40°, takže je to skoro přesné. Nepřesnosti byly způsobeny pravděpodobně nedokonalou odrazovou plochou.

Při měření Dopplerova jevu nám vycházely až překvapivě přesné hodnoty. Naměřené hodnoty se totiž shodovaly s vypočítanými, což je nečekané, protože čas měřil člověk na obyčejných stopkách → možná opožděná reakce.

Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli především poděkovat Jitce Brabcové za všestrannou ochotu a pomoc při tvorbě této práce a také fakultě FJFI za možnost provedení pokusů.

Reference:

[1] http://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk

[2] MECHLOVÁ, E – KOŠŤÁL, K. a kol. *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz,* Prometheus, Praha 2001.

[3] TOLAR, J. *Vlnění, optika a atomová fyzika,* Skripta FJFI
http://www.fjfi.cvut.cz/files/k402/files/skripta/voaf/VOAF2008.pdf

[4] LANK, V. – VONDRA, M. *Fyzika v kostce pro střední školy,* Fragment, Brno 2003

Termodynamické zákony v praxi

A. Sedlařík[1], J. Štěpán[2], H. Picmausová[3]

[1,2] Gymnázium Jiřího Ortena, Jaselská 932, Kutná Hora 284 01
[3] Gymnázium Česká Lípa, Žitavská 2939, Česká Lípa 471 17

[1] nedamvamnic@centrum.cz, [2] georgic@centrum.cz,
[3] helenapicmausova@seznam.cz

1 Úvod

Termodynamika

Termodynamika je obor fyziky, který se zabývá teplem a tepelnými ději. Studuje vzájemné vztahy mezi veličinami charakterizujícími daný stav termodynamické soustavy a jejich změny při tepelných dějích. Zkoumá tedy, o kolik se změní teplota dodáním/odebráním tepla, kompresí, expanzí látky. Termodynamika je postavena na třech termodynamických zákonech.

- První termodynamický zákon – udává, že je možné vzájemně přeměnit teplo na vnitřní energii nebo na práci.
- Druhý termodynamický zákon - vyjadřuje skutečnost, že chladnější těleso nepředává teplo tělesu teplejšímu. Určuje tedy směr přenosu tepelné energie.
- Třetí termodynamický zákon - tvrdí, že nelze dosáhnout absolutní nuly.

Ideální plyn:
Neuvažujeme u něj velikost molekul, tudíž je dokonale stlačitelný a bez vnitřního tření.

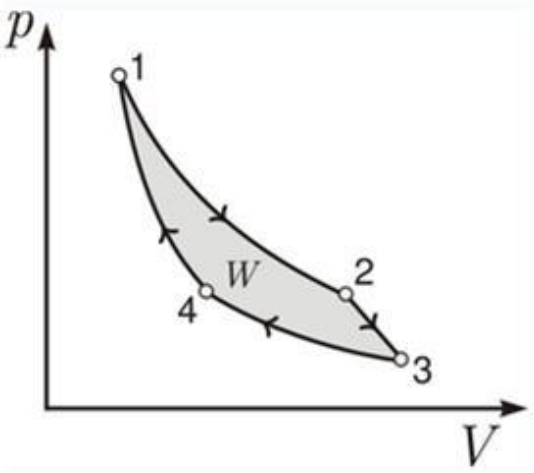
Tepelné děje:
Izobarický- probíhá za konstantního tlaku. (Guy-Lussacův zákon)
Izochorický- probíhá za konstantního objemu (Charlesův zákon)
Izotermický- probíhá za konstantní teploty (Boyle-Mariottův zákon)
Adiabatický- neprobíhá u něj tepelná výměna s okolím (Poissonův zákon)

Tepelný stroj

Tepelný stroj je termodynamická soustava, která pracuje na základě prvního termodynamického zákona - převádí teplo na vnitřní energii nebo práci. Tuto přeměnu nelze realizovat dokonale, vzhledem k druhému termodynamickému zákonu, vyskytuje se zde značná míra různých ztrát. Maximální účinnost tepelného stroje vyjadřuje tzv. Carnotův cyklus ideálního plynu.

PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

Obrázek 1: Carnotův cyklus v p-V diagramu. Plocha ohraničená křivkami je rovna práci, kterou stroj vykonal při jednom cyklu. [1]



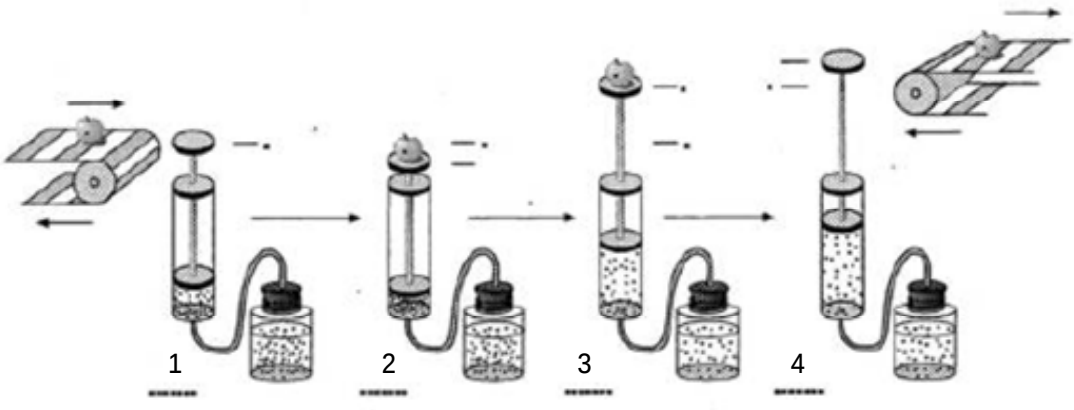
1-2: Izotermická expanze
2-3: Adiabatická expanze
3-4: Izotermická komprese
4-1: Adiabatická komprese

2 Měření

Tepelný stroj

Nejprve (viz. Obr. 2) jsme ochladili pracovní plyn (1), následně na píst položili závaží (2). Pomocí horké lázně (zvětšení objemu plynu) se píst zvedl (3). Po odebrání závaží (4) a ochlazení plynu se píst vrátil do původního stavu. Změna polohy závaží na pístu udává změnu potenciální energie.

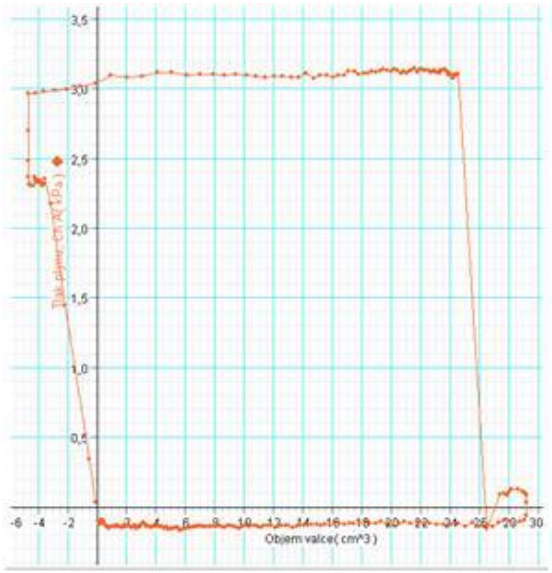
Porovnání změřené práce vykonané plynem z p-V diagramu (Obr. 3) se změnou potenciální energie závaží je zobrazeno v Obr. 4. Směrnice proložené přímky odpovídá účinnosti přenosu práce vykonané plynem na potenciální energii závaží. Absolutní člen charakterizuje míru ztrát během děje.

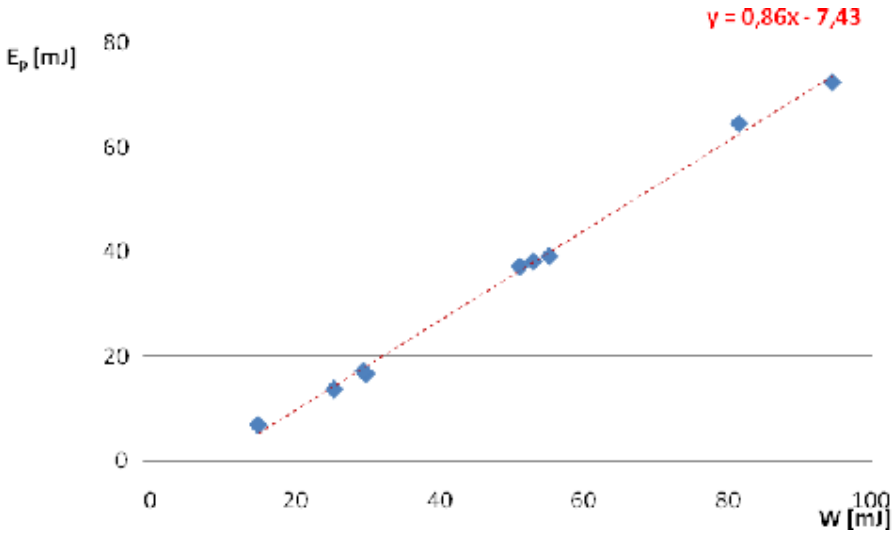


Obrázek 2: Schematické zobrazení pracovního cyklu tepelného stroje. [2]

PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

Obrázek 3: p-V diagram cyklu tepelného stroje. Graf popisuje závislost tlaku pracovního plynu na jeho objemu.





Obrázek 4: Závislost změny potenciální energie na práci vykonané plynem.

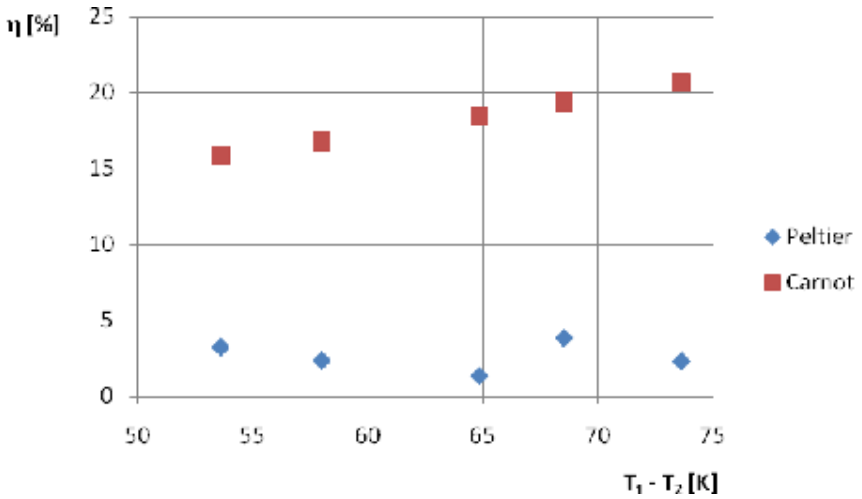
Peltierův článek

Peltierův článek funguje na základě Peltierova jevu, který objevil v roce 1834 Jean C. Peltier. Vytváří motorické napětí na p-n přechodu dvou různých polovodičů. Na levé straně je udržována vysoká teplota, na které se tvoří více volných elektronů, než na pravé - chladnější straně. Výsledkem je přebytek elektronů pohybujících se z teplejší na chladnější stranu - tedy vzniká elektrický proud [3]. Při určování účinnosti Peltierova článku byla uvažovaná korekce na práci vykonanou na jeho vnitřním odporu.

PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

Tyto články se používají např. v chlazení procerů. Nedostatkem je, že mají většinou velkou spotřebu a samy vyzařují hodně tepla, takže je třeba chladit je víc, než kolik by vyžadovalo samotné chlazené zařízení.

V Obr. 5 je znázorněno měření účinnosti Peltierova článku v závislosti na různých velikostech rozdílů teplot použitých lázní společně s teoretickou účinností Carnotova cyklu.



Obrázek 5: Závislost účinnosti (η) na rozdílu teplot teplé (T_1) a studené (T_2) lázně pro Peltierův článek a pro ideální Carnotův cyklus.

Shrnutí

Pozorovali jsme ~ 86 % přenos práce vykonané plynem na změnu potenciální energie závaží na pístu. Práce vykonaná plynem byla zjišťována pomocí pV diagramu.

Stanovili jsme ~ 3 % účinnost Peltierova článku, což je v porovnání s ideálním Carnotovým cyklem o ~ 15 % nižší účinnost.

Poděkování

Obrovský dík patří našemu supervizorovi Jakubovi Víchovi, za trpělivost, za užitečné rady a za pomoc při pochopení problému a jeho publikování.

Dále bychom chtěli poděkovat realizačnímu/organizačnímu týmu za přípravu Týdne vědy 2010.

Reference

[1] Wikipedie, URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/peltieruv_clanek, 15. 6. 2010.
[2] Portál Fyzikální praktika FJFI, úloha *Práce tepelného stroje*, 15. 6. 2010.
[3] Portál Fyzikální praktika FJFI, úloha *Účinnost tepelného stroje*, 15. 6. 2010.

PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

Měření kosmického záření

Jan Bareš[1], Viktor Dedek[2], David Klečka[3], Petra Vaníčková[4], JanVondráček[5]

1. Gymnázium Benešov, 2. Gymnázium na Pražance, 3. Gymnázium Třeboň

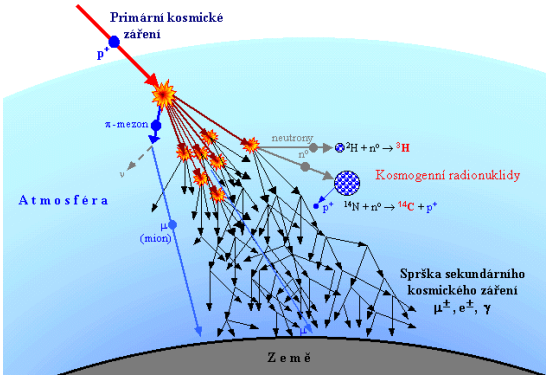
4. SPŠ Elektrotechnická Liberec, 5. Gymnázium Děčín

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo zjistit, jak se mění dávkový příkon v závislosti na nadmořské výšce. Součástí projektu byl let letadlem L-410 do 4200 m n. m. Dávkový příkon jsme během letu měřili scintilačním detektorem NB 3201. Výšku a polohu pomocí GPS zařízení. Po zpracování dat jsme zjistili, že hodnoty detekovaného záření po vzletu zprvu klesají. Po dosáhnutí určité výšky (cca 1200 m n. m.) začínají opět stoupat.

1 Úvod

Přírodní záření je přítomno všude kolem nás. Jeho zdrojem jsou radionuklidy ze Zemské kůry ale i částice přicházející z kosmu. Kosmické záření je převážně tvořeno protony (85-90%) a jádry hélia (9-14%), zbytek je tvořen jádry jiných prvků (až po železo), elektrony a dalšími jadernými a subjadernými částicemi. Záření vysoko nad povrchem Země se označujeme jako primární záření. To lze podle původu rozdělit na dvě komponenty: sluneční a galaktickou. Primární záření při vstupu do atmosféry interaguje s atomy tvořícími atmosféru. Vzešlé částice pak označujeme jako sekundární záření. Hlavní složku sekundárního záření tvoří neutrony a mezony. Produktem interakcí je i např. ^{14}C, který využívá radiokarbonová metoda při odhadu věku nalezených archeologických artefaktů.



Obr. č. 1 - Vznik sekundárního záření

Negativním vlivem kosmického záření je zvýšená hodnota dávkového příkonu na orbitě Země ale i ve velkých výškách na Zemi samotné. Zařízení jako umělé družice se pak musí konstruovat s ohledem na zvýšené dávkové příkony na orbitu. Kosmické záření se taky projevuje v běžném životě a to konkrétně na palubách letadel. Takto vyvolané radiační zatížení je důležité hlavně pro letecký personál, který je jeho vplyvu vystaven téměř každodenně. Z tohoto důvodu byl v mnohých krajinách zaveden program dozimetrie palubního personálu komerčních letadel.

V našem projektu jsme se rozhodli ověřit, jak se mění závislost dávkového příkonu přírodního pozadí v závislosti na nadmořské výšce. Nalezené výsledky jsme porovnali s průměrným příkonem dávkového ekvivalentu ve výšce 10 000 metrů při letu z Prahy do New Yorku.

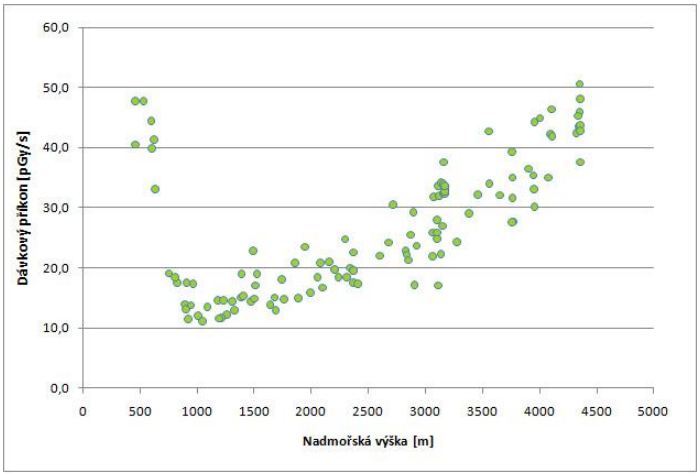
2 Metodika experimentu

Náš experiment jsme realizovali s použitím letadla L-410, s kterým jsme 3-krát vyletěli z letiště v Příbrami z výšky 461 m.n.m. do výšky 4 100 m.n.m. K měření výšky jsme použili GPS zařízení Garmin Etrex. Dávkový příkon byl měřen pomocí detektoru TESLA NB 3201. Tento detektor detekuje záření beta, gama a dopadající ionty s dostatečnou energií, avšak není určeno pro přímou detekci neutronů. Výsledná hodnota dávkového příkonu byla měřená v 10 sekundových intervalech.

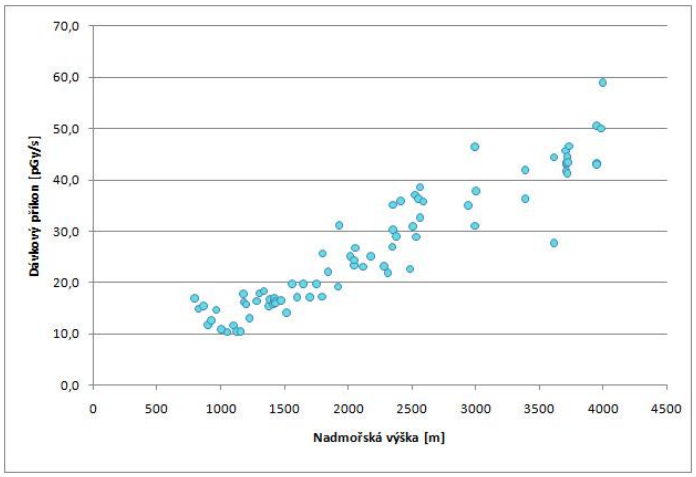
Detektor je tvořen plastickou scintilační sondou a vyhodnocující jednotkou. Efektivní atomové číslo (EAČ) je blízké EAČ lidské tkáně. To znamená, že záření působí na detektor přibližně stejně jako na naši tkáň. Sonda pracuje na na následujícím principu. Dopadající ionizující záření excituje elektrony v látce, které při návratu na původní nižší energetickou hladinu vyzařují světelný foton. Ten následně dopadá na fotonásobič, přičemž vzniknutý elektrický impulz je následně analyzován vyhodnocovací jednotkou. Výsledná hodnota dávkového příkonu byla měřená v 10 sekundových intervalech. Jednotka je zkalibrována tak, že ukazuje dávkový příkon nebo absorbovanou dávku v materiálu scintilátoru. Správnost kalibrace se ověřuje za pomoci kalibračního zdroje vyrobeného z Cs-137.

3 Výsledky

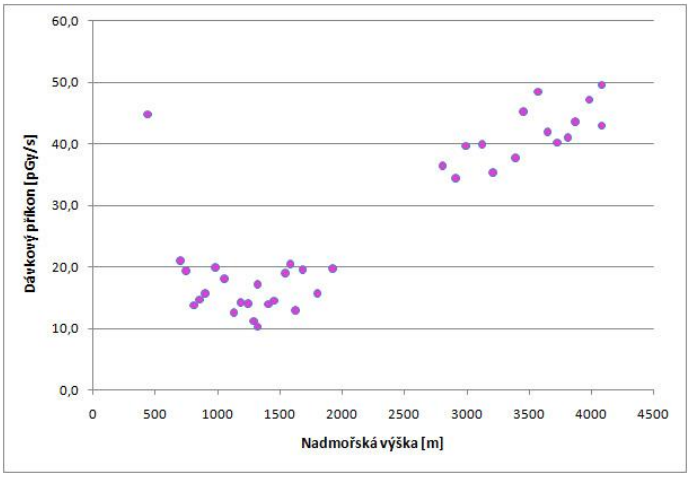
Na zemi jsme naměřili průměrnou hodnotu dávkového příkonu od přírodního pozadí rovnou 35 pGy/s. Při všech měřeních se tato hodnota při stoupání zpočátku zmenšovala až do výšky asi 1050 m n. m. kde dosáhla minima – hodnoty minimálního dávkového příkonu zde činili 10,4 pGy/s. Pak dávkový příkon začal opět stoupat. V 4000 m n. m. jsme při posledním letu naměřili až 58,9 pGy/s. Výsledky z jednotlivých měření jsou znázorněny na obrázcích 2 - 4.



Obr. č. 2 – Výsledky měření dávkového příkonu při prvním letu



Obr. č. 3 – Výsledky měření dávkového příkonu při druhém letu



Obr. č. 4 – Výsledky měření dávkového příkonu při třetím letu

Při letu č. 3 si lze všimnout oblasti s chybějícími daty. Tato chyba je způsobena výpadkem GPS signálu.

3 Shrnutí

V našich měřeních se potvrdilo, že vliv terestriální složky přírodního radiačního pozadí klesá na minimum ve výšce přibližně 1 km a dále pak opět stoupá. V maximální výšce našich letů, tedy přibližně 4 km, dosahují dávkové příkony opět hodnoty, které jsou přibližně rovné hodnotám při zemském povrchu. Jestli budeme uvažovat jenom fotonový dávkový ekvivalent, pak možno psát, jeho příkon je ve výšce 4 km roven 0,212 μSv/hod. Pro porovnání, průměrná hodnota příkonu dávkového ekvivalentu při letu Praha - New York ve výšce 10 km je rovna 4,5 μSv/hod, tedy asi 20krát vyšší.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat autorovi miniprojektu J. Kubančákovi za realizaci projektu a za pomoc při jeho řešení. Dále bychom chtěli poděkovat RNDr. L. Thinové z KDAIZ FJFI za podporu projektu ze strany katedry a za přepravu účastníků miniprojektu na Příbramské letiště. Na závěr bychom chtěli poděkovat organizmům Týdne vědy na FJFI za možnost zúčastnit se na této akci.

Reference:

[1] KOLEKTIV AUTORŮ.: *Principy a praxe radiační ochrany* Státní Úřad pro Jadernou Bezpečnost 2000

Počítačové algebraické systémy I

O. Štícha, P. Jáč, M. Zvěřina
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
sticha.oto@centrum.cz

Abstrakt

Smyslem projektu bylo získat co nejvíce znalostí o počítačových algebraických systémech – o jejich historii, virtuálním rozhraní, konkrétním praktickém využití. Naše práce demonstruje možnosti, kterými algebraické počítačové systémy disponují. Jedná se však pouze o stručný přehled velkého potenciálu, jenž se v nich skrývá.

1 Úvod

CAS (Computer Algebra System) neboli Počítačové algebraické systémy je souhrnné označení pro počítačové programy, které se zabývají matematickými operacemi a simulují fyzikální procesy. Jejich velký význam v oblasti vědy je nepopiratelný. V rámci projektu se budeme soustředit na některé z jejich funkcí, historii jejich vzniku, a potenciální míru využiti. Na zoubek se podíváme také nejpopulárnějšímu tahounovi celé algebraické mašinérie – Mathematice.

2 Historie

Vznik CAS byl podmíněn stále se zvyšující potřebou počítat náročné matematické úlohy, které byly, bez použití počítače, jen obtížně řešitelné.
Byly tedy určeny hlavně pro potřeby teoretických fyziků a k vývoji umělé inteligence (AI).

Samotný vývoj započal v 60. Letech. Historicky první algebraický systém vyvíjel v letech 1963-67 holandský fyzik Martin Veltman (jeho projekt nesl název čistá loď – nikdo neví proč), který za svoje zásluhy a za položení základního kamene pro další vývoj těchto systémů dostal v roce 1998 nobelovu cenu.

Na Veltmana navázal Carl Engleman, který v rámci svého projektu Vývoj umělých inteligencí vytvořil první veřejně šiřitelnou verzi algebraického programu pro počítače.
Po roce 1987 se některé algebraické systémy, například i s vykreslováním goniometrických funkcí a grafů (displej s podporou grafiky), objevily na kalkulátorech.

3 Mathematica

Mathematica je pro své možnosti jeden z nejrozšířenějších algebraických systému, proto jsme se jí rozhodli věnovat největší pozornost.

3.1 Historie

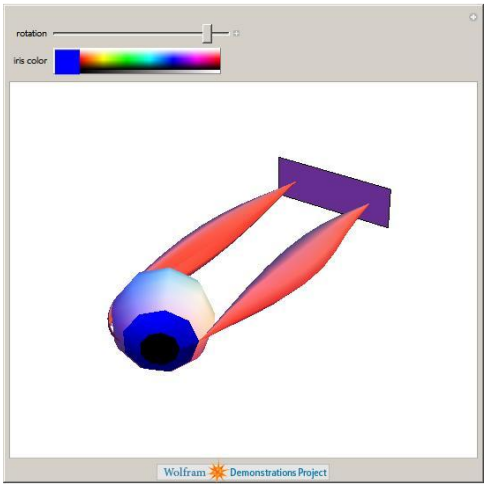
Její vývoj započal v roce 1986 Britem Stephenem Wolframem, který je v současnosti majoritním vlastníkem společnosti Wolfram Research – ta se od té doby zabývá dalším vývojem Mathematicy. Největší nevýhodou Mathematicy pro běžného uživatele je její cena. Naštěstí je možné bezplatně využít alespoň část jejích funkcí za pomoci webové služby Wolfram Alpha (wolframalpha.com), která je poměrně novým dílem této společnosti a stále se rozvíjí.

3.2 Praxe

Naši práci s Mathematicou jsme prováděli na počítačích běžících pod linuxem, konkrétně na distribuci CentOS. Velkou výhodou tohoto softwaru je, že je multiplatformní, což znamená, že běží mimo jiné na počítačích s linuxem, MacOS, Windows či Solaris.

3.3 Možnosti využití

Mathematica není ani zdaleka omezena pouze na matematickou a fyzikální sféru, své uplatnění najde prakticky v každé vědě pro kterou je třeba grafického znázornění. Dá se velmi slušně využít například pro potřeby chemie – animace atomů, molekul, a jejich vzájemného působení. Zde například anatomická pomůcka:



Obrázek 1: Simulace pohybu oka a očních svalů

3.3.1 Využití v matematice

Ukázka práce s Mathematicou - praktické zavádění příkazů pro jednoduché matematické operace.

Úprava algebraických výrazů:

```
In[19]:= Simplify[(x^2 - 5 x + 6)/(x - 2)]
Out[19]= -3 + x
```

Řešení rovnic:

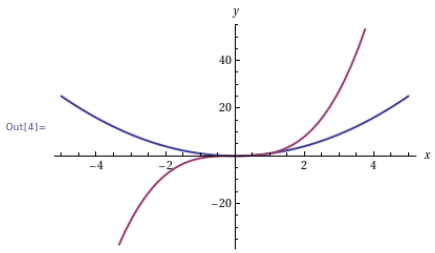
```
In[17]:= Solve[x^2 + 4 x - 21 == 0, x]
Out[17]= {{x → -7}, {x → 3}}
```

Rozložení podle vzorce:

```
In[8]:= Expand[(a + b)^3]
Out[8]= a^3 + 3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3
```

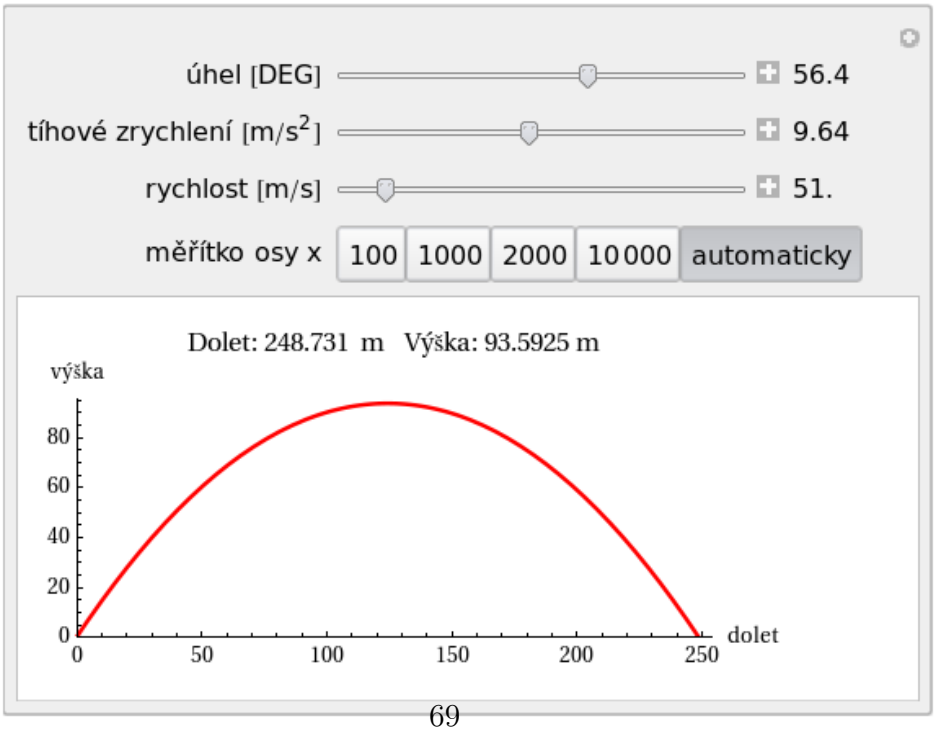
Vykreslení grafů:

```
Plot[{x^3, x^3}, {x, -5, 5}, AxesLabel → {x, y}, PlotStyle → Thick]
```



3.4 Praktická práce v Mathematice

Pro demonstraci možností Mathematicy jsme vytvořili jednoduchý fyzikální applet pro vykreslení trajektorie předmětu vrženého šikmo vzhůru. Výpočet je velmi jednoduchý a taky nepřesný, jelikož jsme zanedbali například odpor vzduchu. Jedná se vlastně o zjednodušenou„balistickou křivku“.



3.4.1 Napsání appletu

Celý applet byl napsán v Mathematice. Díky jednoduché a účelné syntaxi byl napsán během několika desítek minut, zatímco například v javě by to byla záležitost několika hodin. Základ appletu tvoří dvě přednastavené funkce: *Plot* – vykresluje graf a *Manipulate* – umožňuje pomocí posuvníku měnit parametry funkce.

3.4.2 Ovládání appletu

Ovládání je velmi jednoduché, pomocí posuvníků si nastavíme požadovaný úhel, tíhové zrychlení, rychlost a aplikace automaticky vykreslí trajektorii pohybu. Zároveň se také mění informace o doletu a maximální výšce projektilu. Poslední věc, kterou ještě můžeme měnit je měřítko osy x, což se hodí, pokud chceme dosáhnout požadovaného doletu a neznáme například rychlost.

4 Závěr/Shrnutí

Práce na projektu byla velmi příjemným zpestřením celého Týdne vědy a přinesla nám mnoho užitečných zkušeností. Naučili jsme se využívat možností několika velmi zajímavých programů a částečně jsme také pronikly do problematiky programovacích jazyků. Naše práce zajistila dobré základy pro další studium těchto zdrojů.

Poděkování

Poděkovat bychom chtěli zejména našemu supervizorovi Milanu Šiňorovi za velmi vstřícný a smysluplný přístup. Organizátorům Týdne vědy za to, že nám umožnili na projektu pracovat a také vedení ústavu na Trojance, které nám zajistilo přístup k nejmodernějším technologiím potřebných pro naši práci.

Reference:

[1] *Scilab: Numerické výpočty, grafy - zkrátka matematika*
http://www.linuxexpres.cz/software/scilab-numericke-vypocty-grafy-zkratka-matematika

[2] *Wolfram Research company* http://www.wolfram.com/

[3] *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_algebra_system
http://demonstrations.wolfram.com/EyeballAndTwoMuscles
http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematica
http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0ikm%C3%BD_vrh

Praktické využití programu Mathematica

Autoři: Vojta Cvrček, Marcel Rodák, Vítek Růžička

Gymnázium Vítězná pláň, Mendelovo gymnásium Opava,
Gymnázium Vítězná pláň

Abstrakt:

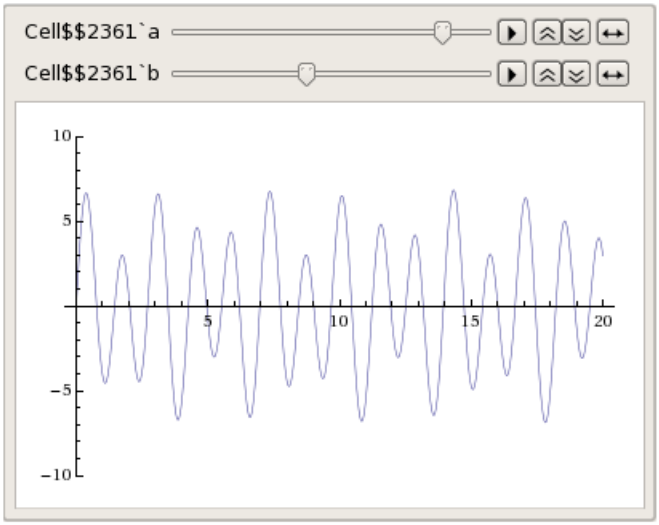
Počítačové algebraické systémy (PAS) jsou určeny především k řešení matematických problémů. Stejně tak jako matematik systémy PAS ovládají pravidla algebry a matematické analýzy, které se učíte ve škole. PAS například umí řešit rovnice, zjednodušovat výrazy, počítat derivace či integrály a kreslit grafy.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

1 Úvod

Úvodní informace (motivace, současný stav problému)
Simulací a vizualizací příkladů, lze rychle dojít k řešení a hlubšímu pochopení tématiky. Osvojením PAS toho lze docílit. V našem projektu jsme se soustředili na Fraunhoferovu difrakci a na lom paprsků. Pouhým dosazením do vzorce nelze získat širší vhled.
Mocný nástrojem na simulaci a vizualizaci matematických, fyzikálních, chemických, biologických příkladů a problémů se ukázala Mathematica [1]. Přestože známe nekonečné řady jiných PASů, Mathematica se po pečlivém výběru jeví jako nejlepší. Po dvoudenním potýkání představujeme dva příklady, na nichž jsme si vyzkoušely základní operace s rovnicemi a vizualizaci.

2 Interference vlnění

Interference neboli sčítání vln funguje jak pro vlny elektromagnetické tak pro mechanické. Nastává v případě když se dvě nebo více vln „srazí“ a jejich tvar se změní z jednoduché sinusoidy na sinusoiudu složenou. V programu Matematica jsme našli příkaz Animate a rovnici vektorového skládání vln a převedli jsme to na grafickou podobu.



Obrázek 1 - animace

3 Fraunhoferova difrakce

Jako pro středoškoláky pro nás je Fraunhoferova difrakce těžko představitelná. Od vizualizace jsme si slibovaly lepší pochopení než z pouhého vzorce. Použili jsme již zmíněnou Mathematicu. Potýkali jsme se se syntaxí Mathematicy, která má naštěstí výbornou dokumentaci [2]. Ke každému příkazu má mnoho ukázek použití. Ještě víc jsme ocenili množství demonstračních ukázek a hotových kódů na stránkách Wolfram Mathematicy [3].

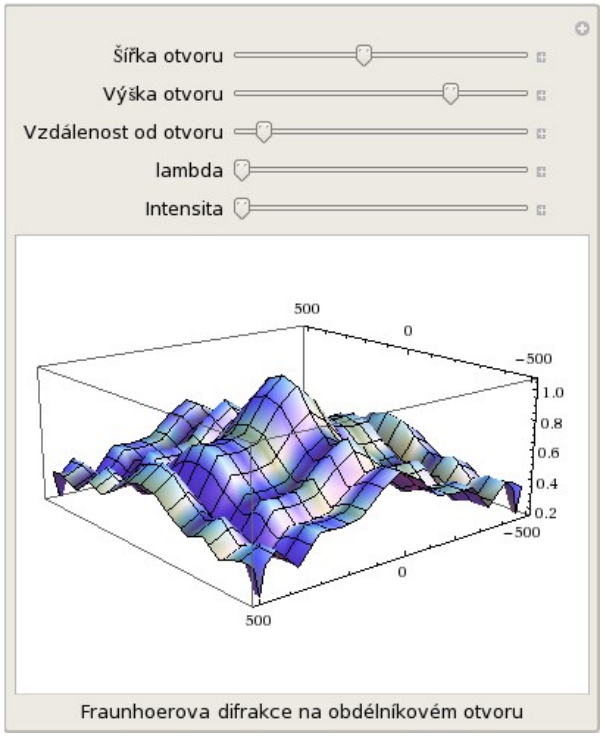
Zapsali jsme vzorec z učebnice Základy fotoniky 1 [4] pro Fraunhoferovu difrakci do programu a dosadili hodnoty.

Pomocí příkazu Manipulate jsme připravili proměnné do podoby táhel, se kterými můžeme upravit podobu výsledného grafu *(obrázek 2)*. Uvnitř Manipulate jsme dali Plot3D, příkaz k vykreslení 3D grafu. Zakončili jsme syntaxí pro posuvníky a

```
In[7]:= Manipulate[
         Plot3D[Funkce[x, y, Dx, Dy, d, lambda, Io]^(1/10), {x, -k, k}, {y, -k, k}],
         {{Dx, 5, "Šířka otvoru"}, 1, 10}, {{Dy, 5, "Výška otvoru"}, 1, 10}, {{d, 0.59, "Vzdálenost od otvoru"}, 0.01, 10},
         {lambda, 370, 750}, {{Io, 1, "Intensita"}, 1, 100},
         FrameLabel → "Fraunhoerova difrakce na obdélníkovém otvoru"
        ]
```

Obrázek 2 – použití příkazu Manipulate

graf jsme si nechali vykreslit *(obrázek 3)*.



Obrázek 3 – výsledek

V porovnání s konvenčními programovacími jazyky je Matematica uživatelsky příjemnější a rychlejší. Zejména díky již zmiňované dokumentaci. Vytvořené řešení nelze přehrát na každém počítači, natož pak měnit postup. Na stránkách Wolframu je zadarmo ke stažení přehrávač *.nb souborů, coby dokumentů Matematicy. Exportovat obrázek jde samozřejmě kamkoliv. S politováním musíme uznat, že kdyby Matematica běžela na Javě, jako například Geogebra, a byla by levnější, našla by si cestu k mnohem více lidem.

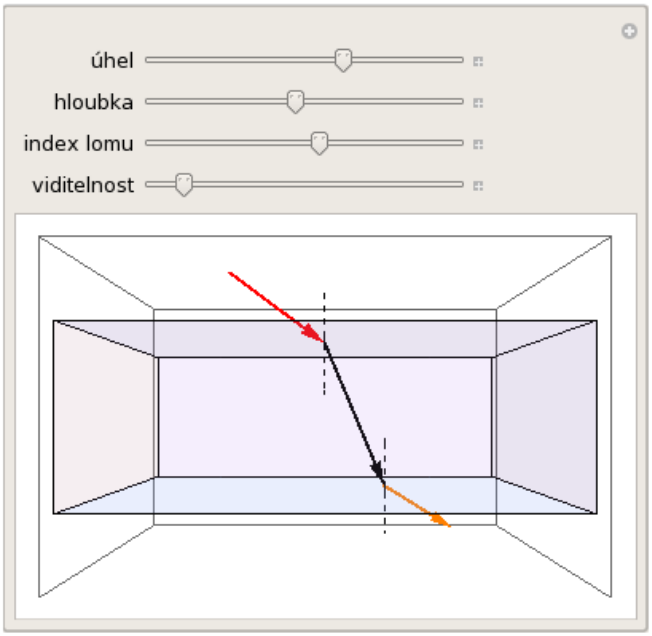
4 Lom paprsku

Dalším příkladem, kterým jsme se zabývali byl paprsek lámající se v optickém prostředí. Inspirovali jsme se demonstačním příkladem. Náš program je však narozdíl od demonstračního ve 3D prostředí a umožňuje uživateli volbu tloušťky a optické mohutnosti optického prostředí. 3D prostředí Mathematicy umožňuje uživateli rotaci podle os, tedy lepší představu.

```
In[2]:= Manipulate[
  Graphics3D[{{LightCyan, Opacity[op], Cuboid[{0, 0, 1}, {4, 4, d + 1}], Black, Opacity[1], {Dashed, Line[{{2, 2, d + 1.5`}, {2, 2, d + 0.5`}}]},
    Thick, Red, Opacity[1], Arrow[{{-Sin[al], -Sin[al], Cos[al]} + {2, 2, d + 1}, {2, 2, d + 1}}],
    With[{beta$ = ArcSin[Sin[al]/n], x$ = Sqrt[(d^2 - d^2 * (Cos[ArcSin[Sin[al]/n]])^2)/(Cos[ArcSin[Sin[al]/n]])^2]},
     {Thin, Black, Opacity[1], {Dashed, Line[{{2 + x$, 2 + x$, 1.5`}, {2 + x$, 2 + x$, 0.5`}}]}, Thick, Black, Arrow[{{2, 2, d + 1}, {2 + x$, 2 + x$, 1}}]}],
    With[{gama = ArcSin[n Sin[ArcSin[Sin[al]/n]]], x$ = Sqrt[(d^2 - d^2 * (Cos[ArcSin[Sin[al]/n]])^2)/(Cos[ArcSin[Sin[al]/n]])^2]},
     {Orange, Arrow[{{2 + x$, 2 + x$, 1}, {Sin[gama], Sin[gama], -Cos[gama]} + {2 + x$, 2 + x$, 1}}]}], ViewPoint → Front],
  {{al, 0, "úhel"}, 0, Pi/2}, {{d, 1, "hloubka"}, 0, 3}, {{n, 2, "index lomu"}, 1, 3}, {{op, 0.1, "viditelnost"}, 0, 1, 0.05}
 ]
```

Obrázek 4 – ukázka složitostiu kódu

Mathematica umožňuje dodat grafický vzhled ke grafům a proto je část kódu *(na obrázku 4)* přebytečná z pohledu pouhé efektivity.



Obrázek 5 – výsledek lomu paprsku

Ve výsledné podobě je projekt připraven a vhodný ke studiu optiky.

3 Shrnutí

Matematice lze vytknout poněkud nepříjemná syntaxe závorek. Průměrného českého uživatele (nás ne) nutí neustále přepínat mezi českou a anglickou klávesnicí. Samotný zápis je nepřehledný. Při práci s grafikou (Lom paprsku) se nám na konci příkazů kumulovaly závorky a ztěžovalo to eliminaci chyb. I přes tyto malé neduhy si lze na syntaxy Matematicy zvyknout a po zorientování využívat její mnohé klady. Výhodou je ohromná databáze příkladů a řešených programů, ze kterých se lze snadno poučit a inspirovat.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali našemu PAS guru Dr. Ing. Milanu Šiňorovi. Také děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi Csc. Děkujeme obrům, na jejichž ramenech jsme stáli. V neposlední řadě FJFI ČVUT.

Reference:

[1] Mathematica Wolfram 7: *http://www.wolfram.com/ červen 2010*

[2] Mathematica Wolfram 7 Documentation Center

[3] Mathematica Demonstration Project *http://demonstrations.wolfram.com/* červen 2010

[4] BAHAA E. A. SALEH A MALVIN CARL TEICH, *Základy fotoniky 1,* MATFYZPRESS, rok 1994, strany 30–31 a 139–142

Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

I. Turčan
Gymnázium, Vyškov
IgorTurcan@seznam.cz

M. Jelínek
Gymnázium Třebíč
Martin.Jelenek@seznam.cz

Abstrakt:

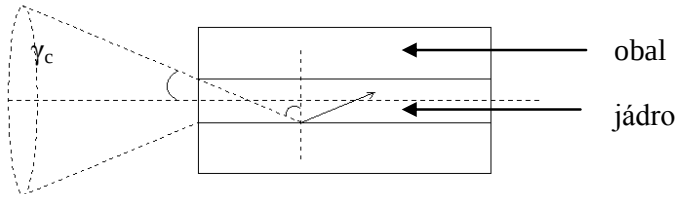
V této práci jsme se věnovali určení délky, útlumu a dalších charakteristik optických vláken pomocí metody optické reflektometrie, která nachází uplatnění například v telekomunikacích. Metoda se využívá pro zjištění místa poškození nebo přerušení optického vlákna. Experiment jsme prováděli na dvou typech optických vláken. Bylo zjištěno, že každý typ optického vlákna se vyznačuje různými parametry a tudíž vyžaduje specifické nastavení přístroje.

1 Úvod

Obsahem naší práce bylo změřit délku, útlum a další parametry dvou neznámých vláken rozdílného typu. Měřili jsme pomocí přístroje Mini-OTDR E6000C značky Agilent. Cílem práce bylo se seznámit s metodou časově rozlišené reflektometrie (OTDR), jejím využitím v praxi, měřením charakteristik optických vláken a diskuzí o vlivu nastavení přístroje na naměřené výsledky.

2 Teorie

Optické vlákno (OV) je válcový dielektrický vlnovod, zhotovený nejčastěji z křemenného skla nebo plastu. Skládá se z jádra, jímž se šíří světlo pomocí totálních odrazů, a obalu. Světlo se do jádra optického vlákna naváže jen tehdy, pokud vstupuje pod definovaným, pro každé vlákno charakteristickým úhlem, který lze odvodit z numerické apertury NA, [1]



Obrázek 1 – Vstupní kužel pro navázání světla do vlákna [2]

$$NA = n_0 \sin \gamma_c = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (1)$$

kde n_0 je index lomu prostředí, ze kterého světlo vniká do OV, γ_c je úhel charakterizující vstupní kužel pro navázání světelného paprsku do jádra OV.

Světlo v OV ovlivňují i další parametry. Jedná se například o optický útlum, způsobený nehomogenitami materiálu, absorpcí, rozptylem nebo reflexí,

$$A_\lambda = 10 \log \frac{P_0}{P} \quad (2)$$

kde A_λ je ztráta světla na dané vlnové délce, P_0 je vstupní a P výstupní intenzita světla po průchodu daného optického vlákna.

Dalším jevem, který lze studovat u OV je počet vidů. Vidy jsou zjednodušeně řečeno paprsky vedené vláknem. Rozlišujeme jednovidová a mnohavidová OV.

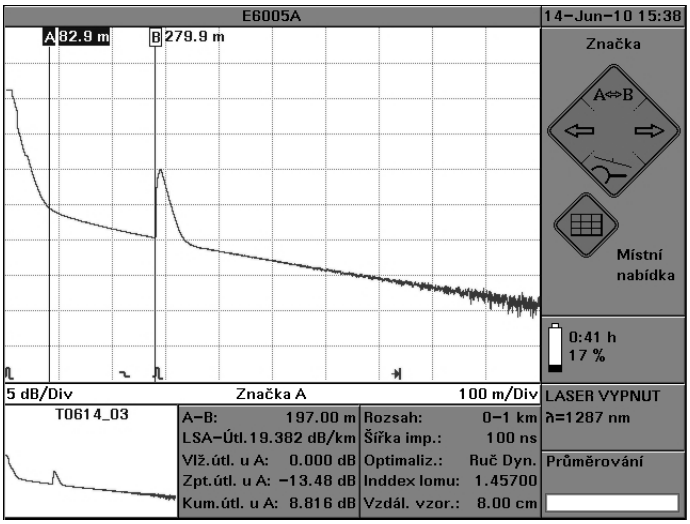
Metoda OTDR je metodou zpětného rozptylu. Umožňuje měřit časové zpoždění mezi krátkým světelným impulsem vnikajícím do vlákna a zpětně rozptýleným světelným signálem. Výhodou této metody je, že pro její využití nám postačí pouze jeden konec OV.

3 Průběh měření

Po vložení vlákna do „rychlokonektoru“ jsme konektor zapojili do zdroje světla v OTDR jednotce. Přístroj, se kterým jsme pracovali, nám umožňoval veškeré hodnoty a grafy přímo odečítat z displeje.

Používané optické vlákno č. 1 bylo typu PCS (polymer clad silica) s průměrem jádra 200 µm a obalu 280 µm, index lomu jádra byl 1,457 a obalu 1,443. Naproti tomu vlákno č. 2 bylo křemičitého typu s průměrem jádra 50 µm a obalu 125 µm.

Celý průběh měření vyžadoval maximální čistotu konců vláken, protože jakékoliv nečistoty by znehodnotily výsledky.



Obrázek 2 – Obrazovka Mini-OTDR E6000C s vypočítanými veličinami

Na obrázku je vidět graf, ze kterého jsme získávali veškeré potřebné údaje. Na začátku jsou patrné ztráty na vstupu (konektor) a zhruba po 280 m dochází k odrazu paprsku od konce vlákna zpět na detektor. Tato dvě lokální maxima se nazývají Fresnelovy reflexe a značí začátek a konec vlákna.

4 Výsledky

Zjišťovali jsme délky obou vláken pomocí různých šířek impulsů – 10, 30 a 100 ns. Při vlnové délce λ=850 nm jsme došli k těmto výsledkům. Vlákno č. 1 mělo délku 751 m s odchylkou 0,3 % a měrný útlum 13,5 dB/km s odchylkou 2,3 %. Vlákno č. 2 mělo délku 232 m s odchylkou 0,8 % a měrný útlum 18,6 dB/km s odchylkou 8,1 %.

U vlákna č. 1 jsme zjišťovali další charakteristiky: NA vlákna je 0,2 z čehož vyplývá, že $\gamma_c = 11°37'$. Při vlnové délce λ=850 nm se jádrem vlákna šíří přibližně 8858 vidů. V případě odstranění polymerního obalu vlákna by se při téže vlnové délce zvýšil počet vidů na přibližně 221 453 vidů. Pokud bychom chtěli docílit, aby dané vlákno při neměnných vlastnostech (NA, λ) bylo jednovidové, muselo by mít průměr 2,125 µm.

5 Závěr

Z měření vyplývá, že v našem případě je OTDR metoda přesnější na delším vlákně, což však může být způsobeno větším průměrem vlákna a z toho vyplývajícím efektivnějším navazováním světla. Šířky impulsů neměly na výsledky měření délky a útlumu žádný vliv.

Poděkování

Na tomto místě bychom rádi poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze za organizaci prvního Týdne vědy. Dále bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Ing. Janu Aubrechtovi za veškerou výpomoc a spolupráci.

Reference:

[1] SALEH, B. E. A. – TEICH, M. C.: *Základy fotoniky*, Matfyzpress, Praha, 1994

[2] www.rhyshaden.com/images/cabst_7.gif

Difrakce elektronů v krystalech a zobrazení atomů

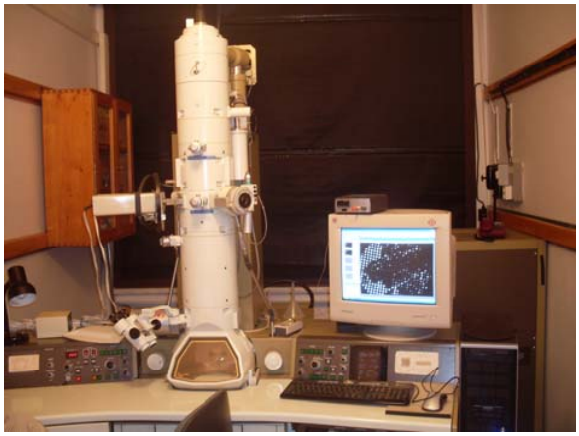
Ondřej Ticháček, PORG, ondrejtichacek@gmail.com
Eva Korytiaková, Gymnázium Nové Zámky, korpal@pobox.sk

Abstrakt:

Jak vypadá vnitřek hmoty? Lze spatřit krystalovou mřížku nebo dokonce i samotné atomy? Možnost nahlédnout do vnitřku hmoty byla vždy touhou mnohých lidí, ale až v posledních desetiletích se podařilo sestrojit přístroje, které to umožňují. Vedle rentgenové strukturní analýzy, řádkovací tunelové mikroskopie existuje ještě mnoho způsobů jak na tyto otázky odpovědět. Jednou z nich je transmisní elektronová mikroskopie, bez které si v současnosti výzkum není možné představit.

Úvod

Jednou z nejlepších metod jak se podívat dovnitř hmoty a vidět její krystalové uspořádání je v současné době transmisní elektronová mikroskopie (TEM). Ta umožňuje pomocí elektronové difrakce studovat upořádání atomů v krystalové mřížce a v některých případech i analyzovat chemické složení. To celé v měřítku od několika mikronů až po atomové rozlišení, ve zvětšení od 2 000× až 20 000 000×.



Obr. 1 Transmisní elektronový mikroskop (TEM)

Transmisní elektronový mikroskop

Pohled do historie TEM

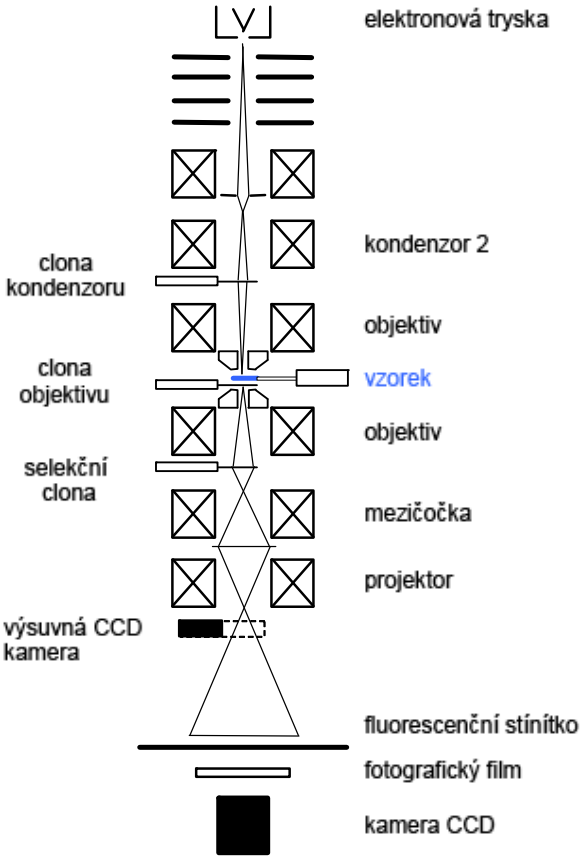
První transmisní elektronový mikroskop byl vynalezen v letech 1931-34. Do té doby byl nejlepší metodou pozorování struktury látek mikroskop světelný, který byl limitován rozlišovací schopností do 0,25 μm. Již první TEM tuto schopnost překonal se svojí rozlišovací schopností 50 nm, v současné době je možné s nejlepšími přístroji dosáhnout rozlišení pod 0,1 nm, což umožňuje zobrazení atomů. Původním záměrem bylo studium virů, v biologii a lékařství se TEM používá dodnes.

Využití TEM

Kromě zobrazování TEM umožňuje pomocí difrakce určit i strukturu krystalů. Dalším využitím je analýza chemického složení látky. K tomu je potřeba, aby byl mikroskop vybavený detektorem rentgenového (RTG) záření nebo spektrometrem ztrát energie elektronů. Podle charakteristického RTG záření nebo ztrát energie elektronů je možné ve vzorku detekovat všechny prvky kromě vodíku a helia. Pro nás nejpodstatnější využití je v materiálovém výzkumu, ovšem jen pro pozorování vzorků prosvětlitelných elektrony, tj. o tloušťce okolo 200 nm.

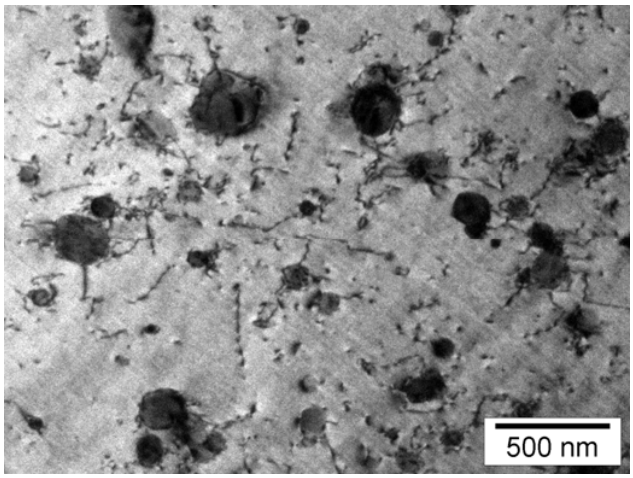
Princip funkce mikroskopu

Na rozdíl od světelného mikroskopu, kde je vzorek zkoumán prostřednictvím světla o vlnové délce 400-750 nm, v TEM je místo proudu fotonů používán svazek urychlených elektronů. Na velikosti urychlovacího napětí závisí jejich vlnová délka. Při urychlovacím napětí 200 kV mají elektrony vlnovou délku 0,0025 nm a jejich rychlost odpovídá 0,7 rychlosti světla *c*. Je nutné tedy uvažovat i relativistickou korekci [1]. Vzorek, který je možno zkoumat v TEM, musí být v podobě tenké folie tak, aby jím elektrony mohly procházet. Je nutné, aby v celém mikroskopu bylo vysoké vakuum, nedochází pak k nežádoucímu rozptylu elektronů na molekulách vzduchu.



Obr. 2 Schematický nákres TEM

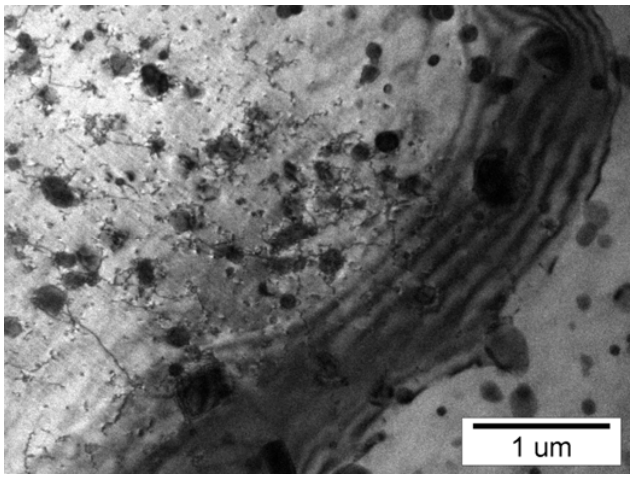
Elektrony produkované elektronovou tryskou (buď z wolframového vlákna nebo z krystalu hexaboridu lanthanu) urychlené akceleračním napětím procházejí osvětlovací soustavou (většinou složenou ze dvou kondenzorů), dopadají na vzorek a vstupují do zobrazovací soustavy. Ta obraz zvětšuje a promítá ho na fluorescenční stínítko, fotografickou desku nebo videokameru. Na rozdíl od klasického světelného mikroskopu jsou čočky tvořeny magnetickými cívkami.



Zobrazení struktury vzorku pomocí TEM

Kromě studia struktury krystalické mřížky umožňuje TEM sledování vzorku v obrazovém módu. Toto zobrazování slouží k pozorování mikrostruktury a krystalových poruch sledovaného materiálu při zvětšení až stovek tisíc krát.

Obr. 3 Slitina Al-Mn-Zr, zvětšení 50 000× (Černé skvrny jsou částice obsahující příměsové prvky (Fe, Si, Mn, Zr), dále jsou vidět krátké černé čárky - dislokace (čarové krystalové poruchy).



Obr. 4 Slitina Al-Mn-Zr, zvětšení 30 000×

Hranice zrn v polykrystalu se zobrazuje jako střídavé tmavé a světlé proužky.

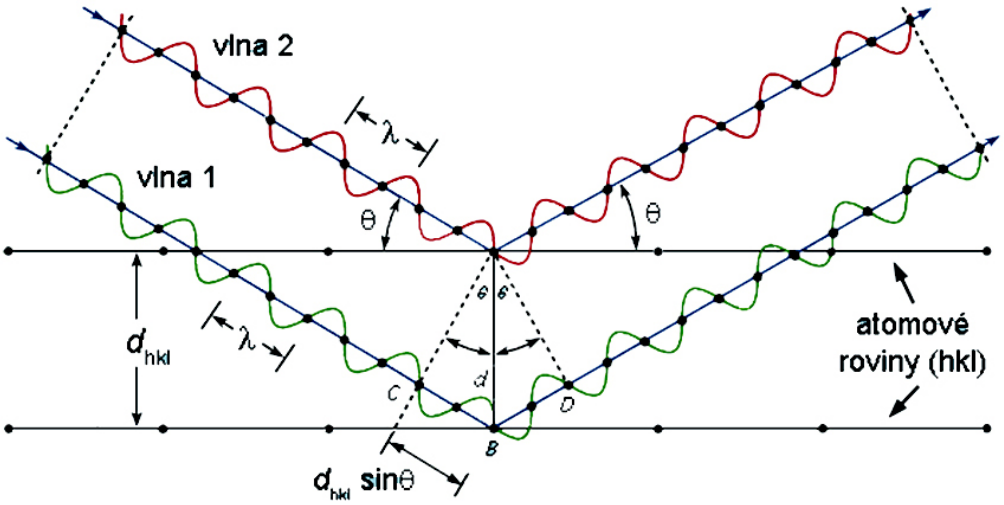
Difrakce

Definice

Je-li zkoumaný materiál krystalický, dochází na příhodně orientovaných krystalových rovinách k difrakci elektronů [2]. Difrakce je interferenční jev, který vzniká například při dopadu vln spojených s elektrony na krystalovou mřížku. Každý atom pak působí jako druhotný zdroj vlnění. Vlnění interferuje a vznikají interferenční maxima a minima. Maxima se projevují jako světlé body na stínítku. To jak se difrakce zobrazí na stínítku, přímo souvisí s typem a upořádáním krystalové mřížky. Úhel, pod kterým dochází k difrakci, určíme podle Braggova zákona:

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

kde d_{hkl} je vzdálenost mezi difraktujícími rovinami v krystalové mřížce, θ je úhel mezi směrem dopadajícího záření a difraktujícími rovinami, λ je vlnová délka a n řád interference.



Obr. 5 Grafické znázornění Braggovy rovnice

Typy krystalové mřížky

Na to abychom určili typ uspořádání atomů v krystalech, potřebujeme znát, jaké typy krystalových struktur existují. U kubických krystalů rozlišujeme 4 typy struktur:

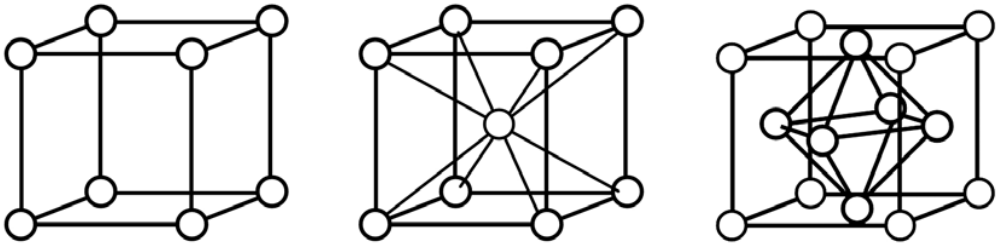
a) prostá (v ní připadá 1 atom na elementární buňku (EB))

b) prostorově centrovaná (2 atomy/EB)

c) plošně centrovaná (4 at/EB)

d) diamantová mřížka (8 at/EB),

z nichž jsme pozorovali první tři (Obr. 6).



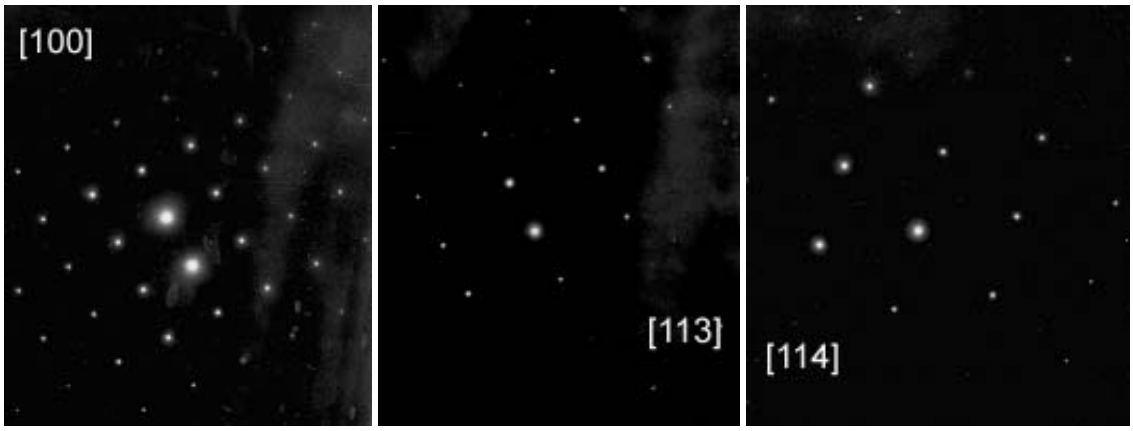
(a) (b) (c)

Obr. 6. Elementární buňky studovaných kubických struktur: a) prostá, b) prostorově centrovaná, c) plošně centrovaná

Výsledky

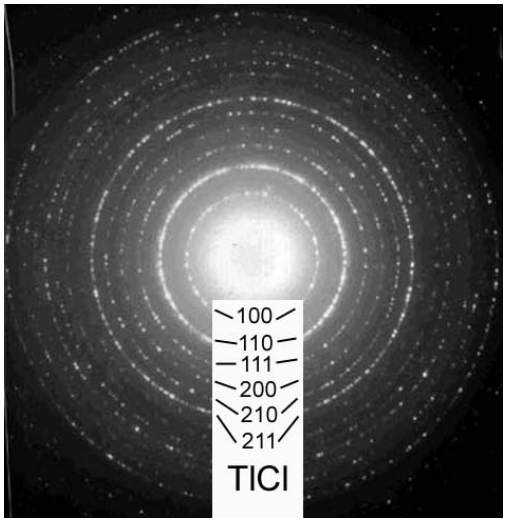
Naše práce spočívala ve vyhodnocení fotografií difraktogramů různých kubických struktur. Ze snímků kubického plošně centrovaného monokrystalu zlata jsme měli za úkol zjistit, jak byl krystal orientován vůči dopadajícímu svazku elektronů. Postupovali jsme následovně: Spojnicemi světlých bodů (reflexí) jsme vedli přímky a potom měřili úhly mezi těmito přímkami. Na základě úhlů a poměrů vzdáleností jednotlivých reflexí (interferenčních maxim) jsme s pomocí tabulek bodových difraktogramů určili orientaci krystalu.

Směry svazku elektronů dopadajícího na krystal [100], [113] a [114] jsou vyznačeny přímo na fotografiích difraktogramů na obrázku 7.



Obr. 7. Bodové difraktogramy monokrystalu zlata v orientacích [100], [113] a [114].

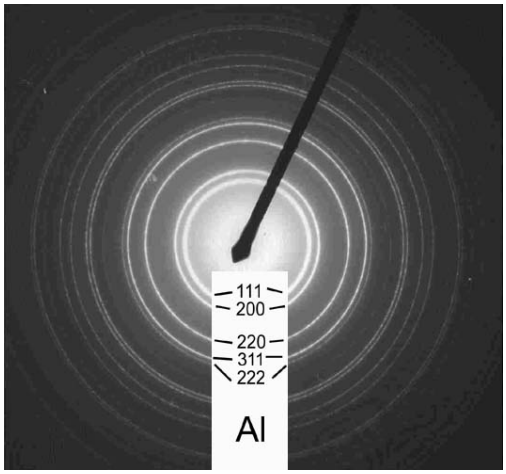
Naším druhým úkolem bylo z difraktogramů polykrystalů zjistit, o jakou krystalovou strukturu se jedná. Na rozdíl od monokrystalů polykrystaly způsobují vznik kroužkových difraktogramů, protože se skládají z mnoha náhodně orientovaných monokrystalů. Monokrystaly zaujímají naprosto libovolné orientace vůči svazku, a proto jsou zastoupeny všechny Braggovy úhly rovnoměrně. Difraktogram tedy pak vypadá jako soubor soustředných kružnic. Na určení konkrétní krystalografické soustavy jsme použili vzájemný poměr průměru první a *n*-té kružnice, mezirovinových vzdáleností, které jsme porovnali s tabulkovými hodnotami.



$$D_n^2 / D_1^2 = (h_n^2 + k_n^2 + l_n^2) / (h_1^2 + k_1^2 + l_1^2)$$

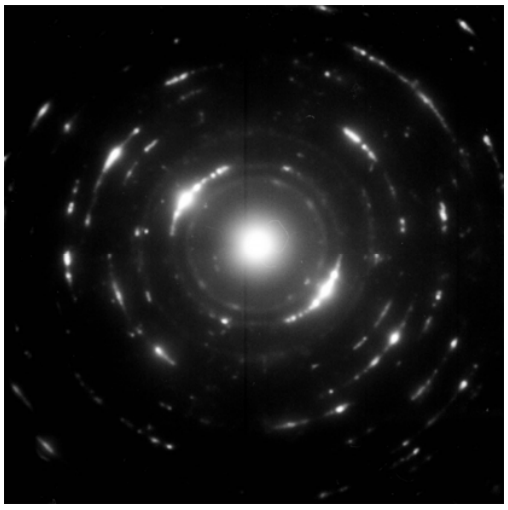
Kde D_1 (D_n) je průměr kružnice zobrazené na difraktogramu, *h*, *k*, *l* jsou Millerovy indexy, které označují krystalové roviny jejich mezirovinné vzdálenosti.

Obr. 8 Difraktogram polykrystalu TlCl, kubická prostá struktura



V určitých krystalových strukturách dochází k vyhasínání tzv. zakázaných reflexí. Tento jev je způsobený destruktivní interferencí vlnění a projevuje se jako vynechání některých reflexí. U monokrystalů jsou vynechány body a u polykrystalů celé kružnice.

Obr. 9 Difraktogram polykrystalu Al, kubická plošně centrovaná struktura



Obr. 10 Difraktogram polykrystalu Fe, kubická prostorově centrovaná struktura.

Závěr

Seznámili jsme se zajímavými technikami užívanými pro výzkum struktury materiálů. Dokázali jsme s poměrně velkou přesností určit typy krystalové struktury u jednotlivých difraktogramů. Získali jsme hodně nových zajímavých informací z teorie krystalografie, jako jsou například Millerovy indexy, Braggova rovnice a strukturní faktor. Nejdůležitější pro nás bylo detailní seznámení s mikroskopem TEM a pochopení difrakčních zákonů, které nám umožnily nahlédnout do vnitřku hmoty.

Poděkování

Děkujeme především supervizorovi našeho miniprojektu, Miroslavu Karlíkovi, za laskavý přístup a obrovskou míru trpělivosti. Děkujeme také organizátorům Týdne vědy za poskytnutí možnosti zúčastnit se této zajímavé akce.

Reference

[1] KARLÍK, M.: *Pohled na atomy: vysokorozlišovací elektronová mikroskopie.* Rozhledy matematicko-fyzikální, 1995, s. 215-222.

[2] KARLÍK, M.: *Transmisní elektronová mikroskopie: pohled do nitra materiálu.* Československý časopis pro fyziku, 2005, s. 457-464

Mikroskopy v materiálovém výzkumu

Jan Jetenský
Gymnázium Český Brod, Vítězná 616, Český Brod
JanJetensky@seznam.cz

Abstrakt:

Mikroskopy (optické i elektronové) hrají v materiálovém výzkumu významnou roli, protože umožňují nahlédnout do struktury materiálu. Studium struktury je nezbytné pro vývoj nových materiálů nebo při odhalování poruch strojů či konsturkcí. Tato práce se zabývá tím, co lze s pomocí optického a elektronového mikroskopu pozorovat ve struktuře z trubičky ze Zr a Nb, která byla vystavena extrémním podmínkám.

1 Úvod

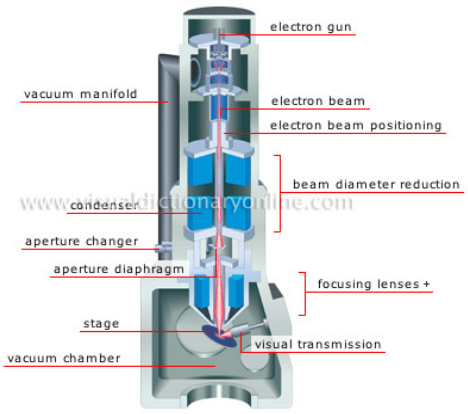
Pokud bychom zašli do minulosti, tak zjistíme, že první mikroskop (česky též drobnohled) sestavil roku 1590 Nizozemec Zacharias Jansen. Na jeho práci navázalo mnoho slavných jmen, například Galileo Galilei. Sériová výroba mikroskopů byla zahájena roku 1847 ve firmě Carl Zeiss.
Elektronový mikroskop se objevil roku 1931 v Německu a jeho autorem byl Ernst Ruska. Již roku 1933 dosáhly tyto mikroskopy stejných výkonů jako optické a brzy je předhonili. A jejich náskok trvá dodnes. Zatímco optická zařízení dosahují maximálního zvětšení 2000x (poté narážíme na hranice fyzikálních zákonů), elektronové mikroskopy zvládají běžně zvětšení až 1 000 000x. Mikroskop neslouží pouze k pozorování, ale lze s ním pořizovat snímky toho, co vidíme. U elektronových mikroskopů je navíc možnost připojit různé detektory a tím zjistit mnohé další věci o látce, kterou zkoumáme.

1.1 Mikroskopy

Optický

U tohoto druhu mikroskopu jsou základem čočky, které tvoří objektiv a okulár. Světlo prochází soustavou čoček a my můžeme pozorovat skutečný, zvětšený a převrácený obraz.

Elektronový mikroskop



detektorů se vytváří obraz

Jedná se též o optický přístroj, ale fotony jsou zde nahrazeny elektrony a místo skleněných čoček zde najdeme čočky elektromagnetické. Rozlišujeme dva základní druhy těchto mikroskopů. Transmisní elektronový mikroskop (TEM) zobrazuje vnitřní sturkturu vzorku pomocí prošlých elektronů a rastrovací elektronový mikroskop (SEM) zobrazuje povrch vzorku pomocí odražených či sekundárních elektronů. Zkoumaný vzorek se nachází ve vakuové komoře a seshora jsou na něj z elektronového děla vystřelovány elektrony. Ty mají za úkol projít, odrazit se … podle typu mikroskopu. V dolní části se též nachází soustava detektorů elektronů. Pomocí signálů z těchto

pozorovaného předmětu.

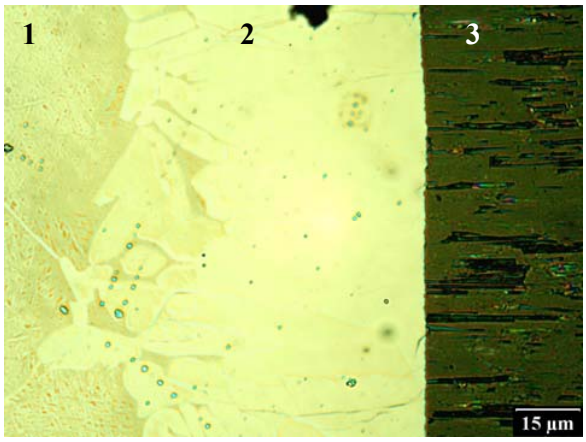
Porovnání optického a elektronového mikroskopu

Vlastnost	**Optický mikroskop**	**Elektronový mikroskop**
Zvětšení	Max. 2000x	1 000 000x
Hloubka ostrosti	Poměrně malá	Velmi dobrá
Barva	Barevné	Černobílé
Atmosféra	Bez omezení	Nutnost vakua
Analýza	Optické vlastnosti	Složení, struktura…

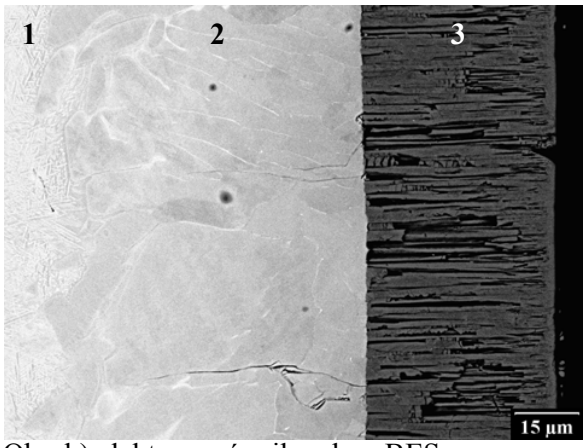
2 Vlastní experimet

Experimentální vzorek

K experimentu jsme použili část zirkoniové trubky (99% zirkonia s 1% příměsí niobu), která se využívá jako obal palivového článku v jaderných elektrárnách. Trubka byla vystavena po dobu 6 minut teplotě 1150°C a následně prudce zchlazena, což vedlo k vytvoření struktury, kterou jsme následně zkoumali. Před pozorováním byl připraven tzv. metalografický výbrus, tj. trubka byla zalisována do pryskyřice a v ní broušena a mechanicky leštěna pomocí roztoku, v kterém byly obsaženy krystalky diamantů. Vzorek jsme analyzovali optickým a elektronovým mikroskopem a z pozorování jsme pořídili snímky, viz obr. a), b),c).



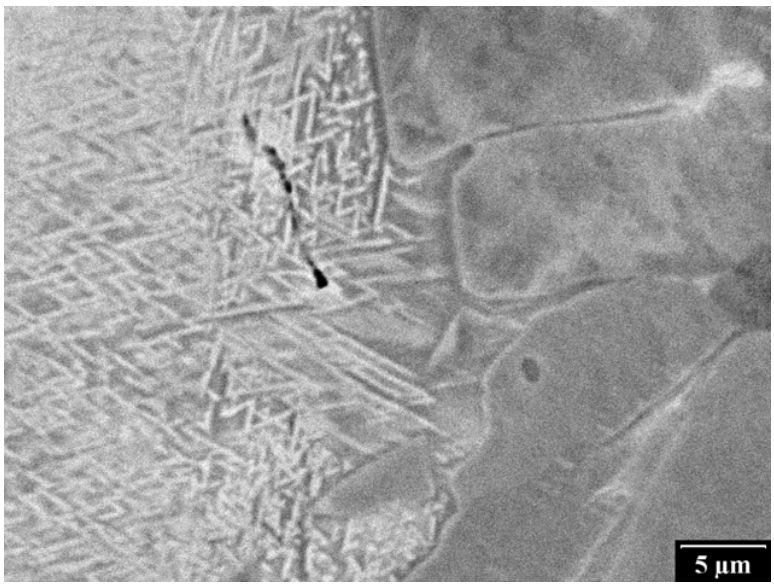
Obr. a) optický mikroskop (nom. zvětš.1000x)



Obr. b) elektronový mikroskop BES

Na snímcích můžeme pozorovat několik oblastí, které se od sebe liší. Směrem zleva pozorujeme: 1) původní β fázi 2) oblast α fáze, která je silně nasycena kyslíkem 3) tmavá oblast je tvořena oxidem zirkoničitým, který se na trubce vytvořil během expozice v páře při vysoké teplotě.

Při zvětšení 3000x lze velmi dobře pozorovat bílé „jehličky“ v původní β fázi vzniklé v důsledku prudkého ochlazení materiálu.



Obr.c) bílé jehličky ve struktuře původní fáze β. (nom. zvětš.3000x)

Během práce se též projevily určité výhody a nevýhody jednotlivých mikroskopů. Jedním z nich je to, že optické mikroskopy nám zobrazují zkoumaný materiál barevně, zatímco z elektronového mikroskopu získáme pouze černobílý obraz. Elektronový mikroskop však dosahuje mnohem větší hloubky ostrosti a lze pomocí něj udělat spektrální analýzu zkoumaného materiálu.

3 Shrnutí

S použitím optického a elektronového mikroskopu se nám podařilo seznámit se s strukturou zirkoniové tyčinky, která vznikla působením velkého zahřátí a následného prudkého ochlazení. Mohli jsme detailně pozorovat povrch a pozorovat děje, které v materiálu nastaly. To je velmi důležité, pokud například potřebujeme zjistit zda určitý materiál vydrží např. vysokou teplotu, nebo jestli se změní, což by mohlo mít za následek destrukci zařízení, které je z tohoto materiálu. Mikroskopy však nacházejí uplatnění i v dalších lidských oborech a i tam přispívají k mnoha objevům, které posouvají (a budou posouvat) lidské vědění.

Poděkování

- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za celý projekt a poskytnuté vybavení
- Ing. Janu Adámkovi za vedení miniprojektu a pomoc při jeho realizaci

Reference:

1)Přispěvatelé Wikipedie, Mikroskop [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2010, Datum poslední revize 11. 05. 2010, 20:37 UTC, [získáno 15. 06. 2010] http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Mikroskop&oldid=5330761

2)Electron microscope. (2010, June 2). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 10:34, June 15, 2010,from: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electron_microscope&oldid=365666434

3)PřispěvatéléWikipedie, Elektronový mikroskop [online], Wikipedie:Otevřená encyklopedie, c2010, Datum poslední revize 15. 05. 2010, 16:01 UTC, [získáno15. 06. 2010] http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektronov%C3%BD_mikroskop&oldid=5346197

4) Google.cz [získáno 15.6.2010], http://visual.merriam-webster.com/science/physics-optics/magnifying-glass microscopes/cross-section-an-electron-microscope.php

RTG fázová analýza

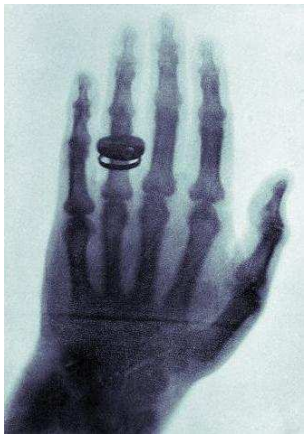
Martin Malý, Gymnázium Českolipská 373, martin.maly@desineo.com
Petr Bezstarosti, Gymnázium Dobruška, kresice1@centrum.cz

Abstrakt:

Cílem našeho pozorování bylo seznámit se s různými možnostmi využití rentgenového záření. Na různých přístrojích laboratoře jsme se mohli přesvědčit o existenci krystalových mřížek, dozvěděli jsme se o jejich struktuře a tvaru. Při hlavním experimentu jsme právě pomocí rentgenové fázové analýzy dokázali identifikovat naprosto náhodně vybraný neznámý vzorek horniny porovnáním s celosvětovou databází vzorků.

1 Úvod

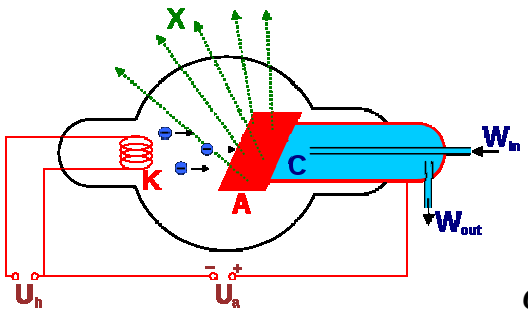
Rentgenové záření bylo náhodně objeveno roku 1895 německým fyzikem Wilhelmem C. Röntgenem a záhy začalo být hojně využíváno ve zdravotnictví. Kromě lékařství se však dá využívat i v jiných oblastech. Roku 1912 fyzikové W. L. Bragg a M. Laue objevili difrakci RTG záření na krystalické mříži a pomocí této difrakce určili strukturu jednoduchých halogenidů. Od jednoduchých halogenidů se časem podařilo určovat i složité polykrystalické látky a určené struktury byly postupně zařazovány do *PDF (Powder Diffraction Files)* databáze [1]. Dnes už čítá databáze *PDF* více než půl milionu vzorků a difrakční analýza se používá v různých oblastech průmyslu i v kriminalistice.



Obrázek 1: *Jeden z prvních rentgenových snímku – ruka Berthy Röntgenové*

2 RTG záření

RTG záření je vysokoenergetické elektromagnetické záření. Záření je generováno rentgenovou lampou. Ta se skládá ze žhavené wolframové katody a anody. Jako materiál anody se používá např. měď, kobalt, železo; my jsme používali chrom. Při připojení vysokého napětí mezi katodu a anodu jsou elektrony emitované z katody urychlovány a prudce naráží na anodu. Nárazem vzniká mimo jiné i samotné rentgenové záření. Vlnové délky RTG záření využívané pro fázovou analýzu jsou řádově desetiny nanometrů.



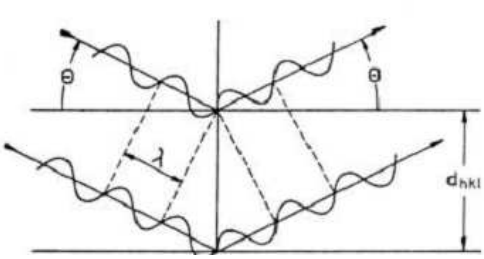
Obrázek 2*: Schéma rentgenové lampy[2]*

3 Braggova rovnice

Strukturu krystalické mřížky tvoří soustavy rovin, které se dají v prostoru uspořádat nekonečně mnoha způsoby. Když na krystalovou mřížku dopadá rentgenové záření, dochází k difrakci – odrazu záření pod stejným úhlem, kterým dopadlo (jako světelné záření na zrcadlo). Vlny difraktované od dvou různých rovnoběžných rovin spolu interferují a je-li splněna podmínka daná Braggovou rovnicí, vzniká interferenční maximum. Braggova rovnice má tento tvar:

$$\lambda = 2\,\mathrm{d}\sin\theta\,, \tag{1}$$

kde λ je vlnová délka rentgenového záření, d je vzdálenost mezi rovinami a θ úhel dopadu záření (Obrázek 3) [3].

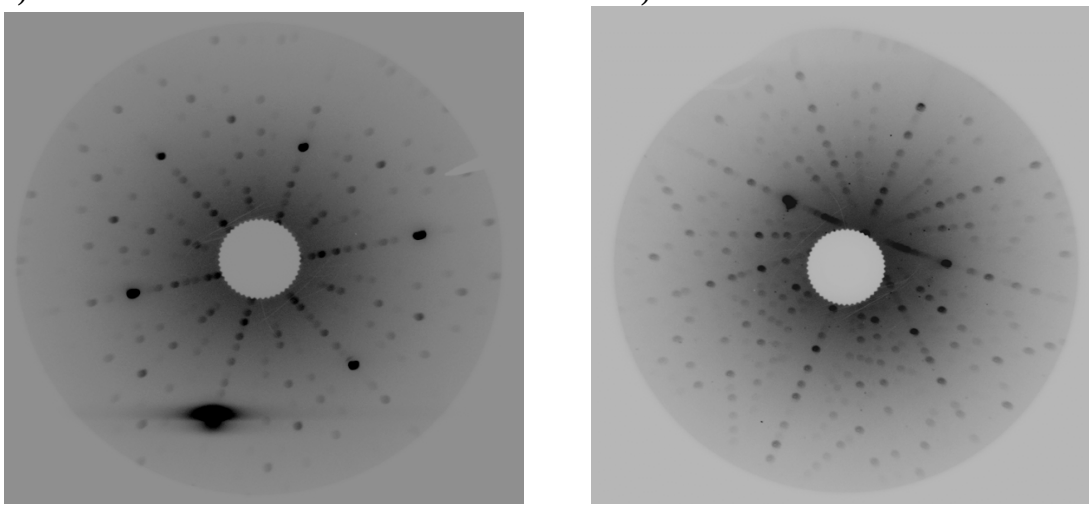


Obrázek 3: *Difrakce RTG záření na dvou sousedních atomových rovinách krystalické mřížky.*

4 Laueho experiment

Jedná se vlastně o první experiment difrakce RTG záření na krystalové mřížce. Při tomto experimentu se používá polychromatické záření, které se rozptyluje na monokrystalu. Záření je detekováno na zpětný odraz na film.

a) b)



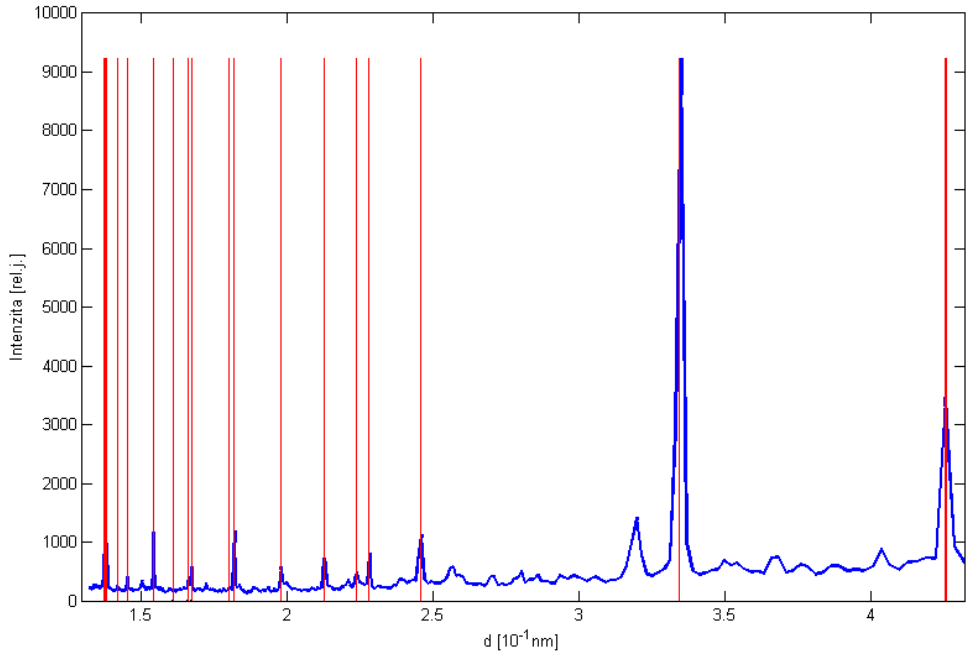
Obrázek 4: *Lauegram a) rovina (111) Si; b) obecná rovina křišťálu SiO_2*

5 RTG fázová analýza

Při experimentu jsme na difraktometru v Bragg-Brentanově uspořádání zkoumali náhodně vybraný vzorek neznámého prášku.
Podmínky měření byly následující:

- chromová anoda (vlnová délka 2,291 Å)
- napětí rentgenky: 30 kV
- proud v rentgence: 24 mA
- skenovaná oblast 2θ: 20º až 120º
- krok skenování Δ2θ: 0,25º
- doba setrvání detektoru v jedné poloze: 5 s
- rotace vzorku v průběhu měření

Výsledkem měření byla závislost intenzity difraktovaného záření na difrakčním úhlu θ. Tato závislost byla přepočítána pomocí rovnice 1 na závislost intenzity na mezirovinné vzdálenosti (viz graf 1).



***Graf 1**: Závislost intenzity difraktovaného záření na mezirovinné vzdálenosti*

Každá krystalická látka je jednoznačně určena souborem mezirovinných vzdáleností ve své krystalové struktuře. Toho lze užít k její identifikaci. Identifikovali jsme v naměřeném spektru polohy peaků a porovnali s databází PDF. Hledaná fáze nám vyšla jako hexagonální SiO_2.

79-1906 Wavelength= 1.54060 C

SiO2

Silicon Oxide

Quartz

Rad.: CuKa1 λ: 1.54060 Filter: d-sp: Calculated

Cut off: 17.7 Int.: Calculated I/Icor.: 4.75

Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)

Ref: Dubrovinskii, L.S., Nozik, Y.Z, Dokl. Akad. Nauk SSSR, 306, 1384 (1989)

Sys.: Hexagonal S.G.: $P3_121$ (152)

a: 4.9134 b: c: 5.4052 A: C: 1.1001

α: β: γ: Z: 3 mp:

Ref: Ibid.

Dx: 2.649 Dm: ICSD # : 067117

Peak height intensity. R-factor: 0.043. PSC: hP9. Mwt: 60.08. Volume[CD]: 113.01.

d(A)	Int	h	k	l	d(A)	Int	h	k
4.2551	148	1	0	0	1.1801	6	3	1
3.3434	999*	0	1	1	1.1530	11	3	1
2.4567	129	1	1	0	1.1406	1	0	2
2.2813	67	1	0	2	1.1182	4	2	2
2.2365	9	1	1	1				
2.1275	37	2	0	0				
1.9797	62	0	2	1				
1.8178	118	1	1	2				
1.8017	3	0	0	3				
1.6717	12	0	2	2				
1.6591	9	0	1	3				
1.6082	11	2	1	0				
1.5415	52	2	1	1				
1.4528	2	1	1	3				
1.4183	1	3	0	0				
1.3820	13	1	2	2				
1.3749	37	2	0	3				
1.3719	24	0	3	1				
1.2879	4	1	0	4				
1.2559	17	3	0	2				
1.2283	6	2	2	0				
1.1998	14	1	2	3				
1.1840	8	1	1	4				

Obrázek 5: *Karta z PDF databáze SiO_2*

6 Závěr

Seznámili jsme se principem RTG difrakce a jejím využitím v základním i aplikovaném výzkumu. Pomocí RTG fázové analýzy jsme určili neznámý prášek jako hexagonální SiO_2.

7 Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu garantovi Petru Sedlákovi a Vojtěchu Svobodovi za organizaci Týdne vědy.

8 Reference

[1] www.icdd.com

[2] http://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgenstrahlung

[3] GIACOVAZZO, C. *Fundamentals of Crystallography*, Oxford University Press, 2002

Termoluminiscenční dosimetrie

Autoři:
T. Svoboda, J. B. Hejduková
Gymnázium Děčín, SPŠ Stavební v Plzni
sv_thomasos@centrum.cz, jana.b.hejdukova@centrum.cz

Abstrakt:

Cílem miniprojektu bylo, nejprve se seznámit s termoluminiscenčním dějem a na základě toho, provést výpočet neznámé dávky vyzářené na termoluminiscenční materiál TLD 100 používaný v osobní dosimetrii.

1 Úvod

Pro zjištění jakékoliv neznámé dávky je nutné vytvořit takzvanou kalibrační křivku, to znamená, že vezmeme totožný dozimetrický materiál a vyzáříme do něj nám známou dávku. Dávku zjistíme tak, že víme, jaký je právě dávkový příkon a materiál necháme ozařovat jen na určitou dobu. Poté zjistíme, jaké hodnoty má určitá dávka a porovnáme s hodnotami naměřenými u neznámé.

2 Termoluminiscence

Některé pevné látky mají vlastnosti, díky kterým je možno měřit velikost dávky, kterou dané látky obdržely. Možnosti, jakými se projevují tyto vlastnosti, jsou různé. Jednou z nich je právě termoluminiscence.

Látky, které jsou termoluminiscenční, mají speciální strukturu. Ta vychází z toho, že tyto látky nejsou zcela homogenní tudíž, mají jisté strukturní nepravidelnosti, které způsobují stopové příměsi jiných prvků. V těchto nepravidelnostech, které nazýváme elektronové pasti, se zachytávají elektrony uvolněné ionizujícím zářením. Elektrony buď spadnou okamžitě na své původní místo, nebo se zůstanou v pastech. Po zahřátí (proto termoluminiscence) část těchto elektronů přechází do tzv. luminiscenčních center, kde se zbavují energie, která se vyzáří ve formě viditelného světla (luminiscence). Světlo neboli termoluminiscenční odezva, je do jisté míry úměrné obdržené dávce.

Termoluminiscence se používá nejen v osobní dosimetrii, dosimetrii životního prostředí, ve zdravotnictví na radioterapeutických pracovištích, ale také při datování archeologických a geologických nálezů.

3 Měření

Pomůcky

Ozařovaný materiál: dosimetry s označením TLD 100 (což znamená: aluminiumfosfátové skleněné „pecky“ tloušťky 1mm a průměru cca 4mm).

Jako ozařovací komora byl použit přístroj GammaCell 220 (220 zdrojů gama záření od zářiče ^{60}Co), s aktuálním příkonem 64,45Gy.

Měřícím přístrojem byl Harshaw LTD 3500, ze kterého jsou data automaticky stahována a zapisována do pc se softwarem WinREMS.

Ozařování dosimetrů

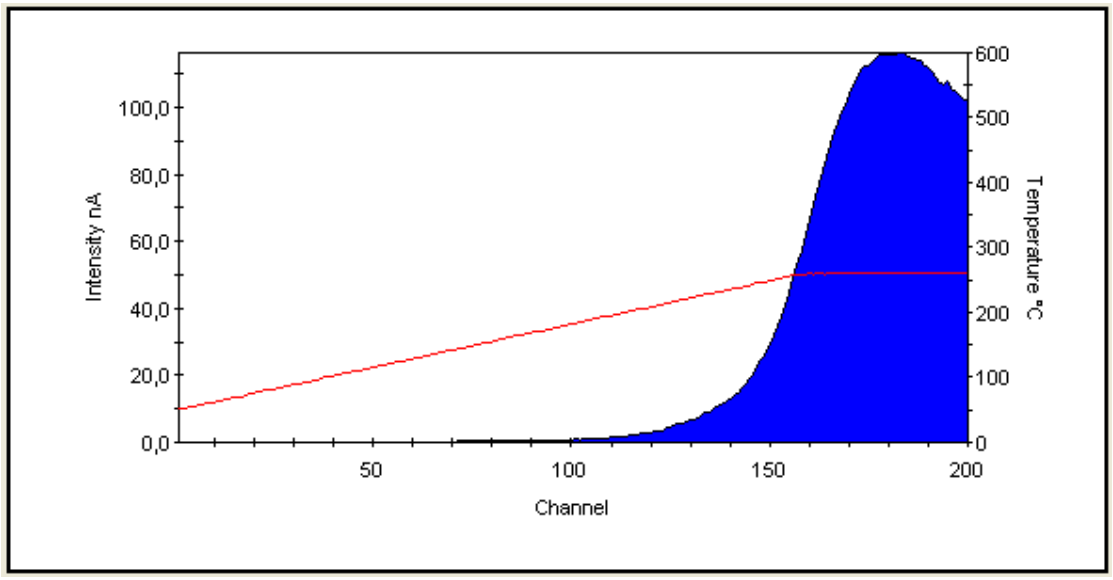
Pro stanovení neznámé dávky je nutné, zjistit jakou termoluminiscenční odezvu mají dávky známé. Pro každou dávku jsme použili 7 dosimetrů. Vzhledem k aktuálnímu příkonu ozařovacího přístroje (64,45Gy/h) jsme si určili časové délky jednotlivých ozařování následovně:

Dávka [Gy]	Čas [s]
1	55,8
2	111,7
3	167,6
4	223,5

Všechny vzorky jsme ozařovali najednou a vždy po uplynulém čase jsme vyjmuli příslušné vzorky. Skupinu X jsme nazářili dávkou v rozmezí od 1 do 4Gy.

Měření

Na začátku měření jsme provedli kalibraci, ta je nutná i po každém desátém měření. Poté jsme postupně vkládali jednotlivé dosimetry. Proces měření začíná zchlazením podložky, na kterou se umisťují dosimetry, v přístroji. Pokračuje se zadáním identifikace dosimetru, který bude měřen do měřícího softwaru a jeho vložením na podložku. Následně, po uzavření měřicího přístroje, je dosimetr dle předem dané teplotní křivky zahříván. Při zahřívání je měřena termoluminiscenční odezva dosimetru. Kde TL. odezva je plocha pod křivkou (na obrázku šedá plocha) a udává se v Coulombech [C].

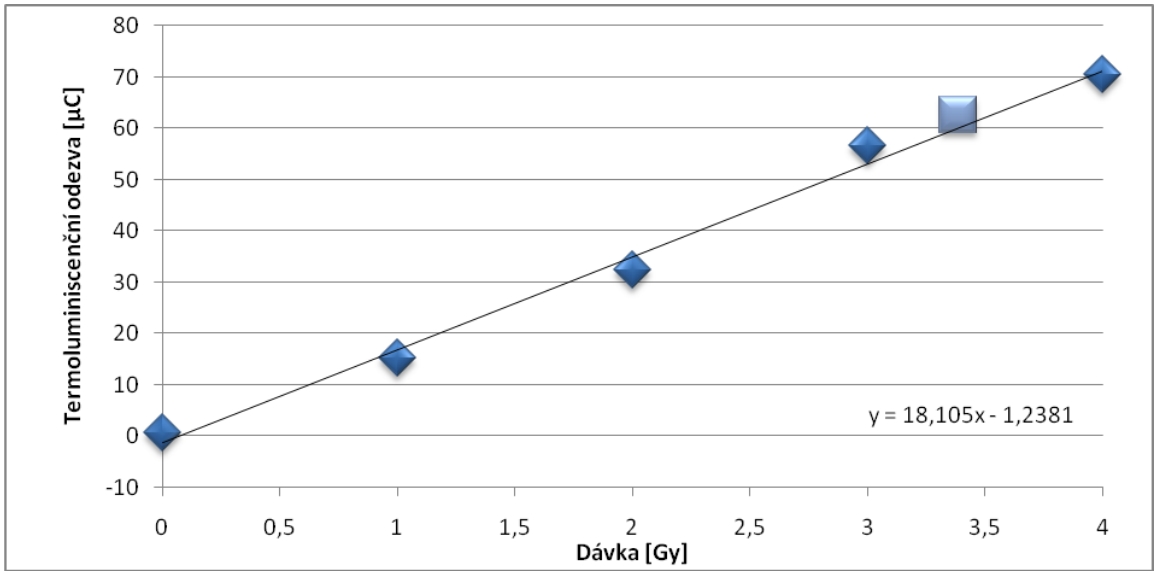


Obr. 1: Křivka termoluminiscenční odezvy

Zpracování výsledků

Jak již bylo řečeno, jednou dávkou bylo ozářeno vždy sedm dosimetrů. Z každého jsme dostali termoluminiscenční odezvu. Hodnoty jsme pro každou dávku zprůměrovali a

následně vynesli do bodového grafu, který jsme proložili směrovou přímkou což je vlastně hledaná kalibrační křivka.



Ze směrnice kalibrační křivky lze dopočítali velikost dávky. Vzhledem k nepřesnosti měření je třeba dále vypočítat směrodatnou odchylku rozptýlení kolem kalibrační křivky, neurčitost směrnice, směrodatnou odchylku stanovení TL odezvy. Z těchto veličin lze stanovit chybu měření.

Velikost dávky jsme určili jako 3,38590997Gy. Odchylku jsme stanovili jako ± 0,93911022Gy což je přibližně 30% celkové dávky. Z čehož vyplývá, že neznámá dávka byla někde od 2,4468Gy do 4,32502019Gy.

4 Shrnutí

V průběhu miniprojektu jsme se seznámili s metodou termoluminiscenční dosimetrie. Sestrojili jsme kalibrační křivku, potřebnou k dopočítání neznámé dávky a tuto dávku jsme následně určili. Přesnost měření byla ± 30%, což poměrně uspokojivý výsledek, vzhledem k tomu, že jsme se tímto problémem zabývali poprvé.

Poděkování

Naše poděkování směřuje především k našemu supervizorovi Ing. Jiřímu Martinčíkovi, za neuvěřitelnou trpělivost, ochotu, za všechny rady a nápady.

Dále bychom chtěli poděkovat týmu TV@J 2010 za organizaci akce.

Reference

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

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

Rengenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

Helena Brandejská
Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora
brandejskahelena@seznam.cz

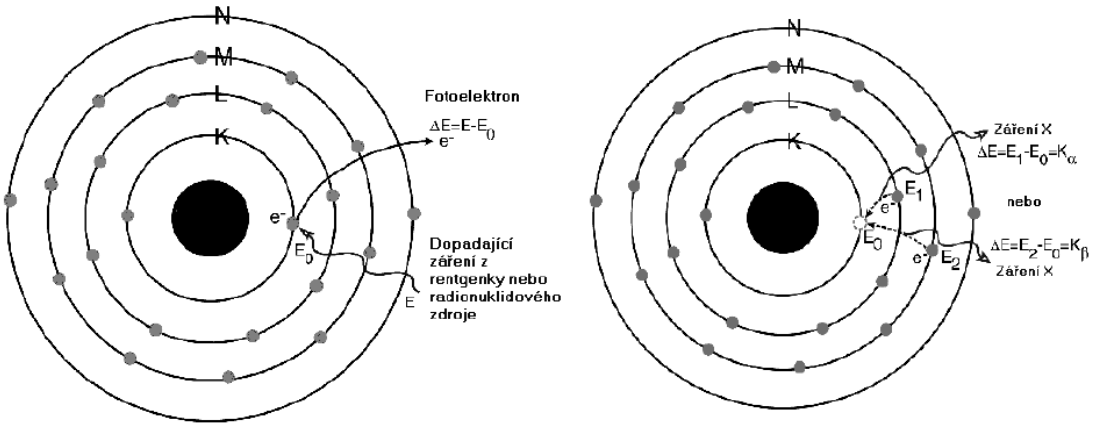
Josef Novák
Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora
novak16josef@seznam.cz

Michal Unzeitig
ZŠ Dr. Hrubého, Šternberk
mi.unzeitig@centrum.cz

Abstrakt:
Radionuklidová rengenfluorescenční analýza (dále jen RFA) je metodou využívající charakteristické záření **X**, které vybudí elektrony prvku ve zkoumaném vzorku. Tato metoda se pro svou jednoduchost a rychlost využívá v mnoha odvětvích lidské činnosti, např. při zkoumání historických předmětů, složení slitin atd. V naší práci jsme se nezabývali pouze historickými předměty (medailon z doby Marie Terezie), ale i předměty soudobými.

1 Úvod

RFA je metodou využívající charakteristického záření **X**. Při něm dochází k odstřelování elektronů v K a L orbitalu prvku fotony vhodných radionuklidů. Mezera vzniklá po tomto odstřelování se zaplní elektrony z vyšší slupky (Obr.1). Při tomto ději dojde k emisi charakteristického záření, které je pro každý prvek z periodické tabulky specifické. Právě toto záření zachycujeme detektorem a z naměřených spekter jsme schopni určit výsledné složení vzorku. Celé měření je ovlivňováno i dalšími procesy, které mohou znepřesnit či znemožnit stanovení prvkového složení předmětu.



Obr. 1: Princip rentgenfluorescenční analýzy

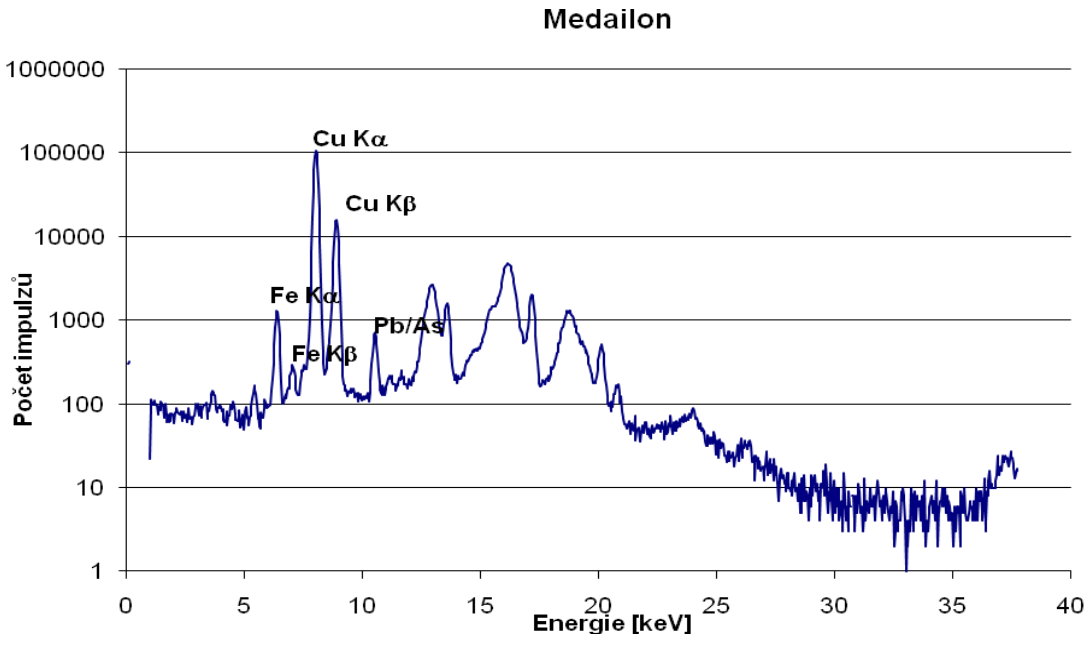
2 Průběh měření

2.1. Teorie

Vzorek jsme ozařovali radionuklidovým zdrojem (^{238}Pu) a vzniklé vybuzené záření bylo zachycováno polovodičovým detektorem chlazeným dusíkem. Detektor zaznamenané absorbované záření převedl na elektrické impulsy, a tak jsme získali výsledné spektrum.

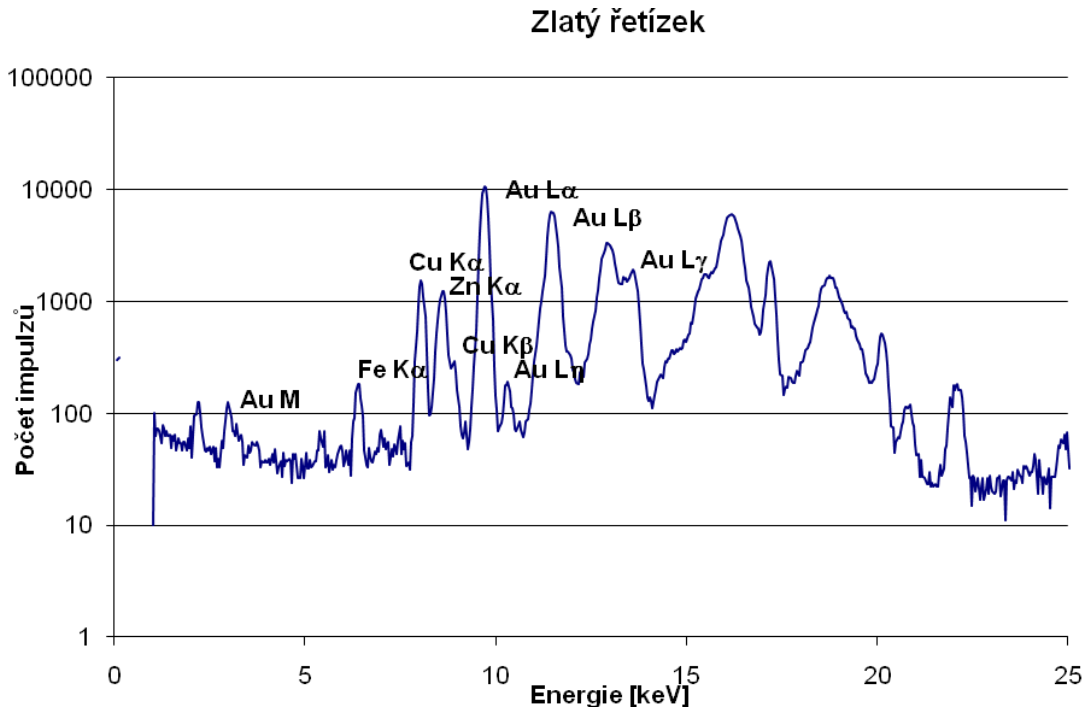
2.2. Výsledky analýzy

2.2.1. Medailon



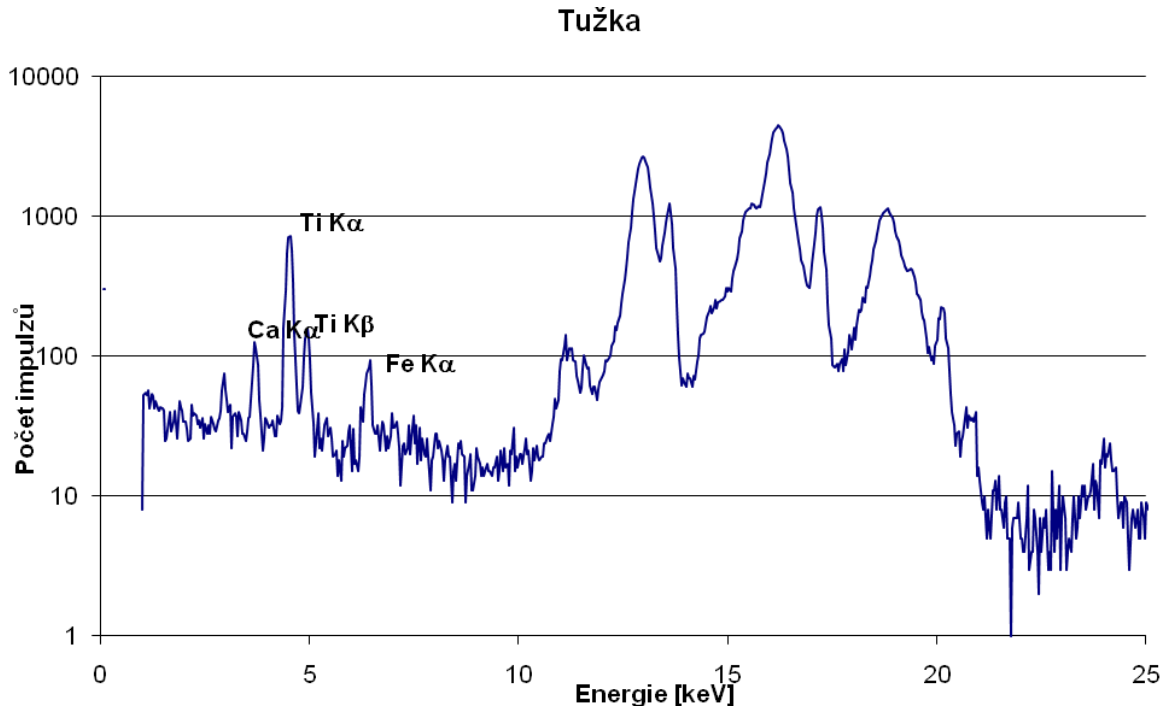
Graf 1: Medailonek z doby Marie Terezie (Obr. 1) byl na svém povrchu pokryt silnou vrstvou měděnky. Díky tomu můžeme vidět vysokou hodnotu naměřené mědi.

2.2.2. Zlatý řetízek



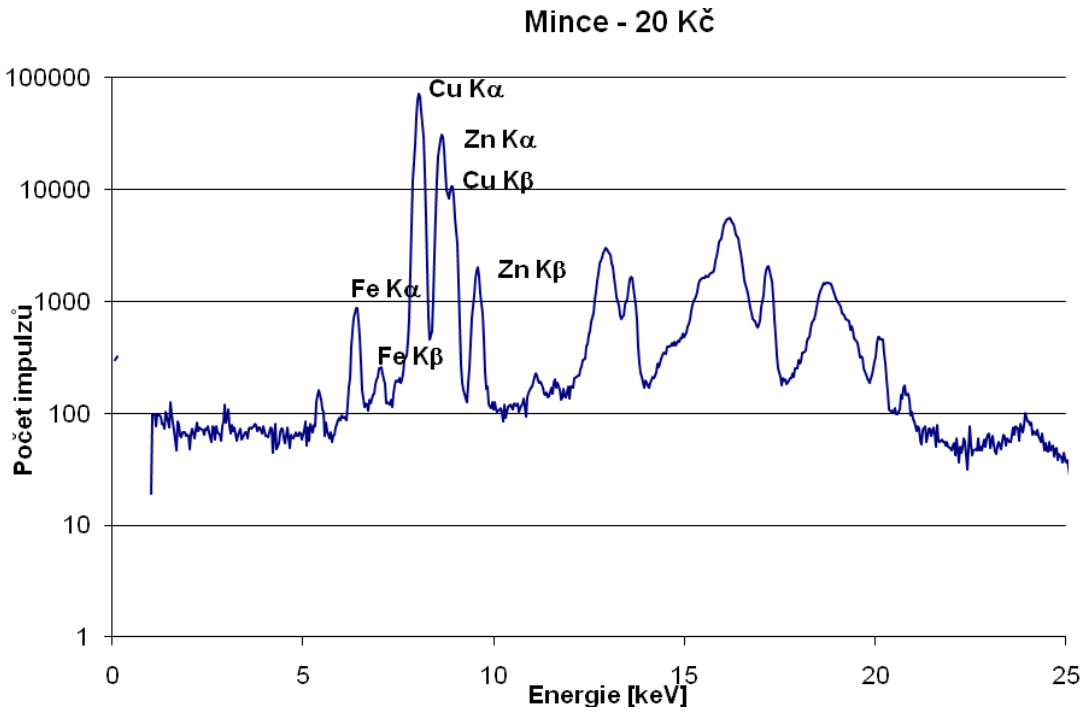
Graf 2: 14-ti karátový řetízek obsahuje kromě zlata i další příměsi, jako je měď a nebo zinek.

2.2.3. Centropen



Graf 3: Tužka na první pohled překvapivě obsahuje velké množství titanu, ten se ale běžně používá při výrobě bílých plastů, jako oxid titaničitý.

2.2.4. Dvacetikoruna

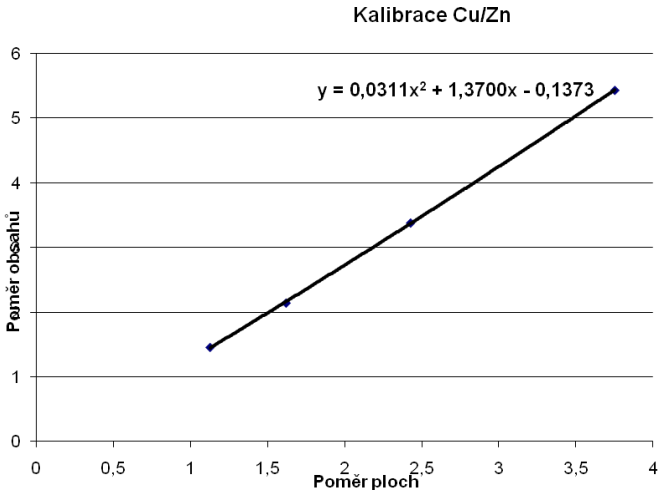


Graf 4: Dvacetikorunová mince (Obr. 2) je složená z mědi a zinku.

2.2.5. Mosazné standardy

Měřením jsme zjistili plochy příslušných píků, z nich vypočítali obsahy zinku a mědi v mosazných standardech a získali tak jejich poměry (Graf 5).

Stejným způsobem jsme zjistili poměr ploch zinku a mědi ve dvacetikoruně a z toho jsme dopočítali obsahy těchto prvků. Zjistili jsme, že poměr Zn:Cu je 1:3 (viz. Tab.1)



Graf 5: Graf a rovnice kalibrace Cu:Zn

Standard	plocha Zn	plocha Cu	obsah Cu	obsah Zn	poměr ploch Cu/Zn	poměr obsahu Cu/Zn
300b	385953	436055	58,7	40,2	1,13	1,46
301b	300797	487775	66,85	31,15	1,62	2,15
302b	213207	517586	72,75	21,5	2,43	3,38
303b	146743	550263	78,8	14,5	3,75	5,43
20 Kč	184685	391311	74,39	25,61	2,12	2,91

Tab. 1: Cu/Zn standardy a dvacetikoruna

Obr. 1: Medailonek

Obr. 2: Dvacetikoruna

3 Shrnutí

Při našich pokusech jsme si prakticky ověřili využitelnost rentgenfluoresenční analýzy jak pro studium památek (medailonek), tak pro zjištění složení slitin v soudobých předmětech (dvacetikoruna, zlatý řetízek a centropen).

Námi zjištěný poměr obsahu Zn a Cu ve dvacetikoruně (viz. Tab. 1) jsme ověřili na stránkách ČNB, která garantuje procentuální zastoupení těchto prvků a to: 25% Zn a 75% Cu.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat našemu supervisorovi Ing. Petru Průšovi za vedení našeho miniprojektu a Ing. Kateřině Vávrů za množství cenných rad a nemalou pomoc při zpracování. Dále děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a realizačnímu týmu za organizaci Týdne vědy na Jaderce.

Reference:

[1] PRŮŠA, P.: *Rentgenfluorescenční analýza při studiu památek.* Diplomová práce, FJFI ČVUT Praha, 2001

[2] Mince, 20Kč http://www.cnb.cz/cs/platidla/mince/m20czk.html, 15. 6. 2010

Počítačové zpracování obrazu – analýza snímků družic

M. Grunerová, Gymnázium Broumov, martina.grunerova@seznam.cz
P. Koza, Gymnázium Plasy, koza.p@seznam.cz
J. Chudý, Gymnázium Dobruška, jonas.chudy@email.cz

Katedra fyzikální elektroniky FJFI ČVUT Trojanova 13, 120 00, Praha 2

Abstrakt:

Cílem naší práce je seznámit se s problémem kosmického smetí (Space Debis) a jeho budoucí likvidaci. Také se chceme věnovat problematice družic a jejich sledování, abychom mohli omezit počet jejich kolizí s vesmírným smetím.

1 Úvod

Již od roku 1957, kdy člověk poprvé vyslal svoji družici do vesmíru, se na oběžné dráze Země začínal shromažďovat vesmírný odpad. V počátcích ho nebylo tolik, aby způsoboval nějaké problémy a komplikace. Avšak s rostoucím počtem misí a vyslaných družic se zvětšovalo množství odpadu. Mezi vesmírné smetí řadíme například zbytky nosných raket, nefunkční družice, nářadí, poklopy od teleskopů a fragmenty vzniklé při srážkách těchto předmětů. V posledních třech letech vzrostlo množství odpadu na orbitě Země na dvojnásobek (ze 7000 na 14000 pozorovatelných objektů). Výrazně k tomu přispěla Čínská lidová republika, která v roce 2007 zkoušela sestřelení své meteorologické družice raketou ze země. Z družice Fengyun–1C vzniklo přes 3000 nových velkých úlomků. Dalších 1500 fragmentů se vytvořilo v roce 2009 při historicky první srážce dvou komunikačních družic: funkční družice Iridium 33 s ruským nefunkčním satelitem Kosmos 2251. Většina objektů je velká 0,5-1 cm, i přes to představují veliké nebezpečí pro dnes funkční družice (600 – 700), nové kosmické mise a stanici ISS. Jejich nebezpečnost spočívá v obrovské rychlosti, kterou letí (3 – 7,6 $km.s^{-1}$).

Cílem našeho projektu je seznámit se s metodami pozorování družic a katalogizace vesmírného smetí, což je velice důležité pro prevenci jejich srážek.

2 Získání obrazu družic a hvězd

Metodika

Pro zjištění polohy družice a její sledování se užívají mikrovlnné radary a optické metody.

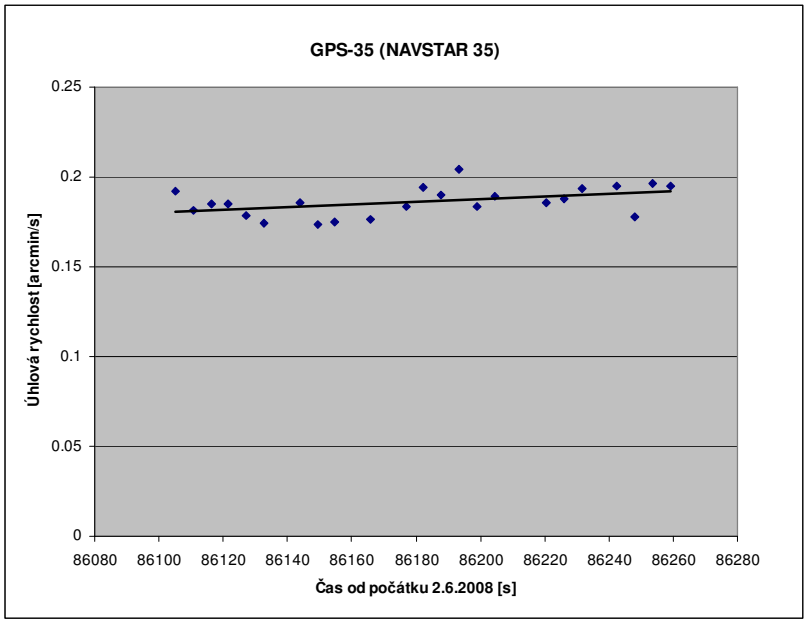
Při praktikování první metody z radaru vyšleme mikrovlny směrem k družici. Vyslané vlnění se odrazí od sledovaného objektu a dle doby mezi vysláním a návratem mikrovln, které se samozřejmě vracejí s mnohem menší intenzitou, se určí vzdálenost objektu. Výhodou této metody je možnost sledování družic i za zamračené oblohy, rozlišení úhlové rychlosti je však nižší.

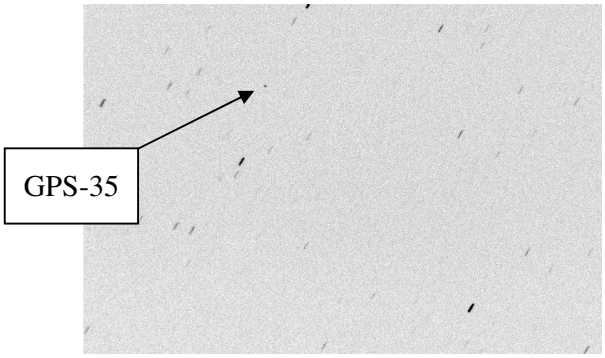
K optickému pozorování družic se používá metoda tří hvězd, která je založena na principu správného zaostření a synchronizace teleskopu a CCD kamery na určitou část oblohy. Musíme se soustředit na část oblohy, kde očekáváme průlet objektu, avšak v našem zorném poli musí být nejméně tři známé hvězdy, abychom mohli pomocí jejich úhlových pozic snímek prostorově nakalibrovat. Dalším předpokladem je, aby byl objekt osvětlen Sluncem a mohli jsme zachytit od něj odražené fotony. Po průletu jsou na snímku hvězdy viditelné jako body a družice se nám zobrazí jako čára. Z úhlové délky této stopy a doby exposice snímku můžeme zjistit dráhu a úhlovou rychlost družice.

Použít můžeme také inverzní metodu, která je určena k pozorování malých objektů, většinou až u geostacionární dráhy. Teleskopem s CCD kamerou sledujeme dráhu satelitu, tudíž se nám hvězdy zobrazí jako čáry a samotná družice jako bod.

Zpracování

Při zpracování jsme naměřili úhlovou rychlost družice GPS-35 (NAVSTAR 35) se standardní odchylkou 0,44 arcsec/s.





Snímek družice GPS-35 (inverzní metoda)

3 Shrnutí

Účinnou prevencí srážek družic s odpadem je katalogizace a sledování drah oběhu těchto objektů. Ovšem dnes lidé přemýšlí nad tím, jak se odpadu kolem Země zbavit. Existuje několik plánů, jak toto provést - některé jsou reálnější, jiné méně.

Vyslání rakety, která nefunkční družici zachytí a vynese ji za geostacionární dráhu Země. Tato metoda patří spíše mezi hůře realizovatelné. Jelikož družice nemají nic, za co by je raketa zachytila, a každý kilogram na družici je velmi drahý, tak se zatím ani nepočítá s tím, že by se družicím takovéto úchyty vyráběly. Nadějnější ale i nebezpečnější by byl přímý kontakt s objektem.

Dalším nápadem je pochytat odpad do plachty. I tento projekt se zdá nerealizovatelný, protože lidé zatím neznají žádný vhodný materiál pro výrobu takovéto plachty.

Problém vesmírného odpadu by mohl být vyřešen pomocí laserů, které by odpařily přední část objektu. Ten by se o odpařený materiál zbrzdil, klesl do atmosféry a tam shořel, nebo dopadl na povrch (moře, poušť).

Je ale jasné, že odstraňování smetí z kosmu nebude lehkou ani levnou záležitostí a je potřeba neustále sledovat tyto objekty a zavádět je do katalogů a také zamezovat zcela zbytečnému vzniku tohoto odpadu. V současnosti tak nezbývá než družice těsně před jejich dosloužením vlastním pohonem odsunout mimo nejpoužívanější dráhy, tak aby buď shořely v atmosféře, nebo na hodně vysoké orbity, aby dlouhodobě nepřekážely.

Poděkování

Velký dík patří našemu supervizorovi panu Ing Martinu Němcovi, bez kterého bychom se neobešli a také pracovníkům Štefánikovy hvězdárny v Praze.

Reference:

[1] ING NĚMEC M.: POČÍTAČOVÉ ZOBRAZENÍ OBRAZU – ANALÝZA SNÍMKŮ DRUŽIC

[2] HTTP://WWW.SPACE.COM/COMMON/MEDIA/VIDEO/PLAYER.PHP?VIDEOREF=SP_090212_IRIDIUMCOSMOS, DATUM 15.6.2010

Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie

Jiří Kapr, Jakub Fuis, Tomáš Bárta
[1]Gymnázium Botičská, Botičská 1, Praha 2, 128 01,
[2]Gymnázium Plasy, Stará cesta 363, Plasy, 331 01
[3]Gymnázium Nad Štolou, Nad Štolou 1, Praha 7, 170 00
[1]jakubfuis@seznam.cz

15. června 2010

Abstrakt

Jakmile se podíváte v noci na oblohu, je jasné, že sklon ekliptiky vůči rovině galaxie je větší, než sklon zemského rovníku vůči ekliptice. Tento údaj prakticky nelze nalézt a tak jsme si řekli, proč si to nespočítat. A tak se stalo. V popisu tohoto miniprojektu najdete teorii i výpočty, jak jsme při výpočtu postupovali.

1 Úvod

V této práci se zkusíme zamyslet nad otázkou odchylky ekliptiky, v níž se nachází planeta Země, od roviny Galaxie, v níž sídlí. Nejen, že se zamyslíme, ale také tento jev spočítáme. Možností je jistě celá řada, my aplikujeme analytickou geometrii a spočítáme to pomocí odchylky dvou vektorů.

2 Astronomické pojmy a souřadnice

Pro naše počty jsme potřebujeme následující astronomické pojmy:

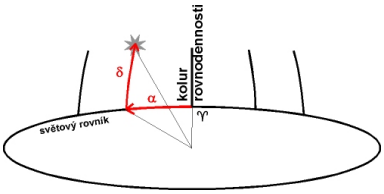
Nebeská sféra Projekční koule o nekonečném poloměru, kde jakýkoliv bod je středem.

Ekliptika Rovina, ve které leží planety Sluneční soustavy včetně Slunce.

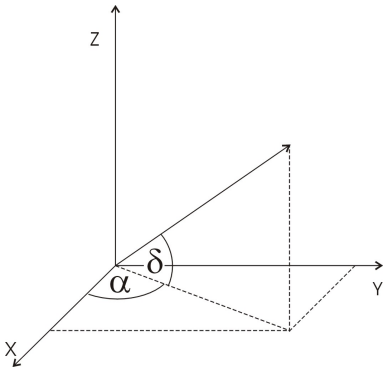
Galaktický rovník Průmět roviny Galaxie na nebeskou sféru.

V počtech jsme využili sférické souřadnice, které se využívají v astronomii. Využili jsme rovníkové souřadnice II. typu (obr. 1), kde pro převod do Kartézského systému (obr. 2) platí:

$$\begin{aligned} x &= \cos\alpha\cos\delta \\ y &= \sin\alpha\cos\delta \\ z &= \sin\delta \end{aligned} \tag{1}$$



Obrázek 1: Obzorníkové souřadnice II. druhu



Obrázek 2: Sférické souřadnice

3 Lineární variety v prostoru a jejich vzájemná poloha

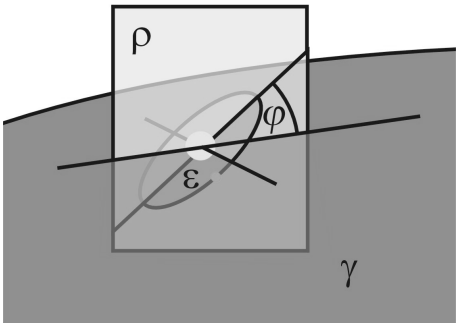
Mezi lineární variety patří roviny a přímky. Rovina je určena bodem a dvěma směrovými vektory nebo bodem a normálovým vektorem. Vlastnost normálového vektoru je taková, že je kolmý na všechny přímky v rovině a tedy i na směrové vektory. Proto ho lze vypočítat jako vektorový součin dvou směrových vektorů.

Úhel mezi dvěma rovinami je stejný jako úhel mezi jejich normálovými vektory. Úhel mezi dvěma vektory můžeme spočítat pomocí skalárního součinu. Označme rovinu Galaxie γ, rovinu ekliptiky ϵ, příslušné směrové vektory $\vec{u}_\gamma$, $\vec{v}_\gamma$, $\vec{u}_\epsilon$, $\vec{v}_\epsilon$. Úhel mezi rovinou Galaxie a rovinou ekliptiky φ (obr. 3) pak můžeme spočítat pomocí vztahu:

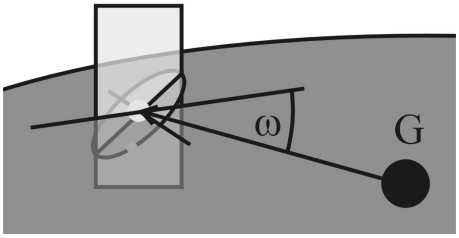
$$\cos\varphi = \frac{|(\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma) \cdot (\vec{u}_\epsilon \times \vec{v}_\epsilon)|}{\|\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma\| \cdot \|\vec{u}_\epsilon \times \vec{v}_\epsilon\|} \tag{2}$$

Nyní není poloha určena jednoznačně, je dobré si spočítat směr odchylky (obr. 4). Směr budeme počítat vzhledem ke spojnici Sluneční soustavy a středu Galaxie $\vec{p}$. Tento směr je stejný jako orientace roviny ρ, ve které počítáme rovinu ϵ a γ. Směrové vektory roviny ρ jsou normálové vektory rovin ϵ a γ (vektory $\vec{n}_\gamma$, $\vec{n}_\epsilon$). Doplňkový úhel úhlu mezi normálovým vektorem a přímkou do 90^o je stejný jako úhel ω mezi rovinou a přímkou:

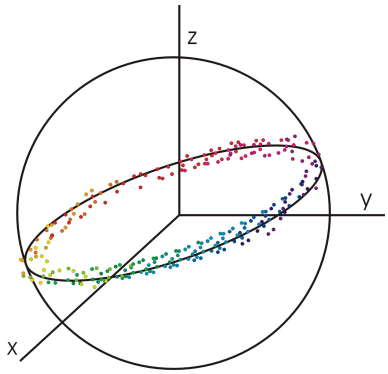
$$\cos(90^o - \omega) = \frac{|(\vec{n}_\gamma \times \vec{n}_\epsilon) \cdot \vec{u}_p|}{\|\vec{n}_\gamma \times \vec{n}_\epsilon\| \cdot \|\vec{u}_p\|} \tag{3}$$



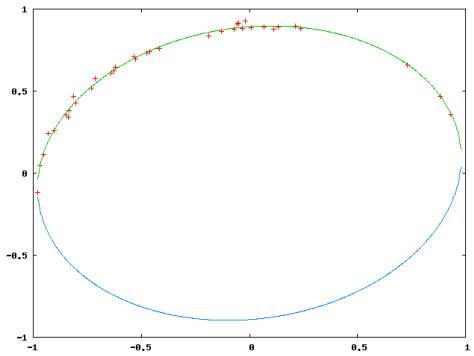
Obrázek 3: Odchylka Galaxie a ekliptiky



Obrázek 4: Směr odchylky Galaxie od ekliptiky



Obrázek 5: Schéma průmětu Mléčné dráhy na nebeskou sféru



Obrázek 6: Průmět hvězd do nebeské sféry a aproximované elipsou

4 Popis roviny Galaxie

Hvězdy, které vidíme v Mléčné dráze se nacházejí přibližně na kružnici galaktického rovníku (obr. 5). Potřebujeme zjistit směrové vektory této roviny. Promítneme-li nebeskou sféru do zvolené roviny, galaktický rovník se zobrazí jako elipsa. Tuto elipsu můžeme analyticky popsat:

$$\alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2 - \delta = 0 \tag{4}$$

Diagonalizací této kvadratické formy zjistíme vektory, které popisují poloosy elipsy. Hlavní poloosa elipsy je stopou roviny Galaxie v průmětně, proto její směrový vektor je směrovým vektorem roviny Galaxie. Volíme-li rovinu průmětu jako rovinu definovanou dvěma osami Kartézského systému souřadnic, získáme tímto postupem dvě odpovídající souřadnice směrového vektoru. Třetí souřadnice je dána volbou roviny průmětu. Dvěma různými volbami roviny průmětu získáme dva různé směrové vektory roviny Galaxie.

5 Získané hodnoty

Jelikož nebeskou sféru můžeme volit libovolně, volíme za její počátek planetu Zemi a poloměr $r = 1$

Ze softwaru SkyMap jsme získali rovníkové souřadnice II. druhu 30 hvězd. Pomocí vztahu (1)jsme získali jejich Kartézské souřadnice. Jako průmětny jsme zvolili roviny XY a YZ. Parametry z rovnice (4) získáme proložením průmětu hvězd touto rovnicí (obr. 6).

Pro určení roviny ekliptiky jsme použili rovníkové souřadnice II. druhu Saturnu a Venuše dne 14.6.2010 ve 23 hodin. Polohové vektory těchto planet můžeme považovat za směrové vektory ekliptiky.

Souřadnice středu Galaxie jsme získali ze softwaru Google Earth. Polohový vektor tohoto středu je směrový vektor $\vec{p}$ Dosazením do vzorců (2) a (3) získáváme hledané hodnoty:

$$\varphi = 60^o 41' 6''$$
$$\omega = 5^o 54' 26''$$

6 Shrnutí

Odpověděli jsme na otázku, jak je orientovaná ekliptika směrem ke Galaxii, využili jsme databáze programu SkyMap a Google Earth. K popisu roviny Galaxie jsme využili diagonalizace kvadratické formy. Hledané hodnoty jsme získali pomocí základních pojmů analytické geometrie. Pokud je údaj o směru odchylky správný, velikost odchylky přibližně odpovídá běžnému pozorování. Mléčná dráha probíhá přibližně nadhlavníkem, odečteme-li sklon Zemské osy, získáváme přibližně hodnotu námi zjištěnou.

Poděkování

Děkujeme Janu Stránskému za odbornou pomoc při výpočtech, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, nadačnímu fondu teoretické fyziky a Českému vysokému učení technickému v Praze za celý projekt Týden vědy.

Literatura

[1] Souřadnice a časomíra, Aldebaran, http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/orientace/theory.html [cit.2010-6-15]

[2] SkyMap, SkyMap software, http://www.skymap.com [cit. 2010-6-15]

[3] Google Earth, Google, http://earth.google.com [cit. 2010-6-15]

Počítačové zobrazování fraktálních množin

Jiří Bednář, SPŠSaD Děčín, programagor@gmail.com
Veronika Chloubová, EOA Děčín, NikaEsterez@gmail.com
Jana Sotáková, Gymnázium Brno, Sotakova.Jana@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo bližší seznámení s fraktálními množinami, napsání programu, jehož výstupem by měl být fraktál Buddhabrot, který bude popisován v práci.

1. Úvod

Fraktál je geometrický útvar lišící se od ostatních tím, že nemá jednoduchý tvar, vypadá nahodile a chaoticky. Název fraktál v překladu znamená rozbitý či rozlámaný, což odpovídá jeho podobě. My se zaměříme na Juliovu a Mandelbrotovu množinu a pokusíme se napsat program generující Buddhabrota.
Pro fraktály lze obecně říct následující pravidla

- soběpodobnost – menší části fraktálu připomínají fraktál jako celek
- složitá struktura jevící se jako chaotická, avšak definovatelná jednoduchou matematickou funkcí
- Hausdorffova dimenze je větší, než dimenze topologická

2. Teoretická část

Fraktální množiny jsou součástí fraktální geometrie. Za zakladatele se považuje Benoit B. Mandelbrot, který poprvé matematicky definoval fraktál. Ty ale byly známy ještě před ním, například v podobě přírodních útvarů.

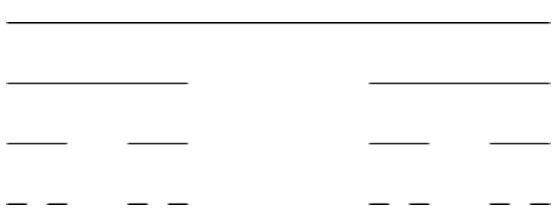
2.1. Využití fraktálů v praxi

- počítačová grafika – počítačové hry (krajiny, stromy, říční systémy)
- předpovídání chování složitých a chaotických systémů
- umění

2.2. Jednoduché fraktální útvary

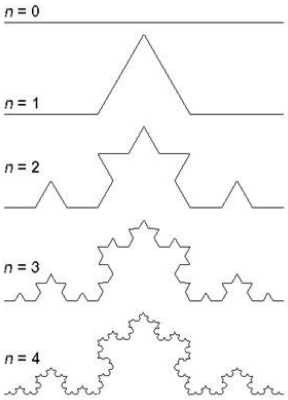
Cantorova množina

Vytvoříme jí nekonečným opakováním daného předpisu. Předpokládejme, že máme úsečku dané délky. Rozdělíme jí na tři stejné díly a prostřední vyjmeme. Výsledkem jsou dvě stejně velké úsečky, které opět rozdělíme na tři stejně velké díly …



Kochova křivka

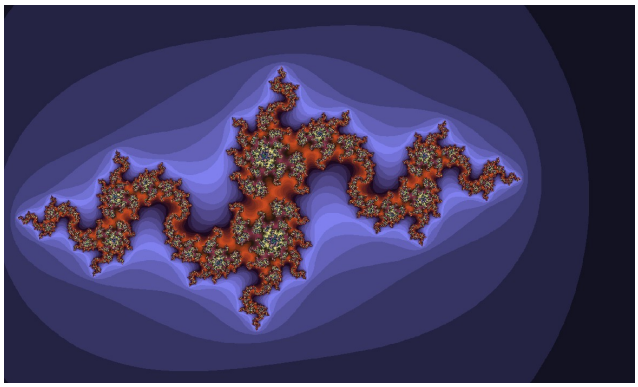
Přímku dané délky rozdělíme na tři části a prostřední část vyměníme za dvě úsečky poloviční délky svírající 60°. Proces se opakuje na všech úsečkách v útvaru.



2.3. Komplexní fraktální útvary

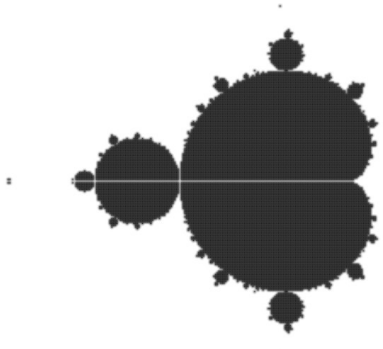
Juliova množina

Vyberme libovolný bod na gaussově rovině a označme jej *c*. Následně vybírejme všechny body gaussovy roviny a provádějme na nich tuto funkci: $Z_{n+1} = Z_n^2 + c$ Pokud tento bod po nekonečnu iterací této funkce dojde k nekonečnu, bod do množiny nepatří. V opačném případě tam patří. Konstanta *c* je pro celou množinu stejná a může být libovolná. Proto je Juliových množin nekonečně mnoho.



Mandelbrotova množina

Vytváří se podle iterace komplexn množiny $Z_{n+1} = Z_n^2 + c$, přičemž konstanta *c* je pro každý počáteční bod rovna právě tomuto bodu.



2.4. Způsoby zobrazování těchto množin

2.4.1. Černobílé fraktály

Spočívá v pouhém rozlišení, zda vybraný bod do fraktálu patří (zobrazen černě) či nikoliv (zobrazen bíle)

2.4.2. Obarvování vnějšku fraktálu

Lze určit barvu daného bodu podle počtu iterací kterých bylo potřeba k určení toho, že do množiny nepatří.

2.4.3. Trasování cest bodů

Způsob zobrazení kdy je na gaussovu rovinu zanesen každý bod Z_n. Tímto znikne mapa míst, kde se body Z_n vyskytují nejvíce, než dojdou k nekonečnu.

3. Praktická část

V rámci praktické části jsme se rozhodli napsat vlastní algoritmus na zobrazení tzv. Buddhabrotu, což je způsob zobrazení Mandelbrotovy množiny.

Náš algoritmus funguje tak, že nejprve vytvoříme dostatečně náhodná komplexní čísla omezená ImMIN< imaginární část <ImMAX, ReMIN< reálná část<ReMAX.
Nejprve sestrojíme reálné a imaginární složky tak, že vybereme náhodné číslo z intervalu 0 - 100 000, které podělíme 100 000, čímž získáváme číslo od 0 do 1. To pak vynásobíme délkou intervalu, ze kterého chceme vybírat komplexní(imaginární) složku čísla. To číslo ještě posuneme o začátek intervalu a tím jsme sestrojili hodnoty, které jsou z našeho pohledu vhodná a dostatečně náhodná.
Tímto algoritmem sestrojíme N čísel, jejichž trasy budeme zakreslovat.

```
int n;
double x,y;
srand(time(NULL));
for (n=0; n<N; n++)
{
  x = ((double)(rand()%100000)/100000.0)*(ReMAX-ReMIN)+ReMIN;
  y = ((double)(rand()%100000)/100000.0)*(ImMAX-ImMIN)+ImMIN;
}
```

Pro každé námi vytvořené číslo zjistíme, zda leží v M. množině nebo ne, vytvoříme proto funkci check, která nám zjistí, zda bod do M. množiny patří nebo ne. Parametry funkce check: reálná a imaginární část daného komplexního čísla, počet iterací, maximální absolutní hodnota, pro kterou budou stále prováděny výpočty, konstanta c, která je v tuto chvíli nulová.
Funkce vrací 1 pokud toto číslo do množiny M. patří a 0, pokud do množiny nepatří a pokud . Výsledek si uložíme do proměnné value.

```
int check(SDL_Surface* screen, double r, double i, int iter, int
bail, Uint32 c)
{
     double zr,zi,zrp; int a;
     zr=r;
     zi=i;
     a=0;
```

Cyklus kontroluje zda bod stále patří do M. množiny dokud není dosáhnuto maximální absolutní hodnoty - pak program vrací 0 a my víme, že toto číslo do M. množiny nepatří, anebo dokud není dosaženo maximálního počtu iterací, program vrací 1 a bod do M. množiny patří

```
    do {
         zrp=zr*zr-zi*zi+r;
         zi=2.0*zr*zi+i;
         zr=zrp;
         a++;
```

Pro zjednodušení je funkce complex funkce, kterou na určeném místě (screen) vykreslí komplexní číslo s reálnou složkou zr a imaginární složkou zi na nějaké souřadnice podle toho čísla, ale pokud již bylo vykresleno, zvýší se odstín barvy o c

```
         if (c>0) {complex(screen, zr, zi, c);}
    }
    while ( (a<iter) && ((zi*zi)+(zr*zr) < (bail*bail)) );
    if ( a>=iter) {return 1;}
         else {return 0;};
}
```

Nyní se podíváme, jakou hodnotu nám pro to naše číslo tato funkce vrací. Přidáme podmínku:

```
    if (value) {check(screen, x, y, iter, bail, c);}
    else {check(screen, x, y, iter, bail, c);}
```

Z nichž vybereme, jestli chceme zobrazovat body, které v množině leží nebo neleží, a naše c nyní bude nenulové a bude označovat barvu, kterou máme bod vykreslit. Voláme tedy funkci check znova, která nyní ale po každé iteraci zakresluje stopu našeho čísla.

Poděkování:

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Petru Paušovi, který nás důkladně seznámil s problematikou fraktální geometrie provedl nás všemi úskalími a pomohl nám navrhnout program, jehož výsledkem byl Buddhabrot. Dále bychom rádi poděkovali Linusu Tovarsovi za poskytnutí Kernelu, Richardu Matthew Stallmanovi a jeho vývojovému týmu za posytnutí utilit GNU a v neposlední řadě také všem vývojářům gcc, bez kterýchžto by byl náš svět ochuzen o tolik krás, jako je například obrázek do hloubky prokresleného Buddhabrota.

Reference:

[1] P. Pauš, http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~pauspetr/html/skola/fraktaly/reserse.htm [cit 15. 6. 2010]
[2] Peitgen H.-O., Jurgens H., Saupe D.: "Chaos and Fractals: New Frontiers of Science", Springer-Verlag, New York, 1992

Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop

Martin Mrva, Marek Rost, Lukáš Záruba

15.6.2010

Abstract

Cílem našeho miniprojektu bylo se seznámit s charakteristickými rysy chování těžkých nabitých částic při průchodu materiálem. Úlohu jsme řešili pomocí detektorů stop v pevné fázi. V rámci miniprojektu jsme vyhodnotili svazkem iontů neonu ozářené detektory a získali spektra lineárního přenosu energie v závislosti na tloušťce stínění z teflonu.

1 Úvod

Záření těžkých nabitých částic je významnou složkou kosmického záření, proto se zkoumá a měří jeho podíl, a tím i vliv na zařízení a organismy ve vesmíru. Tyto poznatky se uplatňují při výrobě ochranných materiálů. Další užití získává jako nový směr při léčení rakoviny pomocí hadronové terapie, kde u nádoru, v jejichž okolí se vyskytují orgány se sníženou odolností proti zvýšené dávce záření, nahrazují standartní metody radioterapie částicemi x a gamma.

2 Teoretický základ

- Lineární přenos energie

  Lokální distribuce ionizace na mikroskopické úrovni - energie, která je při zpomalování nabité částice předávána elektronům látky:

  $$LET = \frac{dE}{dx} \ ,$$

  kde dE je energie přenesená v daném místě nabitou částicí na elektrony při jejím průchodu po dráze dx. [1]

  Hodnota LET je charakteristická pro daný materiál, energii a typ procházející částice. Z její hodnoty lze vypočíst absorbovaná dávka, a tím radiační zátěž na organismus.

- Těžké ionty

  Nabité částice o velikosti nukleonů, až atomových jader. Způsobují excitaci (zvýšení energetické hladiny atomu, přeskupováním elektronů v obalu na vyšší energetické úrovně) a ionizaci (odtrhávání elektronů z obalu) atomů látky, na kterou působí. Mimo jiné dochází ke srážkám iontů s jádry atomů materiálu a vzniku fragmentů.

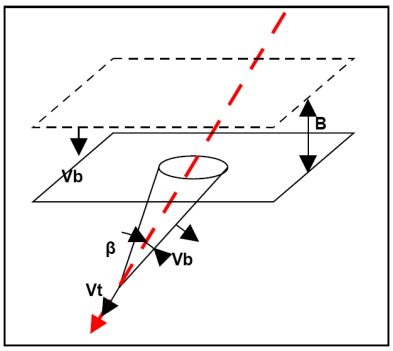
- Detektory stop

  Při průchodu iontů detektorem vznikají latentní stopy, které jsou důsledkem narušení vazeb materiálu detektoru v okolí procházející částice. Detektor je po ozáření ponořen do vhodného leptacího činidla. V místech porušení dochází k rychlejšímu odleptávání, stopa se tak stává viditelnou pod optickým mikroskopem a zobrazí se na povrchu detektoru jako elipsa. Poměr rychlostí leptání mezi porušenou (v_t) a neporušenou (v_b) vrstvou je vyjádřen jako:

$$\frac{v_t}{v_b} = \sqrt{1 + \frac{(2\frac{r_{max}}{b})^2}{(1 - (\frac{r_{min}}{b})^2)^2}} \quad ,$$

  kde r_{max} je hlavní poloosa stopy, r_{min} je vedlejší poloosa a b je tloušťka odleptané vrstvy detektoru.

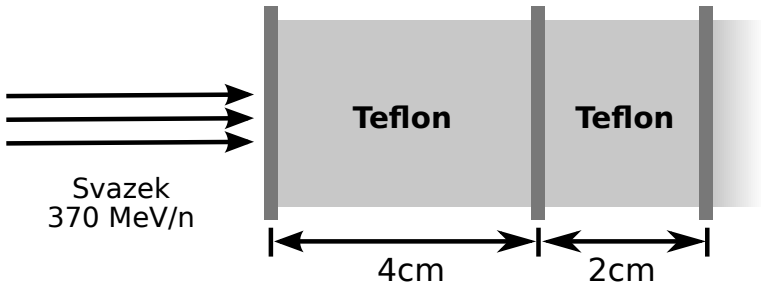
  Poměr rychlostí leptání závisí na druhu a energii procházející částice, pomocí kalibrací je z něj možno určit lineární přenos energie (LET).



Obr. 2.1: Znázornění průběhu zviditelňování stopy během leptání

3 Materiály a metody

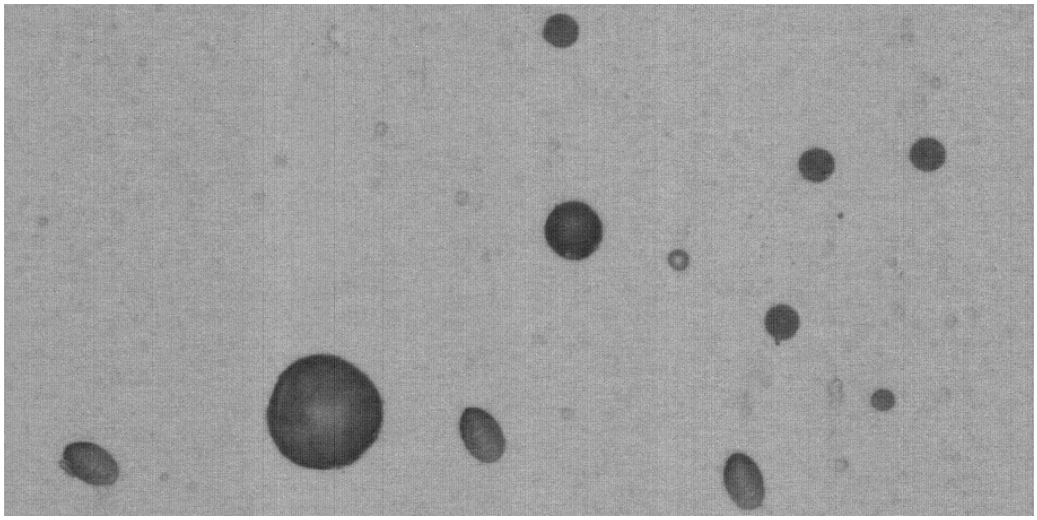
Detektory byly ozářeny na urychlovacím zařízení HIMAC v Chibe (Japonsko) monoenergetickým svazkem iontů Ne o energii 400 MeV/n. Svazek dopadal na vzorek kolmo, energie částic při dopadu byla 370 MeV/n. Ukázka uspořádání experimentu je zobrazena na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: Uspořádání detektorů stop a stínění během experimentu.

Při experimentu byly použity detektory stop na bázi PADC (polyallyl di-glykol karbonát) s označením USF-4. Detektory byly po ozáření leptány. Leptání probíhalo 18 hodin v roztoku 5M NaOH při teplotě 70°C. K měření odleptané vrstvy detektoru bylo využito metody štěpných trosek v kombinaci s měřením mikrometrem. Odleptaná vrstva byla na každé straně detektoru 15.37 μm.

Povrch detektorů byl nasnímán optickým mikroskopem, stopy byly analyzovány pomocí programu HspFit. Ukázka povrchu jednoho z detektorů stop je na obrázku 3.2.



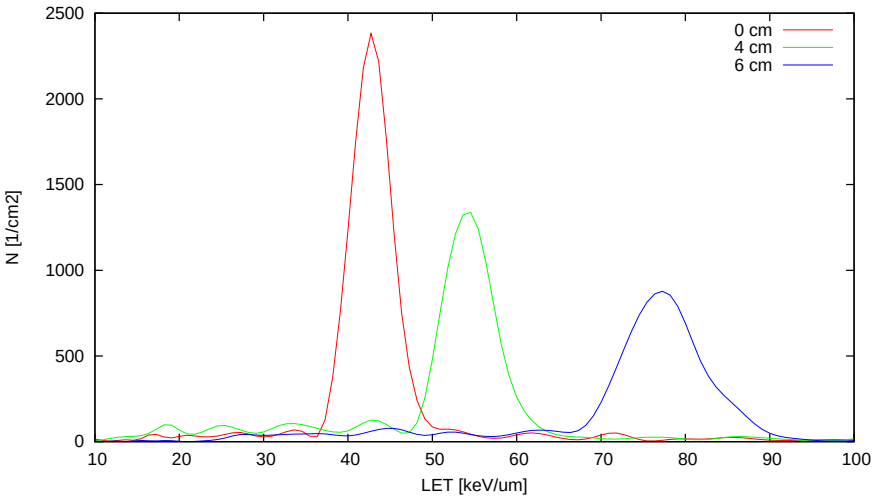
Obr. 3.2.: Stopy částic na snímku z optického mikroskopu v programu HspFit

Z naměřených parametrů stop (hlavní a vedlejší poloosy) jsme vypočetli pomocí rovnice (výše) poměr rychlostí leptání. Ten jsme poté pomocí dříve naměřených kalibračních křivek převedli na veličinu LET.

Zjednodušenou geometrii experimentu jsme se pokusili nasimulovat pomocí volně přístupného programu SRIM. Více o programu [2].

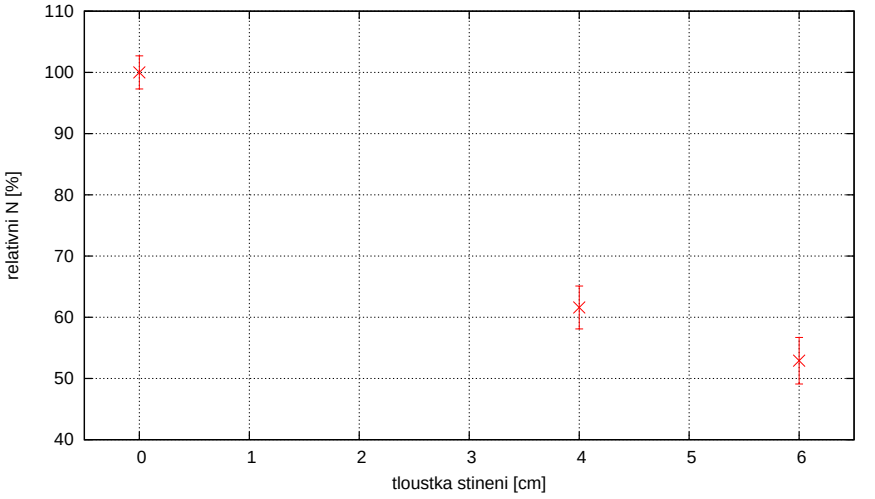
4 Výsledky

Z analýzy ploch detektorů jsme získali spektra LET v daných hloubkách stínícího teflonu. Tyto spektra jsou zobrazena na obrázku 4.1. Menší lokální maxima jsou způsobena fragmenty primárních částic, tedy částicemi s menším počtem nukleonů a tím odlišným LET. Hlavní, největší pík přísluší primárním iontům neonu. Se vzrůstající tloušťkou stínění se pík od primárních iontů Ne rozšiřuje a zároveň je patrné jeho zmenšování. Pík se postupně přesouvá k větším hodnotám lineárního přenosu energie.



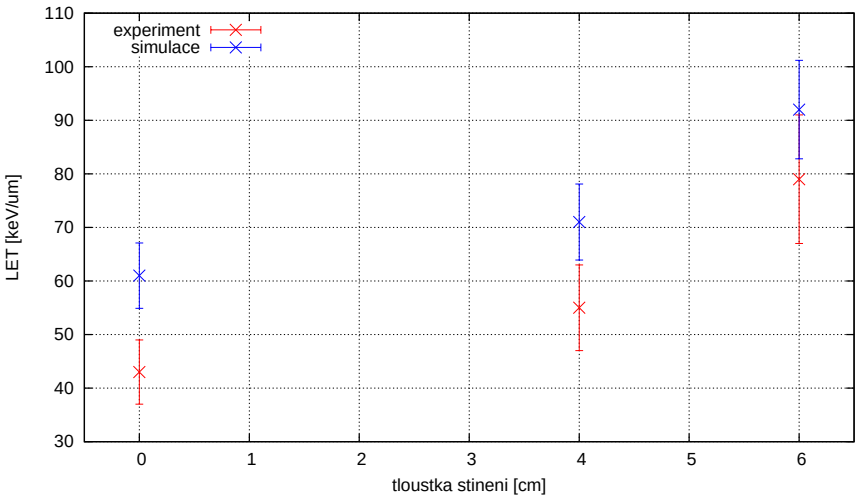
Obr. 4.1.: Naměřená spektra

Z naměřených dat jsme vypočetli plochu jednotlivých píků primárních částic. Z obrázku 4.2. je patrné, že v závislosti na rostoucí tloušťce stínění počet prošlých částic neonu klesá. V hloubce 4 cm teflonu se absorbovalo přibližně 37 % primárních iontů, na dráze 6 cm to bylo 45 % z počtu vstupujících částic. V grafu je znázorněna také statistická odchylka, která byla vypočítána z Gaussova rozdělení.



Obr. 4.2.: Zeslabení iontů Ne v závislosti na tloušťce stínění

Na posledním obrázku 4.3. je vidět závislost LET na hloubce v teflonovém stínění. Ionty se postupně zpomalují a předávají tak více energie okolním částicím materiálu. Je vidět, že zjednodušená simulace je oproti skutečnému měření nadhodnocená, protože jsou zde zanedbány některé podmínky reálného experimentu. Trend vývoje obou závislostí je ale podobný.



Obr. 4.3.: Srovnání simulace a měřených hodnot LET

5 Shrnutí

Pomocí detektorů stop v pevné fázi na bázi PADC jsme sledovali průchod těžkých nabitých částic, konkrétně iontů neonu, materiálem. Analýzou ozářených a vyleptaných detektorů jsme získali spektra lineárního přenosu energie pro tři pozice v v teflonovém stínění (0, 4, 6 cm). Ze spekter bylo možné určit, že se vzrůstající tloušťkou stínění dochází k zeslabení svazku primárních iontů. Při průchodu svazku materiálem klesá energie částic a roste jejich LET.

Zjednodušenou geometrii experimentu jsme nasimulovali pomocí programu SRIM. Simulované hodnoty LET jsou oproti experimentálním mírně nadhodnoceny, trend závislosti ale zůstává zachován.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu garantovi miniprojektu Ing. Zlatě Mrázové, Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., nadačnímu fondu Teoretické fyziky ČVUT FJFI, realizačnímu týmu Týdne vědy a celé fakultě FJFI i ČVUT.

References

[1] V. Klener a kol. *Principy a praxe radiační ochrany*. 2000.

[2] J.F. Ziegler. *The Stopping and Range of Ions in Matter*. http://www.srim.org/. 2010.

[3] K. Brabcová *Studium a vývoj použití chemicky leptaných detektorů stop pro dozimetrické účely*. 2009.

Linux lab

J. Papajanovský, jpapajanovsky@gmail.com
V. Mudra, ungabeta@gmail.com
O. Zeman, amethar@gmail.com
Gymnázium Děčín

Abstrakt:
Linux je moderní operační systém, který nabízí bezplatnou a svobodnou alternativu ke komerčním systémům, oproti kterým nabízí mnoho výhod a vhodnějších vlastností.

1. Úvod

Linux, nebo správněji GNU/Linux, je moderní operační systém, který se nabízí jakožto bezpečná, bezplatná a efektivní alternativa ke komerčním operačním systémům jako je např. MS Windows a Mac OS X. Po více než čtvrtstoletí je vyvíjen širokou škálou dobrovolníků, nadšenců, ale i velkých hráčů na trhu s IT, jako je třeba IBM, HP, Intel, Google, apod. Přesto si stále zachovává svou otevřenost a možnost svobodného výběru, se kterými byl v roce 1983 založen.

Celý projekt GNU/Linux se skládá ze dvou základních částí. První - GNU, je projekt zaměřený na svobodný software, jehož zakladatelem je Richard Stallman, který se v roce 1983 rozhodl vytvořit svobodný, volně dostupný systém šířený pod licencí, která byla k tomuto účelu vytvořena - GNU GPL. Druhá — Linux, je vlastně jádro systému, které bylo ke GNU připojeno a uvolněno pod stejnou licencí. Jeho autorem je Linus Torvalds, finský programátor, který jádro vytvořil během svého studia. Dnes jádro obsahuje asi 2% původního Torvaldsova kódu, zbytek byl během let postupně přidáván.

2. Proč používat Linux?

A proč vlastně GNU/Linux používat? Jeho výhody ocení především ti, co jsou nespokojení se svým dosavadním systémem. Ti, kterým vadí neustálé chyby, pády, množství virů a pomalost systému. Díky široké uživatelské komunitě jsou v Linuxu chyby opravovány mnohem rychleji a efektivněji. Navíc není nutné systém neustále restartovat. Viry na Linux téměř neexistují, a těch několik málo existujících je vždy rychle odhaleno, aniž napáchají nějakou škodu. Další výhoda Linuxu je v jeho variabilitě - můžete si přesně zvolit takový systém, který odpovídá vašim požadavkům, systém pro začátečníky či pro pokročilé uživatele, systém pro výkonné či naopak pro starší počítače. Více informací je v sekci o různých distribucích systému.

Dále - Linux je zdarma. Nemusíte platit tisíce za to, aby jste měli legální operační systém. Stejná situace je s programy - většinou jsou na Linux zdarma a stejně kvalitní, jako ty na ostatní OS.

Přechod na Linux však nedoporučujeme těm, kdo na svém OS používají specializovaný software, za který na Linuxu neexistuje alternativa.

3. Základní informace o různých distribucích Linuxu

Ubuntu

Ubuntu je jeden z nejpoužívanějších systémů založených na Linuxu, přímo vychází z Debianu. Je zdarma dostupné a má velmi rozšířenou komunitní podporu. Celá komunita je postavena na principech Manifestu Ubuntu – software by měl být zdarma, dostupný v místním jazyce a i pro lidi se zdravotními vadami. Můžeme najít verzi jak pro desktopy, tak pro servery. Na Ubuntu existuje vice než 16 000 aplikací, které pokrývají vše od kancelářských balíků přes webové prohlížeče až k nástrojům pro programování. Výchozím grafickým prostředím je GNOME, ale existují i verze s KDE (Kubuntu) a další.

Debian

Debian je jedna z nejrozšířenějších distribucí vůbec. Možná právě proto, že nemusí být nutně založená na Linuxu, ale může používat i jádra FreeBSD a další. Tvůrci se zavázali, že bude založen na svobodném softwaru a sám jím zůstane. K dispozici je několik desítek tisíc aplikací. Debian je nejvíce používaný na serverech, ale objevuje se i na desktopech.

Fedora

Fedora Core je distribuce, která vznikla jako nekomerční odnož placeného RedHat Linuxu. Je známá svou pokrokovostí, zpravidla v každé verzi přinese několik zásadních novinek. Můžeme jí označit jako značně univerzální, ale se znatelným zaměřením na osobní počítače. Velmi lpí na licencích, takže například podporu mp3 je potřeba doinstalovat samostatně. Dostupná je pro všechny hlavní platformy a je k dispozici mnoho tisíc aplikací. Stejně jako na Ubuntu jí lze označit za distribuci pro začátečníky.

SUSE

SUSE je jedna z mála komerčních distribucí. Před několika lety stejnojmenou firmu koupila společnost Novell, která dále pokračuje ve vývoji. SUSE je známé svým nástojem pro správu YaST2 a obecně dobrou podporou ovladačů. K dispozici je i free verze openSUSE.

4. Alternativní aplikace

Na Linux existuje nespočetně aplikací, které jsou otevřenou, bezplatnou a mnohdy i lepší náhradou těch komerčních i nekomerčních z MS Windows.

Webový prohlížec - Mozzila Firefox, alternativa k MS Internet Expoler

Prohlížeč internetu, který má oproti konkurenci výhodu ve větší bezpečnosti, rychlosti a možnosti přizpůsobení se konkrétním požadavkům každého uživatele.

Kancelářský software - OpenOffice.org, alternativa k MS Office

Hlavní výhodou tohoto balíku je především to, že již v základní verzi nabízí textový a tabulkový editor, program na tvorbu prezentací, vektorový editor a software na správu databází. Za všechny tyto funkce je třeba v případě konkurence zaplatit nemalé částky, navíc ve funkčnosti není žádný větší rozdíl.

E-mailový klient - Mozzila Thunderbird, alternativa k MS Office Outlook

Pokročilý program na práci s e-maily, správu kalendáře a kontaktů, který nabízí širokou možnost přizpůsobení pomocí různých doplňků.

Multimediální přehrávač - VLC Media Player, alternativa k Windows Media Player

Program, který zvládne narozdíl od konkurenčního softwaru ihned po instalaci přehrát běžné multimediální formáty, neboť má v sobě pro ně zavedenou podporu, tzv. kodeky. Nespornou výhodou je jednoduché a intuitivní ovládání, se kterým nebudou mít problémy ani začínající uživatelé.

To jsou jen základní aplikace, které se hodí každému začínajícímu uživateli Linuxu, další jsou v on-line "zásobnících" různých distribucí, odkud se dají stáhout jediným kliknutím - v tzv. repozitářích. Např. distribuce Ubuntu jich zde má více než 16 000.

5. Zajímavosti

Mohlo by se zdát, že v dnešní době není Linux příliš využívaným systémem, opak je však pravdou. Ačkoliv na poli osobních počítačů má pouze malý podíl, na poli serverů je tomu právě naopak. Naprostá většina superpočítačů (90%) i serverů používá Linux. Stejně tomu tak je i v případě smartphonů. Operační systémy Google Android a Maemo od Nokie patří mezi nejrychleji rostoucí OS pro mobilní zařízení a jsou založeny na Linuxu.

Linux (distribuce MythTV) se používá jako domácí multimediální centrum, dokáže schopně propojit TV + PC.

Další zajímavou informací je, že cena Linuxového jádra dle odhadů Evropské komise dosahuje 1,14 miliardy dolarů. Jádro dnes obsahuje přes 10 milionů řádků kódu z původních 176 tisíc.

Francouzská armáda pomalu přechází na Linux, jako e-mailový klient používá Mozzilu Thunderbird z důvodu větší bezpečnosti a flexibility než má MS Office Outlook. Oficiální server Bílého domu také běží na Linuxu.

Linux je používán v lékařství, některé nemocnice přecházejí se svými řídícími a databázovými systémy na Linux, protože jim nabízí širokou přizpůsobitelnost. Ve zdravotnictví se Linux také používá v různých specializovaných přístrojích, například radiologických, kde se stará o zobrazování výsledků a přenos dat z přístrojů k pacientům a lékařům.

6. Příkazová řádka

Většina lidí si pod Linuxem představí černou příkazovou řádku, do které je nutné psát složité příkazy naučené nazpaměť. Linux skutečně příkazovou řádku má, ale v současné době existuje několik různých grafických prostředí (KDE, Gnome, Xfce), ze kterých si můžete vybrat to, které vám nejvíce vyhovuje a ovládat systém pomocí něj. Opravdu není potřeba příkazovou řádku používat, systém je stejně přívětivý a intuitivní jako například Mac OS X.

Příkazová řádka je však velice mocným nástrojem, pomocí kterého mohou zkušenější uživatelé a správci systému mnohem rychleji a efektivněji pracovat se systémem. Mnohdy je lepší,

než se složitě proklikávat mnoha dialogovými okny, vypsat několik příkazů a dosáhnout tak ve velice krátké době očekávaného výsledku. Umožňuje například vypalování, tvorbu archivu,...

Umožňuje také psaní sérií příkazů, takzvaných skriptů, pomocí kterých lze automatizovat a díky tomu i urychlit často opakované činnosti.

Krátká ukázka jednoduchého skriptu, který slouží ke kopírování a vytváření složky.

```
#!/bin/bash
echo "Jak se jmenujete?";
read JMENO;
echo "Tak, $JMENO, vitejte v nasem presunovacim skriptu.";
echo "Chcete vytvorit v tomto adresari novou slozku a umistit do ni tento skript?”;
read SOUHLAS;
if [ $SOUHLAS == "ano" ]
then
echo "Jak chcete, aby se slozka s timto skvelym skriptem jmenovala?";
read JMENO;
mkdir $JMENO;
cp skript.sh $JMENO;
else
echo "Pokud nechcete nas skvely skript, trhnete si!";
fi;
exit 0;
```

7. Shrnutí

Linux jednoznačně patří k nejmodernějším operačním systémům, jak pro velké firmy, podnikatele, vládní organizace tak i pro domácí užití. A to vše i přes to, že mnohé z jeho distribucí jsou volně dostupné.

8. Poděkování

Děkujeme kolektivu z Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického, organizačnímu týdnu Týdne vědy a především panu Ing. Janu Machovi za pomoc.

9. Zdroje

http://www.junauza.com/2009/03/15-interesting-facts-about-linux-kernel.html

http://www.abclinuxu.cz/zpravicky/bily-dum-pouziva-linux-a-drupal

http://www.linuxexpres.cz/francouzska-armada-prechazi-na-thunderbird

http://www.root.cz/zpravicky/nemocnice-prechazi-na-open-source-lekarsky-software/

http://linuxzblizka.blog.zive.cz/2010/04/trzni-podil-linuxu/

http://www.linuxlinks.com/article/20100309160558 13/MedicalImaging.html%5C

http://www.root.cz/texty/zaklady-linuxu/

http://www.root.cz/texty/historie-operacniho-systemu-gnulinux/

http://www.root.cz/texty/proc-pouzivat-linux/

http://www.root.cz/texty/prehled-linuxovych-distribuci/

http://www.root.cz/texty/nejpouzivanejsi-linuxove-aplikace/

Hledání rekordně velkých prvočísel

Martina Bekrová, Gymnázium Trutnov
(to.zapomenu@gmail.com)
Ondřej Bouchala, Gymnázium Komenského, Havířov
(ondrej.bouchala@gmail.com)
David Krška, Gymnázium J. V. Jirsíka, České Budějovice
(david_krska@volny.cz)
Lukáš Vacek, Gymnázium Teplice
(luk6@atlas.cz)

Abstrakt:
Hledání velkých prvočísel je velkou výzvou dneška. Šifrovací systémy jsou založené na operacích s velkými prvočísly. Hodí se tedy umět generovat obrovská prvočísla, abychom zajistili bezpečnost bankovních transakcí, soukromí elektronické komunikace,... Cílem našeho projektu byly programy testující prvočíselnost. Zabývali jsme se jak přesnými testy, tak i tzv. pseudotesty a pravděpodobnostními testy.

1 Prvočíslo

Prvočíslo je takové přirozené číslo p, které má pouze dva dělitele: 1 a p. Jsou základními stavebními prvky všech čísel. V současné době se využívají především v kryptografii. Prvočísla, která byla dříve považována za hrátku číselných teoretiků, se tak v současnosti stala matematickým objektem s nejširším uplatněním.

Nekonečně mnoho prvočísel?

Prvočísel je nekonečně mnoho a existuje mnoho způsobů, jak toto tvrzení dokázat. Uvedeme si zde nejelegantnější důkaz: Eukleidův důkaz sporem pomocí kongruence.

Předpokládejme, že by existovalo největší prvočíslo p_n. Pokud však vezmeme všechna prvočísla $p_1, p_2, \dots, p_n$, vytvoříme jejich součin a přičteme k němu jedničku, dostaneme další prvočíslo (není dělitelné žádným z menších prvočísel):

$$p_1p_2\dots p_n + 1 \equiv 1 \pmod{p_1}$$
$$p_1p_2\dots p_n + 1 \equiv 1 \pmod{p_2}$$
$$\dots$$
$$p_1p_2\dots p_n + 1 \equiv 1 \pmod{p_n}$$

A přitom číslo $p_1p_2\dots p_n + 1$ je očividně větší než naše zvolené p_n. Máme tedy spor s volbou p_n. Neexistuje proto největší prvočíslo, takže je prvočísel nekonečně mnoho.

Tento důkaz byl prvním důkazem sporem v dějinách matematiky.

Eratosthenovo síto

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Nejznámějším algoritmem pro vyhledávání prvočísel je pravděpodobně Eratosthenovo síto. Je dílem Eratosthena z Kyrény, významného matematika, astronoma a geografa antického Řecka.

Prvočísla menší než např. 101 vyhledává tak, že postupně prochází přirozená čísla větší než 1 a menší než 101, a pokaždé když nějaké prvočíslo najde, vyškrtne všechny jeho násobky. Další číslo v pořadí bude tudíž také prvočíslem a znovu se tedy ze seznamu vyloučí jeho násobky. Opakováním tohoto postupu dostatečně dlouho získáme všechna prvočísla menší než 101.

Například v programovacím jazyce Haskell vypadá tento algoritmus takto:

```
sito (x:xs) = x:sito [a | a <- xs, a `mod` x /= 0]
prvocisla = sito [2..]
```

Funkce „sito“ vezme seznam přirozených čísel větších než 1 a vytvoří nový seznam tak, že odtrhne první prvek a rekurzivně se spustí na seznam a, který vznikl ze zbytku původního seznamu vybráním čísel, která nejsou dělitelná prvním prvkem.

Mersennova čísla

Marin Mersenne byl francouzský teolog, filozof, hudební teoretik
a duchovní otec Akademie věd.
Mersenovo číslo je takové číslo, pro které platí: $M_p = 2^p - 1$, kde p je prvočíslo. Číslu M_p, které je prvočíslo, se říká Mersennovo prvočíslo.
Je evidentní, že pokud M_p má být prvočíslem, pak i p musí být prvočíslem:

$$2^{mn} - 1 = (2^m)^n - 1 = (2^m - 1)(1 + 2^m + 2^{2m} + \dots + 2^{(n-1)m}).$$

Podle Mersenna je mezi čísly 2 a 257 jedenáct takových čísel, a to p = 2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 31, 67, 127, 257. Dnes již víme, že mu jich tam pár chybí a pár přebývá. Ve skutečnosti tento seznam vypadá takto: p = 2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 31, 61, 89, 107, 127. Dodnes je objeveno 47 Mersennových prvočísel, největší z nich, $2^{43112609} - 1$, má 12 978 189 cifer.

Posledních 13 bylo objeveno pomocí projektu GIMPS (http://www.mersenne.org/) - Great Internet Mersenne Prime Search. Na počítačích dobrovolníků běží program, který ověřuje, zda pro dané p je $2^p - 1$ prvočíslem. Electronic Frontier Foundation (EFF) vypsala velkou odměnu za nalezení obrovských dosud neznámých prvočísel.

Fermatova čísla

Fermatovo číslo je každé číslo ve tvaru $F_m = 2^{2^{\wedge}m} + 1$, kde m je přirozené číslo. V případě, že by bylo ve tvaru $2^{k2^{\wedge}m} + 1$, kde k je liché číslo, dalo by se rozepsat:

$2^{kl} + 1 = (2^l + 1)(2^{l(k-1)} - 2^{l(k-2)} + \ldots - 2^l + 1)$, kde $l = 2^m$, což je složené číslo.

Tato čísla byla objevena francouzským matematikem Pierrem de Fermatem. Fermat byl přesvědčen, že každé takové číslo je zároveň prvočíslo. Prvních pět Fermatových čísel: 3, 5, 17, 257, 65537 jsou skutečně prvočísla. Až později Leonhard Euler zjistil, že $F_5 = 4294967297 = 641 \cdot 6700417$ je číslo složené. Dnes je známo, že čísla F_5 až F_{32} jsou čísla složená. Další Fermatova čísla zatím nejsou otestována a dodnes není známo, zda je nekonečně mnoho Fermatových čísel.

Jedno z užití Fermatový čísel je určení, zda lze zkonstruovat pravidelný mnohoúhelník pouze pomocí pravítka a kružítka. Karl Fridrich Gauss zjistil, že pravidelný n-úhelník lze zkonstruovat tehdy a jen tehdy, když liché dělitele *n* jsou různá Fermatova čísla.

2 Metody testování prvočíselnosti

Pro určování prvočíselnosti daných čísel existuje mnoho způsobů. My jsme se zabývali přesnými testy, pseudotesty a pravděpodobnostními testy.

Přesné testy

Pod tímto označením se rozumí testy, které jsou schopny pro přirozená čísla rozhodnout s naprostou jistotou, zda je dané číslo prvočíslo či nikoliv. Bývají buď časově hodně náročné (Eratosthenovo síto) nebo fungují jen pro omezenou množinu čísel (Lucas-Lehmerův test pro Mersennova čísla a Pépinův test pro Fermatova čísla).

Lucas-Lehmerův test

Pro zjišťování, zda je Mersennovo číslo prvočíslem, se používá Lucas-Lehmerův test. Vytvoříme posloupnost začínající číslem 4, další členy určíme podle vzorce:

$y_{(k+1)} = y_k^2 - 2$.

Mersennovo číslo je prvočíslem právě tehdy, když je dělitelem čísla $y_{(p-1)}$.

Tento algoritmus má asymptotickou složitost $O(p^2 \log p \log\log p)$. Je tedy rychlejší než všechny ostatní testy, a to včetně pravděpodobnostních. Dá se ovšem použít jen na Mersennova prvočísla. Lucas objevil (tímto testem) největší prvočíslo M_{127} bez použití počítače a Lehmer jako první prováděl numerické výpočty.

Pépinův test

Pro testování Fermatových prvočísel se používá Pépinův test. Tento test objevil francouzský matematik Pépin v roce 1877. Pépin zjistil, že platí pro základ 5. Později si Lukas všiml, že platí i pro základ 3. Test vypadá následovně:

Fermatovo číslo je prvočíslem právě tehdy, když platí:

$3^{((Fm-1)/2)} \equiv -1 \pmod{F_m}$, kde m je přirozené číslo.

Wilsonův test

Wilsonův test je další z řady přesných testů, které mohou s jistotou říci, že je dané číslo prvočíslem. Je však nepraktický pro aplikaci na počítači, protože počítání faktoriálu je časově náročné. Využívá se hlavně v důkazech.

Pro každé přirozené číslo p platí:

$p \geq 2$ je prvočíslo právě tehdy, když $(p - 1)! \equiv -1 \pmod{p}$.

Lze ho zjednodušit, pokud můžeme dané číslo p rozložit: $p = 4k + 1$. Pro takové prvočíslo p platí, že $((p - 1)/2)!)2 \equiv -1$. Již ale nelze implikaci otočit, tj. pokud podmínka $((p - 1)/2)!)2 \equiv -1$ platí, nelze z toho usoudit, že p je prvočíslo. Víme jen, že pokud tato podmínka neplatí, určitě p prvočíslem není. Tímto se dostáváme k tzv. pseudotestům – testům, které nám s jistotou neřeknou, jestli je číslo prvočíslem, jen případně potvrdí, že je číslem složeným.

Pseudotesty

Pseudotesty jsou testy, které nám dokážou s jistotou říci, že dané číslo je složené, ale nepotvrdí nám, že je to prvočíslo.

Fermatův test

Pierre de Fermat byl francouzský právník a matematikou se zabýval pouze ve svém volném čase. I přes to však byl významným odborníkem v teorii čísel – vymyslel Velkou a Malou Fermatou větu, je považován za jednoho ze zakladatelů teorie pravděpodobnosti a předchůdce diferenciálního počtu.

Fermatův test prvočíselnosti vychází z Malé Fermatovy věty:

$a^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$ (kde p je prvočíslo a a je přirozené číslo nesoudělné s p).

Když chceme zjistit, jestli je p prvočíslo, bereme různá a a zkoušíme, zda pro ně platí Malá Fermatova věta. Opět nemůžeme s jistou potvrdit, že dané p je prvočíslo, ale když podmínka neplatí, víme, že p prvočíslo není. Existují totiž Carmichaelova čísla, pro která platí Malá Fermatova věta, ačkoli to nejsou prvočísla. Například když:

$q = 6m + 1$, $r = 12m + 1$, $s = 18m + 1$,

pak qrs je Carmichaelovo číslo.

Pravděpodobnostní testy

Tyto testy jsou méně časově náročné (polynomiální v čase), ale jejich výsledek opět není stoprocentní.

Miller-Rabinův test

Tento test vytvořila dvojice počítačových vědců Gary Lee Miller a Michael Oser Rabin. Gary Miller je profesorem na univerzitě v Pittsbourghu. V roce 2003 byl oceněn v Paříži cenou Paris Kanellakis Award za Miller-Rabinův test. Michael Rabin se narodil roku 1931 v Německu. Po druhé světové válce odešel do Polska, kde žije i v současnosti. Za svůj dlouhý život se účastnil velkého množství projektů a dostal spoustu ocenění. Mezi nejcennější patří Turing Award z roku 1976 za dokument "Finite Automata and Their Decision Problem."

Základem Miller-Rabinova testu je, že pokud zapíšeme $p - 1 = 2^s d$, kde p je prvočíslo a d liché číslo, pak pro každé přirozené číslo $a < p$ platí buď:

$$a^d \equiv 1 \pmod{p},$$

nebo:

$$a^{d2^r} \equiv -1 \pmod{p}, \text{ kde } 0 \leq r \leq s - 1.$$

V algoritmu si nejdříve vybereme náhodné $a < p$ a otestujeme podmínky z věty. Pokud podmínky věty neplatí, pak je číslo p složené. Jestliže však podmínky věty platí, vyberu si další a.

Příklad: Budeme počítat s číslem $p = 49$

$p - 1 = 48 \Rightarrow 48 = 2^4 \cdot 3 \Rightarrow s = 4, d = 3$

Jako a si zvolíme číslo 3

$3^3 = 27 \Rightarrow 27 \bmod 49 = 27 \Rightarrow 27 \neq 1$ nebo $-1 \bmod 49$

$3^{2 \cdot 3} = 729 \Rightarrow 729 \bmod 49 = 43 \Rightarrow 43 \neq -1 \bmod 49$

$3^{4 \cdot 3} \bmod 49 = 36 \Rightarrow 36 \neq -1 \bmod 49$

$3^{8 \cdot 3} \bmod 49 = 22 \Rightarrow 22 \neq -1 \bmod 49$

Číslo 49 je číslo složené, a proto se nejedná o prvočíslo.

Pravděpodobnost, že pro p složené test n-krát neodhalí neprvočíselnost p, je $1/4^n$. Proto si při dostatečném počtu opakování testu můžeme být s libovolně velkou pravděpodobností jisti, že testované číslo p je prvočíslo.

3 Shrnutí

Seznámili jsme se s novými testy prvočíselnosti a projektem GIMPS, který umožňuje každému zapojit se do hledání rekordně velkých prvočísel. Podařilo se nám naprogramovat všechny zmiňované testy prvočíselnosti a programy otestovat na prvočíslech do 150 000. Můžete je najít na: tigr.fjfi.cvut.cz v sekci Pro střední školy.

4 Poděkování

Slečně Ing. Ľubomíře Balkové a panu Ing. Štěpánu Starostovi, kteří si s námi dali tu práci a seznámili nás s problematikou prvočísel, a samozřejmě také panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. A celému organizačnímu týmu Týdne vědy. Děkujeme i vám čtenářům, že jste našemu článku věnovali svou pozornost.

Reference:

[1] Crandall, R. – Pomerance, C.: Prime Numbers, A Computational Perspective Springer, 2005

[2] KŘÍŽek, M. - Sommer, L. - ŠolcovÁ, A.: Kouzlo čísel Galileo, 2009

Causality and Quantum Theory

MSc. Aurel Gábris, PhD., Dominik Miketa, Jan Mrozek, Jan Brandejs

June 15, 2010

Abstract

Our miniproject studied the principles of causality and their relation to Bell's inequalities. We were introduced into the problem of causality and proved that the Bell's inequalities are not violated in causal systems. Then we proved that some Bell's inequalities may be violated in non-causal systems, simulated some of the systems where this occurs and found maximum possible violations.

1 Introduction

The casual systems are systems in which some events are indirectly determined by some other events. This plays an important role in Quantum mechanics.

2 Thought experiment

As a model of causal system, we imagined a thought experiment. Assume that we have three people (A,B,C) sitting in three rooms.
Certain rules apply:
C can comunicate with A and B and A cannot comunicate with B.
C receives a prepared envelope. In this large envelope there are two medium-sized envelopes. Within each medium-sized envelope, there are three small envelopes.
There is a red or blue disc in each of these small envelopes. C takes the large envelope and randomly distributes the medium-sized envelopes to A and B. A and B open the envelopes and randomly pick one of the small envelopes. Then they look at the disc inside and write down the color.

Figure 2 shows the example of what they may have written down.

A	B
1R	2B
3R	3B
1B	1R
2B	1R
2R	3B
1B	1R
3R	2R

Figure 1: Possible results

As you can see there is one important rule: C only puts discs of opposite colors in the envelopes denoted by the same number. (The two small envelopes denoted by the same number coming from a single large envelope are *anticorrelated*.)
This means that when A opens the first envelope, he knows what is in B's envelope of the same number.

According to this rule there exist only four different types of large envelopes (figure 1)
We will call these four types of envelopes a, b, c and d.

The evelopes are chosen randomly, with their respective probabilities W_a, W_b, W_c and W_d.

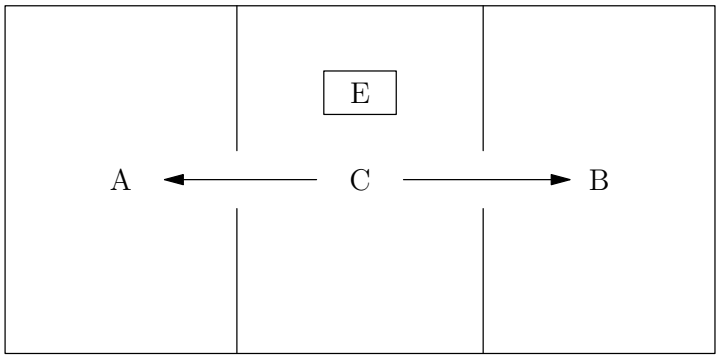


Figure 2: Thought experiment scheme

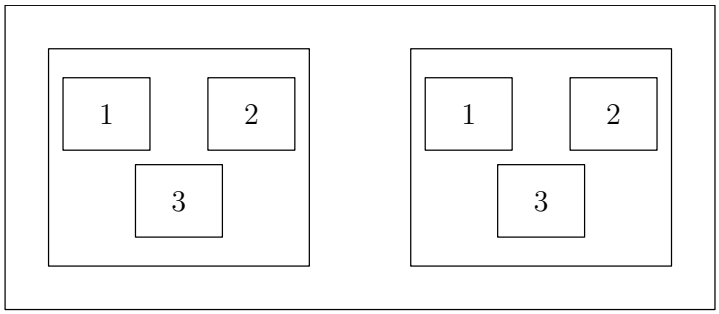


Figure 3: A large envelope

The probability of A choosing the first envelope and finding a red disc and B choosing the first envelope and finding a red disc is zero.

$$P(1R, 1R) = 0$$

the probability of A choosing the second envelope and finding a red disc and B choosing the second envelope and finding a blue disc is given by this formula:

$$P(2R, 2B) = \frac{1}{3^2}\frac{1}{2}$$

because there are three small envelopes to pick from.
The probability of A choosing 1B and B choosing 3R is:

$$P(1B, 3R) = \frac{1}{3^2}(W_c + W_d)\frac{1}{2}, \tag{1}$$

where and similar formulas for the other probabilites.

There we can get to the Bell's inequalities. One of them says that

$$P(1R, 2R) + P(2R, 3R) \geq P(1R, 3R)$$

Which leads to:

$$\frac{1}{9}(W_c + W_d)\frac{1}{2} + \frac{1}{9}(W_b + W_d)\frac{1}{2} \geq \frac{1}{9}(W_b + W_c)\frac{1}{2}$$

Simplified:

$$W_d \geq 0$$

Which always holds, because W_d is a probability. This proves that Bell's inequality in Eq. (1) is always satisfied.

This would be true for any general choice of large envelopes (not only in this case with opposite colors).
There are many other Bell's inequalities.

W_a	R, R, R	B, B, B
W_b	R, R, B	B, B, R
W_c	R, B, R	B, R, B
W_d	R, B, B	B, R, R

Figure 4: The four types of envelopes

3 Simulation

In the simulation, it was our task to numerically verify that Bell's inequalities are valid. We programmed a mathematical model in C++ which generated random envelopes with certain degrees of anticorrelation. The degree of anticorrelation was given by the factor ε.
If the $\varepsilon = 0$, the two medium envelopes are anticorrelated the most.
If the $\varepsilon = 1$, the two medium envelopes are independent and totally random.

To verify the Bell's inequality, we computed values of the quantity:

$$f = P(1R, 2R) + P(2R, 3R) - P(1R, 3R),$$

which should be non-negative when the inequality holds and negative when it is violated.

Figure 5 shows the results from our simulation.

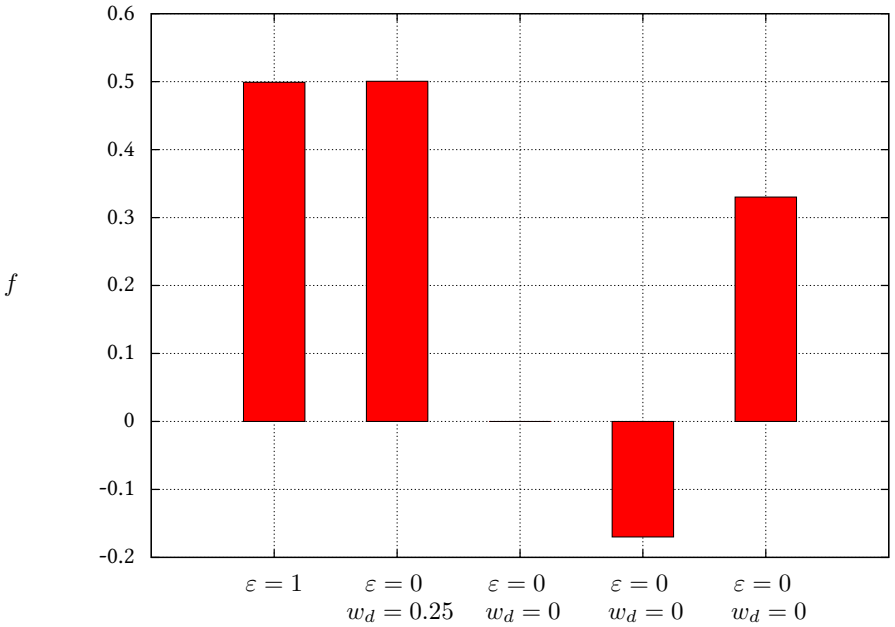


Figure 5: Results of the simulation. Negative values indicate violation of Bell's inequality.

We have obtained the first three bars, complying with the above rules. Then we have introduced a violation of causality with the following rule. When A opens the first envelope and finds a blue disc, then the disc in the third envelope of B turns blue.
The fourth and the fifth bars correspond to this case.
The Bell's inequality we used detects the violation only in the case when $W_a = W_b = W_c = \frac{1}{3}$ and $W_d = 0$. The violation in case of equal probabilities is undetected, and we would need to use a different Bell's inequality to detect it.

4 Violation of Bell's inequalities by Quantum Mechanics

We can move this experiment into the quantum domain, where we observe quantum particles instead of colored discs. This experiment is called The Bell Test of Quantum Mechanics.
The setup of this experiment is fundamentally the same as the first thought experiment's.

Instead of the medium-sized envelopes, we use a pair of correlated electrons, send them to A and B and let them measure their spins. A's and B's measuring apparatuses consist of three pairs of magnets shown in figure 6. A and B can decide which set of magnets they use for measuring the electron's spin. This corresponds to picking a small envelope out of the medium envelope. The spin of the electron can be measured in any direction by a pair of magnets. and can take the values of $\pm\frac{\hbar}{2}$. The correlations between the two electrons is such that, when their spins are measured in the same direction, they yield opposite results.

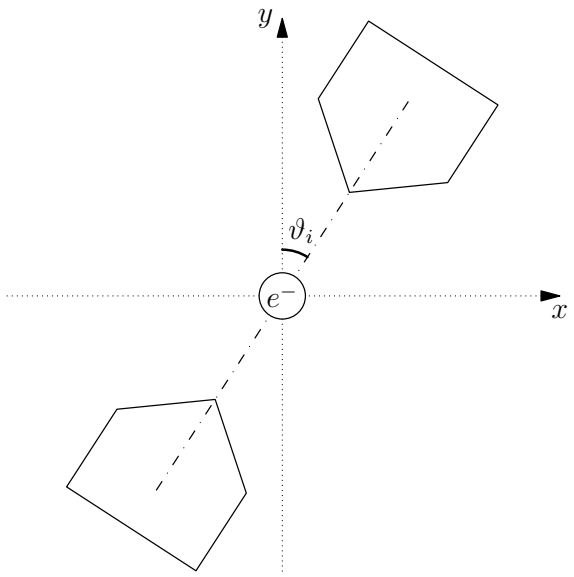


Figure 6: Spin analyzing apparatus

Let ϑ_i be the angle between a fixed axis and the axis of the i-th pair of magnets.
Then the difference between two angles is $\vartheta_1 - \vartheta_2 = \vartheta_{12}$.

For two arbitary directions, the probability of obtaining the same results is given by the Quantum Mechanics formula:

$$P(i+, j+) = \frac{1}{9} q_{\vartheta_{ij}} = \frac{1}{18}(1 - \cos\vartheta_{ij})$$

Then we subtitute to Bell's inequality

$$\frac{1}{18}(1 - \cos\vartheta_{12}) + \frac{1}{18}(1 - \cos\vartheta_{23}) \geq \frac{1}{18}(1 - \cos\vartheta_{13})$$

We found the function determining when Bell's inequalities hold and when they do not.

$$f(\vartheta_{12}, \vartheta_{23}) = 1 + \cos(\vartheta_{12} + \vartheta_{23}) - \cos\vartheta_{12} - \cos\vartheta_{23}$$

Analytically, we have found the minima and the maxima of the function.
The minima are at $[+\frac{\pi}{4}, +\frac{\pi}{4}]$ and $[-\frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{4}]$.
The maxima are at $[+\frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{4}]$ and $[-\frac{\pi}{4}, +\frac{\pi}{4}]$.
We found at which points the inequality is violated the most. This can be seen in figure 7.

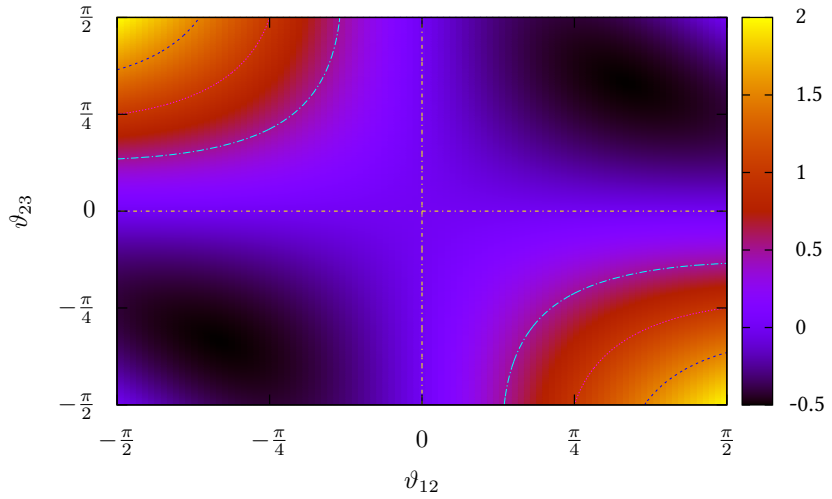


Figure 7: Degree of violation of Bell's inequality

5 Conclusions

In this miniproject we have proven that not every physical system is causal and that Bell's inequalities do not always hold. We have proven that Bell's inequalities always hold in a causal system.
The Bell Test of Quantum Mechanics has a great potential to be the keystone for quantum cryptography. The mechanism studied in this paper may be used to determine whether transported data was intercepted or not.

6 Acknowledgements

We would like to thank FNSPE CTU for hosting "Týden vědy 2010" and our supervisor, MSc. Aurél Gábris, PhD., for tuition.

7 References

[1] Péter Hraskó: A Bell-egyenlőtlenség. Fizikai szemle 7, 257-264 (1984)

[2] A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen: Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? Phys. Rev. 47, 777–780 (1935)

[3] J. S. Bell: "Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics." Cambridge University Press (1988)

[4] J. F. Clauser & A. Shimony: "Bell's theorem: experimental tests and implications" Rep. Progr. Phys. 41, 1881 (1978)

Cavendishův experiment

O. Vicenec – Gymnázium Šumperk, ondrasek.vic@seznam.cz

J. Veverka – Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora, j.vev@centrum.cz

F. Falta – Gymnázium Trutnov, fffrantik@seznam.cz

T. Jakoubek – FJFI ČVUT v Praze, tomas.jakoubek@cern.ch

Abstrakt:

Cílem Cavendishova experimentu je určení gravitační konstanty pomocí torzních vah, což lze využít k poměrně přesnému určení hmotnosti libovolného tělesa, v našem případě Země.

1 Úvod

H. Cavendish v roce 1798 poprvé určil relativně přesně hmotnost Země. Vycházel z Newtonova gravitačního zákona ve známém tvaru $F = G\frac{M_1 M_2}{r^2}$. Z této rovnice bylo potřeba zjistit velikost konstanty G, která nám po dosazení do vztahu $M_Z = \mathrm{g}\,\frac{\mathrm{R}^2}{G}$, dovolí stanovit hmotnost Země. Cavendishovi se podařilo měření tak přesně, že bylo překonáno až o 100 let později. Odchylka od dnešního nejpřesnějšího měření činila pouhé 1%.

2 Popis Cavendishova experimentu

Tak vysoká míra přesnosti, které bylo dosaženo, byla umožněna díky použití torzních vah, skládajících se ze dvou malých olověných kuliček na ose se zrcátkem, které jsou zavěšeny na torzním vlákně. Soustava je izolovaná od okolního prostředí, aby se zredukovalo co nejvíce vnějších činitelů, které by mohli měření ovlivnit. Tato soustava je také uzemněná, protože statická elektřina je u takto malých hmotností mnohonásobně větší než gravitační síla, tak by se lehce mohlo stát to, že bez uzemnění by se koule „nalepily“ díky statické elektřině na konstrukci. Součástí experimentu jsou dvě velké olověné koule o hmotnosti 1,25 kg. Přiblížením větších koulí ke koulím menším dojde k rozkmitání kyvadla. Laserový paprsek svítící na zrcátko umístěné na torzním vlákně je odrážen na stínítko ve vzdálenosti 626 cm(±1cm), na kterém lze vychýlení vlákna pozorovat s mnohem vyšší přesností. Průběh

výchylky v čase můžeme nafitovat např. pomocí programu Gnuplot. Z parametrů fitu a naměřených vzdáleností můžeme pomocí vztahu

$$G = \frac{\pi^2 b^2 S}{T^2 m_2 L} \frac{d^2 + \frac{2}{5}r^2}{d(1-\beta)}$$

určit gravitační konstantu.

Obr. 1: Fotografie torzních vah

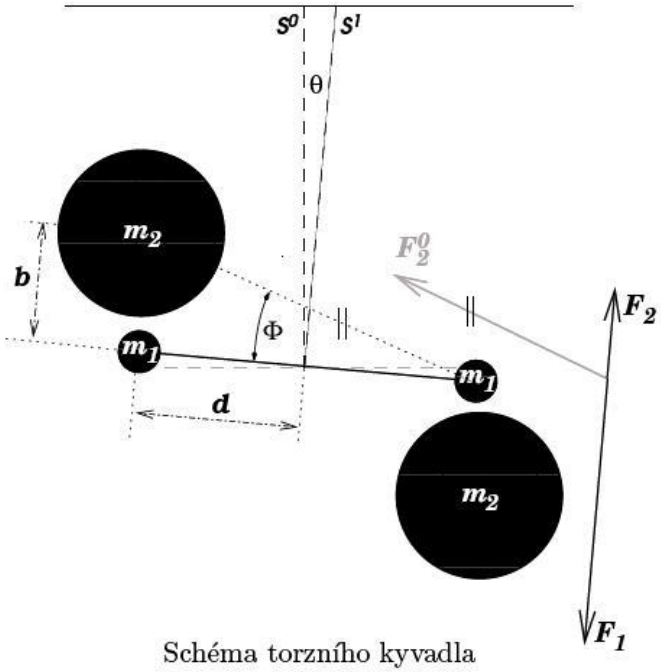


Schéma torzního kyvadla

Obr. 2: Schéma torzního kyvadla – pohled shora

3 Odvození vztahu pro výpočet

$$\begin{aligned}
\tau_f &= -\tau_t \\
2d(F_1 - F_2) &= k\theta \\
2d\left(G\frac{m_1 m_2}{b^2} - \underbrace{F_2^0}_{G\frac{m_1 m_2}{b^2+4d^2}} \sin\Phi\right) &= k\theta \\
2dGm_1m_2\left(\frac{1}{b^2} - \frac{1}{b^2+4d^2}\frac{b}{\sqrt{b^2+4d^2}}\right) &= k\theta \\
2dGm_1m_2\left(\frac{1}{b^2} - \frac{b}{(b^2+4d^2)^{3/2}}\right) &= k\theta \\
\frac{2dGm_1m_2}{b^2}(1-\beta) &= k\theta \\
\beta &= \frac{b^3}{(b^2+4d^2)^{3/2}}
\end{aligned}$$

$\tau_t, \tau_f -$ momenty sil ve spojených koulích

d – polovina vzdálenosti středů menších koulí

F_1, F_2 - síly působící na koule

m_2, m_1 - hmotnosti koulí

b – vzdálenost středů menší a větší koule

G – gravitační konstanta

k – torzní konstanta

θ – úhel vychýlení zrcátka

Po vyjádření konstanty k a úhlu θ, dosazení a upravení, dostáváme finální vztah, kde jsou obsaženy parametry aparatury – vzdálenosti, hmotnost větší koule (menší nepotřebujeme - v rovnici se vykrátí), poloměry koulí a vzdálenost aparatury od stínítka, a parametry nafitovaného průběhu kmitů – periodu kmitání a rozdíl středních hodnot.

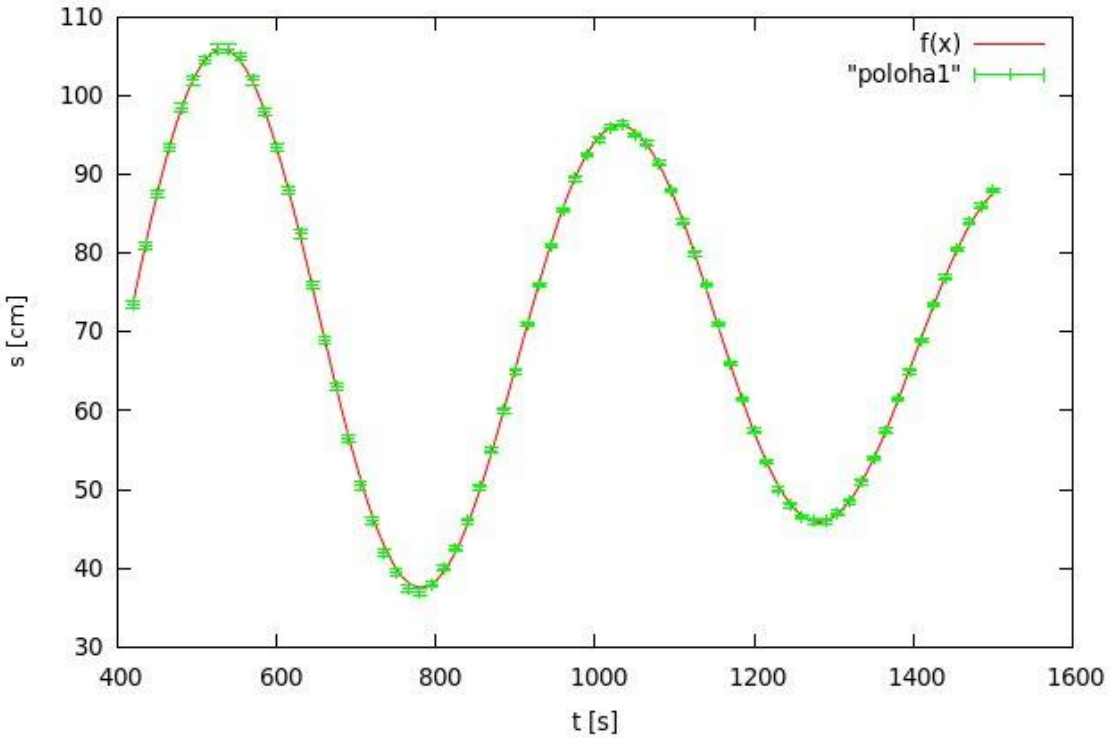
$$G = \frac{\pi^2 b^2 S}{T^2 m_2 L} \frac{d^2 + \frac{2}{5} r^2}{d(1-\beta)}$$

4 Výsledky

Naměřené průběhy výchylek kyvadla a jejich nafitování funkcí

$$f(t) = Ae^{-\delta t} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right) + S^{1(2)}$$

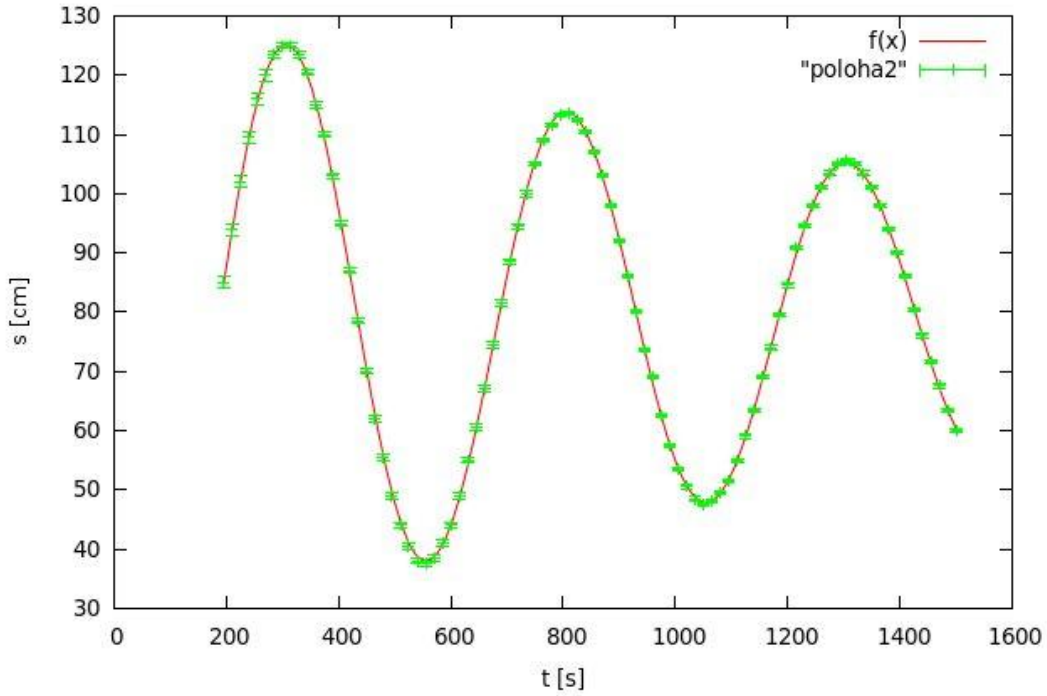
je na grafech 1 a 2.



Graf 1: Graf funkce v první poloze

První poloha:

a	=	51,0347	+/-	0,3521	(0.6898%)
d	=	0,00061129	+/-	6.963e-06	(1.139%)
T	=	499,471	+/-	0,2578	(0.05161%)
fi	=	1,11936	+/-	0,006528	(0.5832%)
s	=	69,1389	+/-	0,03809	(0.05509%)



Graf 2: Graf funkce v druhé poloze

Druhá poloha:

a	=	55,4303	+/-	0,2554	(0.4608%)
d	=	0,00055757	+/-	5.006e-06	(0.8979%)
T	=	498,55	+/-	0,1973	(0.03958%)
fi	=	-2,33699	+/-	0,004864	(0.2081%)
s	=	78,544	+/-	0,04011	(0.05107%)

Po dosazení hodnot do vztahu

$$G = \frac{\pi^2 b^2 S}{T^2 m_2 L} \frac{d^2 + \frac{2}{5} r^2}{d(1-\beta)}$$

jsme získali hodnotu gravitační konstanty 5,97.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}. Tabulková hodnota je 6,672.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}. Odchylka činí 9,76%.

5 Diskuse

Měření se nám povedlo relativně přesně, i když odchylka 9,76% je téměř dvojnásobná než tolerovatelných 5%. Odchylky jsou způsobeny lidským faktorem, citlivostí měřících přístrojů a zaokrouhlením výsledku.

6 Reference

[1] Zadání Cavendishova experimentu,
http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FundKonst/Cavendish/cav.pdf, [cit. 15. 06. 2010]

Základní experimenty se supravodiči

L. Homolová[1], M. Jiruš[2], P. Surý[3]
[1]Gymnázium Václava Hlavatého Louny, [2] Gymnázium Šternberk,
[3] Purkyňovo gymnázium Strážnice
[1] LenkaHom@seznam.cz, [2] hawk.skater@seznam.cz,
[3] midius@centrum.cz

Abstrakt

Cílem tohoto měření bylo zjistit přechodové teploty supravodičů YBaCuO a BSCCO, teplotní závislost měrného odporu a ověřit Meissnerův jev, tedy vytlačování magnetického pole ze supravodiče. Během měření jsme dosáhli velmi uspokojivých výsledků a prohloubily se nám znalosti.

1 Úvod

Holandský fyzik H. Kamerlingh-Onnes objevil supravodivosti roku 1911. Podařilo se mu zkapalnit helium a díky tomu došlo k zchlazení pevných látek na teplotu 4,2 K za normálního tlaku. Tím se otevřela cesta k využívání nízkých teplot ve fyzice. V dnešní době jsou nejvyšší přechodové teploty supravodičů až 254 K (jako mrazák). Často používaný supravodič je YBaCuO s přechodovou teplotou 94-100 K.

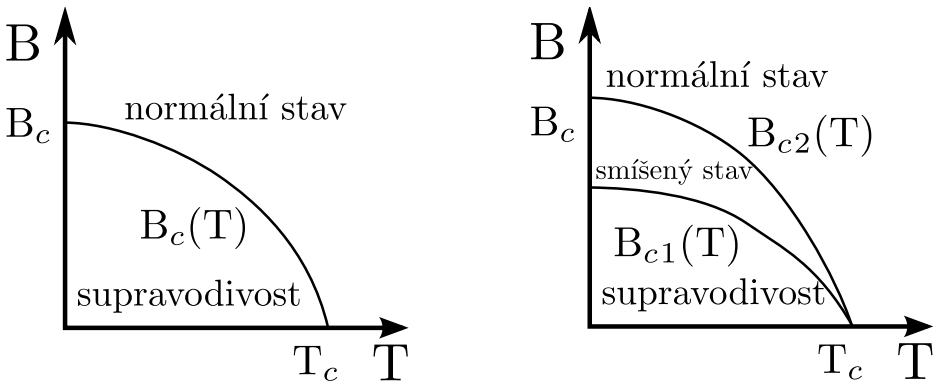
2 Teorie

Zavedeme základní pojmy:

- Kritická teplota (T_C) - po překročení této hodnoty supravodič přechází do normálního stavu.
- Kritické magnetické pole (B_C) - po překročení této hodnoty supravodič přechází opět do normálního stavu.
- Kritická proudová hustota (J_C) - je proud na jednotku plochy průřezu supravodiče.

Existují 3 typy supravodičů:

- Supravodiče I. typu (čisté vzorky olova, rtuti, cínu,...)
- Supravodiče II. typu (NbTi, Nb_3Ge,...)
- Supravodiče vysokoteplotní (YBaCuO, BSCCO, ...)



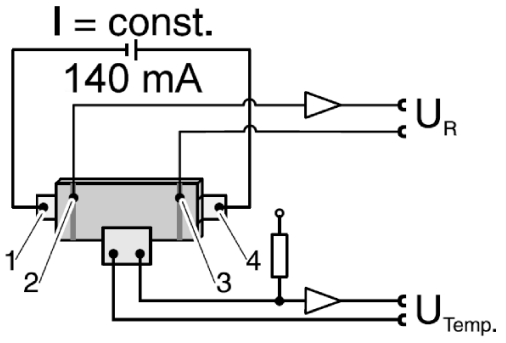
Obrázek 1: Závislost kritického magnetického pole B_C na termodynamické teplotě T_C

Jako supravodič je obvykle označována látka, která po ochlazení na určitou teplotu (kritická teplota T_C) má schopnost vést elektrický proud bez ztráty energie. To znamená, že látka nevykazuje žádný elektrický odpor. Uvnitř, v normálním případě, je elektrický proud způsoben putováním valenčních elektronů v krystalické mřížce. Při dosažení supravodivosti se už elektrony nepohybují chaoticky, ale uspořádaně (koherentně). Teorie je dosti složitá a vysvětluje se pomocí Cooperových párů.

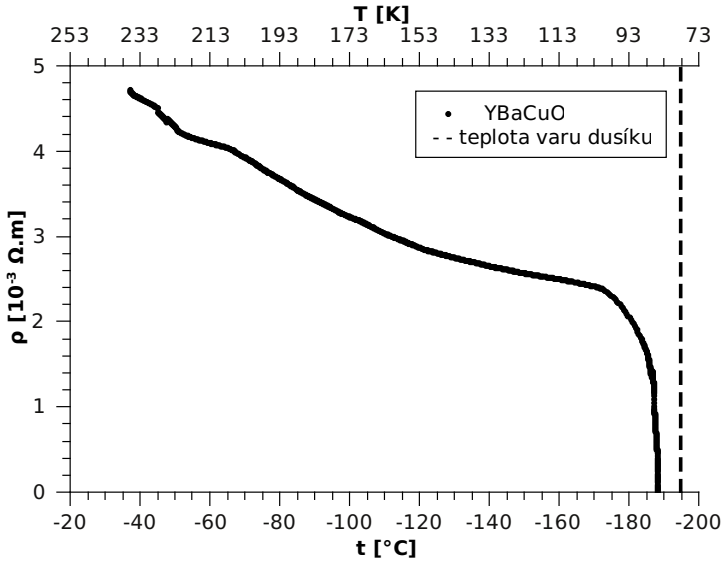
3 Popis experimentů

Pokus se zakládal na měření závislosti napětí na teplotě supravodičů. Z toho jsme posléze vypočítali závislost rezistivity na teplotě. Pokus probíhal se supravodiči YBaCuO a BSCCO.

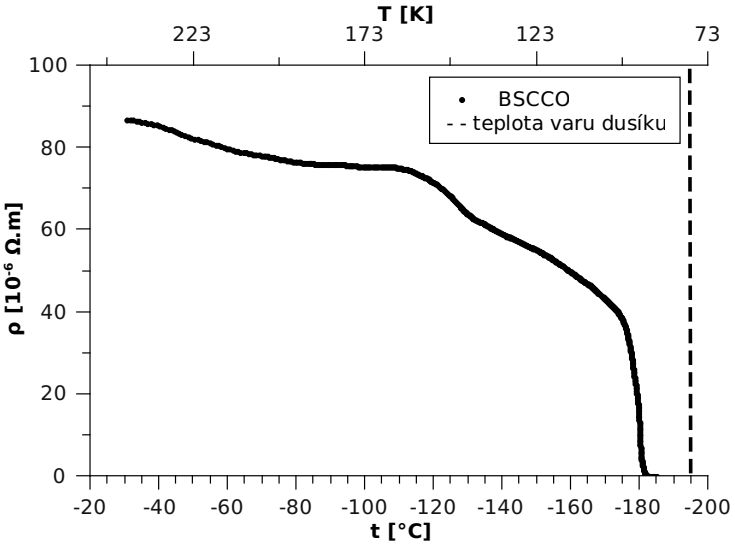
Sestavili jsme soustavu podle schématu (Obr. 2). K supravodiči jsme připojili termistor, který byl připojen do zesilovače. Ten nám přepočítal odpor termistoru přímo na teplotu. Supravodič jsme vložili do hliníkového obalu a vsunuli do misky z izolačního materiálu a ochladili tekutým dusíkem. Teplotu jsme měřili termistorem a po celou dobu jsme snímali data do počítače. V závěru jsme data zpracovali do grafů.



Obrázek 2: Schéma zapojení soustavy pro měření



Obrázek 3: Graf závislosti rezistivity na teplotě u supravodiče YBaCuO



Obrázek 4: Graf závislosti rezistivity na teplotě u supravodiče BSCCO

4 Výsledky

Grafy (Obr. 3,4) znázorňují závislost rezistivity na teplotě. Se snižující se teplotou klesá i rezistivita. U supravodiče YBaCuO v polovině výšky poklesu byla teplota 86 K a úplné supravodivosti jsme dosáhli při teplotě 84 K. U supravodiče BSCCO v polovině výšky poklesu byla teplota 93 K a úplné supravodivosti jsme dosáhli při teplotě 90 K. Tabulková hodnota kritické teploty YBaCuO je 93 K a BSCCO je 108 K.

5 Diskuse

Pokud srovnáme tabulkové hodnoty kritické teploty a námi naměřenými výsledky je jasné, že se odlišují o 10 a více kelvinů. K odchylkám mohlo dojít z důvodu špatného tepelného propojení termistoru a supravodiče. Navíc se nám nepodařilo supravodič ochladit na teplotu kapalného dusíku, protože jsme nenechali dostatečně dlouho vyrovnat teploty. Další chyba mohla nastat s nedostatečnými rozlišovacími schopnostmi použitých přístrojů a neuskutečněnou kalibrací termistoru.

Shrnutí

Supravodivost se nám opravdu podařilo potvrdit. Jak pomocí pokusu měření napětí a určením rezistivity, tak také levitací magnetu nad supravodičem a ověřením Meissnerova jevu. I když je to již téměř 100 let od objevu, je zde stále mnoho nezodpovězených otázek a tento okruh bádání poskytuje ještě mnoho příležitostí se prosadit a objevit nové skutečnosti.

Poděkování

Děkujeme FJFI za pořádání TV 2010 a za velmi zajímavé přednášky, exkurze a projekty. Také chceme moc poděkovat našemu supervizorovi Michalu Odstrčilovi za odborný dohled a výklad k tématu.

Literatura

[1] J. Pinkas, J. Löbl, H. Řehulková: Příprava YBaCuO supravodiče

[2] S. M. Arora, V. H. Desai, K. B. Sundaram: Departments of Mechanical and Aerospace Engineering and Electrical Engineering

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

Raytracing

I. Bobuskyy*, D. Humpál**, H. Jemelík***, T. Pokorný***
*Gymnázium Benešov, ** Gymnázium Christiana Dopplera, ***Gymnázium Brno, tř. Kpt. Jaroše

xtompok@gmail.com

Abstrakt

Raytracing je globální zobrazovací metoda, jejíž cílem je fotorealistické zobrazování. V rámci našeho miniprojektu jsme implementovali základní podobu algoritmu raytracingu a při renderování několika scén jsme ověřili její funkčnost.

1 Úvod

Pomocí raytracingu (tj. sledování paprsku) lze do značné míry fotorealisticky renderovat (zobrazovat) 3D scénu popsanou pomocí geometrických objektů. Podstata raytracingu vychází z geometrické optiky a jeho výhodou je jednoduchost algoritmu i snadná implementace. V určitých modifikacích se používá jako základní součást komplexních algoritmů pro fotorealistické zobrazování, jejichž výsledkem je mimo jiné zachycení co možná nejširší škály efektů.

2 Princip

Princip spočívá v tom, že každým pixelem průmětny vedeme paprsek směrem od pozorovatele (resp. středu promítání). Barva pixelu vznikne složením barev mnoha paprsků.

Šíření světla (v základní verzi algoritmu)

Najdeme nejbližší povrch, který paprsek protíná (od kterého přichází). Světlo přicházející z toho bodu obecně tvoří:

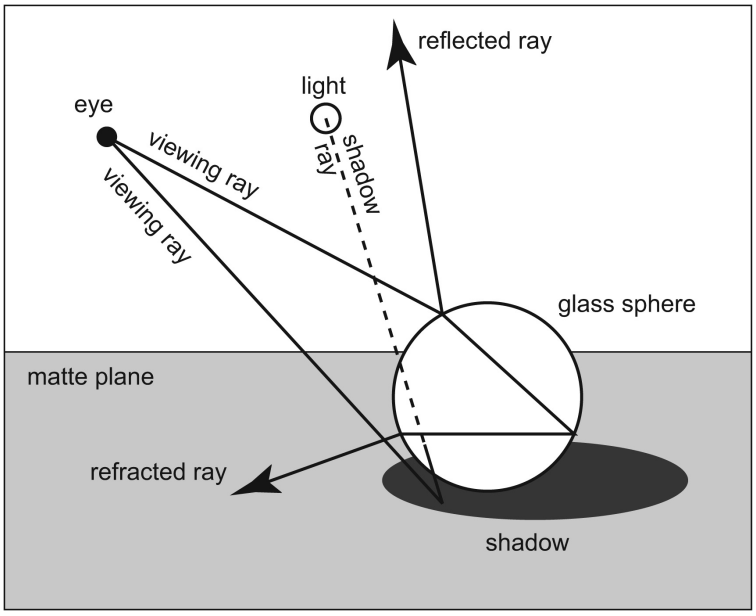
1. ambientní osvětlení objektu
2. difuzní odraz, tj. světlo vzniklé přímým difuzním odrazem (bodových) světelných zdrojů od povrchu
3. zrcadlový odraz světelného zdroje
4. světlo přicházející od jiného objektu a odražené v odpovídajícím směru
5. světlo procházející průhledným objektem

První tři složky popisuje tzv. Phongův osvětlovací model [2].

Sledování paprsku

V algoritmu se sledují následující typy paprsků (Obr. 1):

1. primární paprsek (viewing ray) - paprsek směrem od pozorovatele
2. sekundární paprsky vycházejí z bodu dopadu primárního paprsku. Jedná se o
   (a) stínový paprsek (shadow ray) - jeho úkolem je zjistit, zda se místo dopadu nachází ve stínu. Z místa dopadu je vyslán stínový paprsek ke každému světelnému zdroji. Pokud paprsek neprotíná žádný objekt, je tento bod daným světelným zdrojem osvětlen. V opačném případě je vůči tomuto zdroji ve stínu.



Obrázek 1: Schéma algoritmu sledování paprsku

(b) odražený paprsek (reflected ray) - paprsek, který přichází ze směru, ze kterého by se mohl odrazit směrem k pozorovateli

(c) lomený paprsek (refracted ray) - prochází rozhraním prostředí s různými indexy lomu a světlo se zde láme.

V bodě průsečíku primárního paprsku s povrchem objektu vypočítáme Phongův osvětlovací model pro nezastíněné světelné zdroje. K výsledné barvě přičteme s odpovídajícím koeficientem barvu odražených a lomených paprsků, které jsme sledovali rekurzivně stejnou procedurou jako paprsek primární. K zastavení rekurze stačí splnit alespoň jednu z následujících podmínek.

- Paprsek opustí scénu.
- Příspěvek barvy je nedostatečně velký.
- Je dosažena maximální hloubka rekurze.

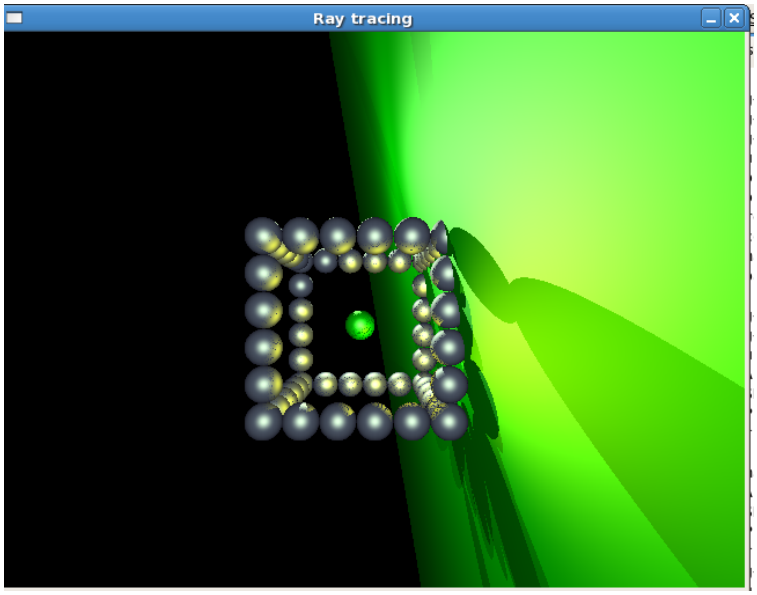
3 Implementace

Tvorba programu byla pojata jako týmový softwarový projekt a proto je celý algoritmus rozdělen do několika modulů, programovaných samostatně. Algoritmus jsme implementovali v jazyce C++ v prostředí linuxové distribuce CentOS. Ke grafickému vykreslení jsme využili knihovnu SDL. Náš program je napsán plně objektově, využívá dědičnosti a virtuálních metod. Implementovali jsme odrazy a průchody paprsků koulemi a rovinami, během další práce na projektu by bylo snadné jej doplnit o další třídy definující jiné objekty.

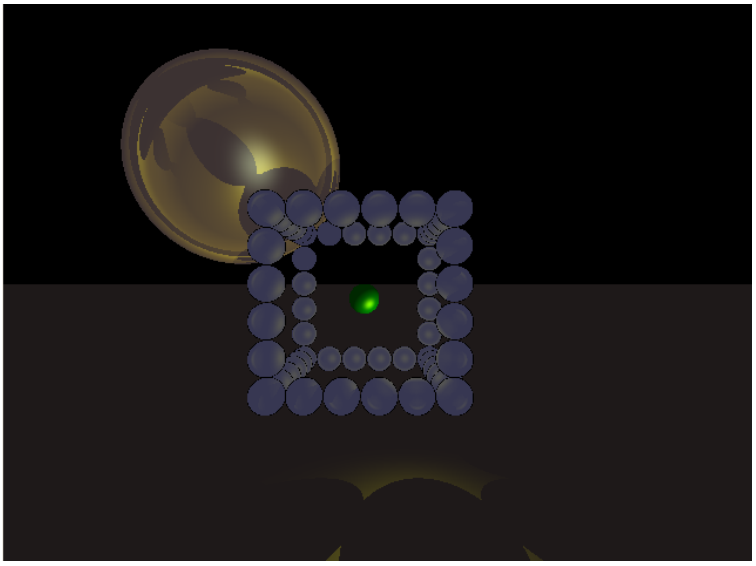
Při spuštění programu dojde k zavolání funkce `scena`, která inicializuje prostředí - objekty, kamery, zdroje světla. Následuje volání funkce `render`, jejímž úkolem je vyslat paprsek z pozice kamery postupně na všechny pixely promínaté plochy. K tomu se využívá funkce `SledujPaprsek`, která se rekurzivně volá a následuje dráhu paprsku. K tomuto účelu volá funkce `NejblizsiPrusecik` a `PhongIllumination`, které zjistí nejbližší objekt na dané přímce a osvětlení daného bodu.

4 Výsledky

Pomocí našeho programu se nám podařilo vyrenderovat několik scén, z nichž dvě jsou uvedené v tomto příspěvku na Obr. 2 a Obr. 3.



Obrázek 2: Testovací scéna 1



Obrázek 3: Testovací scéna 2

5 Závěr

V rámci miniprojektu jsme se během dvou dnů seznámili s principem metody sledování paprsku pro počítačové zobrazování trojrozměrných scén a úspěšně jsme naprogramovali jejich implementaci. Přitom jsme si vyzkoušeli práci v týmu, moderní programovací techniky a další úkony, které bývají součástí dnešních softwarových projektů.

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

Reference

[1] P. Strachota: *Počítačová grafika* (přednášky). FJFI ČVUT, Praha, 2010

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

[3] T. Whitted: *An improved illumination model for shaded display*. Comm. ACM, 23(6), (1980), 343-349

Náhodné procházky

aneb náhoda je blbec

K. Heger[1], V. Větrovec[2]

[1]Gymnázium Václava Hraběte, Hořovice, krystofheger@seznam.cz

[2]Gymnázium Třebíč, Třebíč, v.vetrovec@gmail.com

Abstrakt:

Cílem naší práce je simulace náhodných procházek. Nejprve se na problematiku podíváme teoreticky za pomoci počítání pravděpodobností. Poté ji budeme simulovat na počítači a následně výsledky pokusů porovnáme s teoretickými předpověďmi. Zaměříme se také na srovnání jednotlivých variant procházek - klasické, spojité a kvantové.

1 Úvod

Na začátek by bylo dobré uvést, co to náhodná procházka vlastně je. S touto myšlenkou přišel statistik Karl Pearson v roce 1905.

Náhodné procházky jsou modely pohybu. Můžeme si je představit jako chodce, který stojí v počátečním bodě. Může dělat libovolně dlouhé kroky do různých směrů. Chodci také můžeme vymezit směry a délku kroku. Takto se může pohybovat po jakési mřížce v dvourozměrném prostoru. Nejjednodušším příkladem je pak pohyb po přímce.

Vlastní pohyb je čistě daný náhodou a jeho délka je daná počtem kroků z dané výchozí polohy. Výsledkem procházky je pravděpodobnostní rozložení, které říká, s jakou pravděpodobností chodec skončí v jednotlivých bodech. Pravděpodobnostní rozložení je ovlivněno danou pravděpodobností pro každý směr pohybu. Při pohybu na přímce může mít chodec pravděpodobnost toho, že zůstane stát, 60%, kroku doleva 30% a doprava 10%. Potom bude výsledná křivka vychýlená od počáteční polohy doleva.

Zkoumali jsme tři druhy náhodných procházek: klasickou, spojitou a kvantovou. V případě klasické procházky se může chodec pohybovat na přímce do dvou směrů a někdy je mu dána i možnost setrvat na místě. Tomuto pohybu se občas říká chůze opilého námořníka. U spojité procházky má chodec velkou pravděpodobnost, že zůstane na místě. Rychlost této procházky se dá ovlivnit dvěma způsoby. Buď snížíme pravděpodobnost stání, nebo se bude rozhodovat častěji. Kvantová procházka vychází z kvantové mechaniky, a tak chodce považujeme za vlnu, která se šíří prostorem. Pravděpodobnostní maxima se od sebe vzdalují a

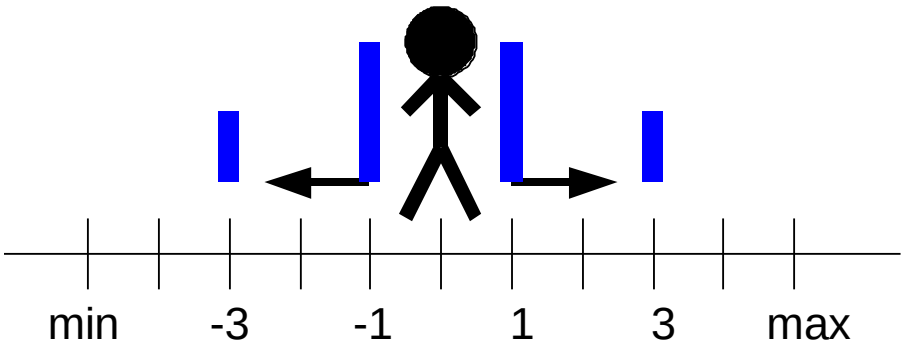
v počátečním bodu dochází k destruktivní interferenci, tudíž se pravděpodobnost razantně sníží.

Náš chodec měl přesně stanovenou délku kroku. Dále mu může být umožněno dělat kroky o náhodné délce nebo také jednu délku kroku a malou pravděpodobnost, s kterou udělá najednou velký skok. Existuje mnoho dalších možností.

2 Pokus s chodcem na přímce

Postavili jsme chodce do výchozí polohy ve středu přímky. Měl možnost udělat krok doleva nebo doprava a rozhodoval se na základě hodu mincí (panna, orel). Pravděpodobnost pohybu do každého směru byla tedy 50%. Stanovili jsme mu počet kroků na pět.

Z šesti opakování pokusu skončil chodec dvakrát v poloze 1, dvakrát v poloze -1, jednou v 3 a jednou v -3.

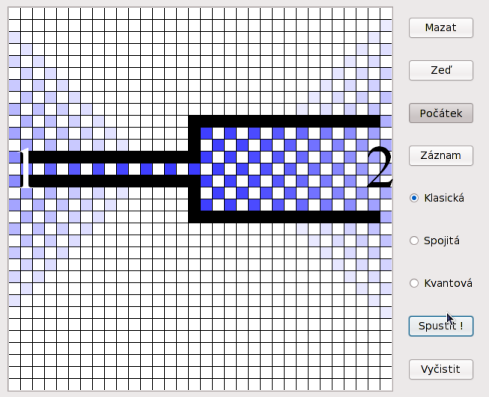


Výsledky ukazují, že pravděpodobnostní křivka má maximum nejblíže výchozí polohy a minimum má v obou extrémních polohách. Potvrdili jsme, že pravděpodobnost je Gaussovsky rozložená. Čím více měření provedeme, tím přesnější hodnoty dostaneme.

Můžeme si také všimnout, že chodec skončil vždy v liché poloze. To je způsobeno počtem kroků, který je také lichý. Pokud by byl sudý, chodec by ušel také sudý počet kroků, nebo by skončil ve výchozí poloze. Aby chodec mohl skončit i v sudých polohách po lichém počtu koků, přidáme mu možnost setrvat na místě.

3 Pokus s chodcem v dvourozměrném prostoru

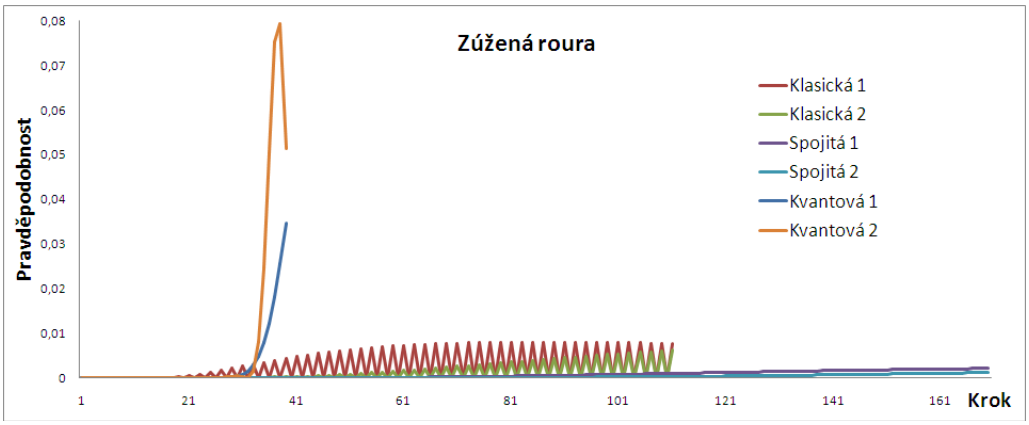
Od supervizora jsme dostali k dispozici program, který simuloval všechny námi zkoumané procházky v rovině. Plocha je rozdělena do 32x32 čtverců. Do jednoho ze čtverců jsme umístili počátek. Dále jsme mohli namalovat zeď, od které se chodec odrážel stejně jako od hranice plochy. Naší další možností bylo zaznamenávat průběh pravděpodobnostní křivky v určitém bodě. Zaznamenané hodnoty jsme dále zpracovávali v Excelu.

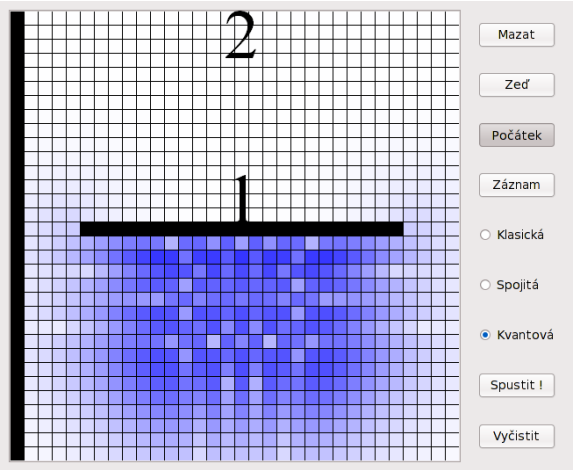


Pokus č.1

Zkoumali jsme rychlost šíření pravděpodobnosti tenkou a tlustou trubicí.

Výsledky jsou patrné z grafu, a to že v užší cestě se pravděpodobnost šíří rychleji než v široké. Výjimku tvoří kvantová procházka. Ta dorazila na konce obou trubic téměř současně a navíc má vyšší pravděpodobnost v bodě 2.

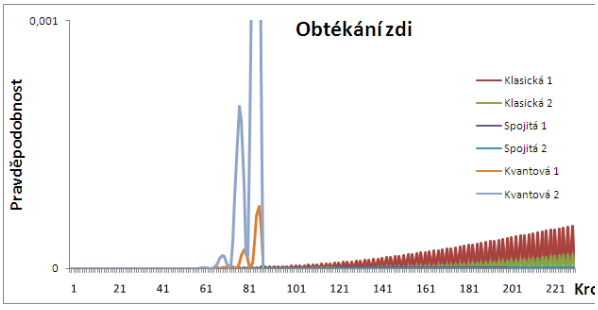


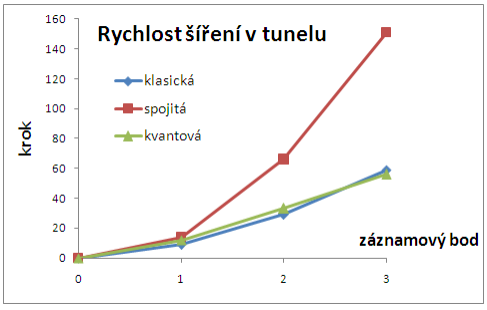


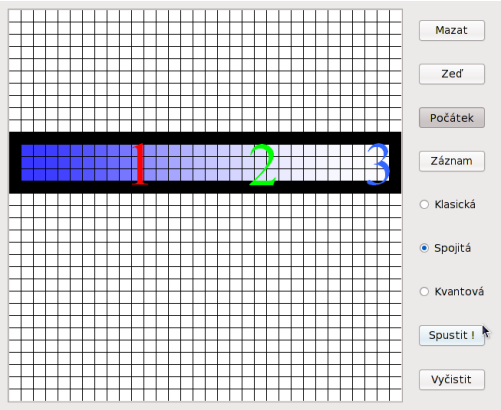
Pokus č.2

Tímto pokusem jsme prozkoumali rychlost šíření za zdí. V poli se nachází ještě druhá zeď, která má za úkol omezit počet polí na lichý počet. Poté máme počátek a záznamové body na ose plochy.

Výsledek nás opět překvapil. Kvantová procházka dorazila do záznamových bodů v opačném pořadí než klasická a spojitá procházka. Znovu se setkáváme s interferencí, která to má na svědomí.







Pokus č.3

Tento pokus ukazuje rychlost šíření pravděpodobnosti do záznamových bodů rovnoměrně vzdálených od počátku v závislosti na druhu procházky.

Výsledek je neméně zajímavý. Spojitá procházka je nejpomalejší, na to už jsme si zvykli. Klasická je zpočátku nejrychlejší (dostane se do 1. bodu za nejmenší počet kroků), ale mezi druhým a třetím bodem je předehnána kvantovou.

4 Shrnutí

Teoretická rychlost šíření pravděpodobnosti je u klasické i spojité procházky úměrná odmocnině z času, přičemž konstanty úměrnosti jsou různé. Kvantová procházka a její rychlost je přímo úměrná času. Z toho plyne, že rychlost kvantové procházky je vždy největší.

V pokusech jsme ověřili, že rychlosti šíření pravděpodobnosti klasické a spojité procházky má průběh jako graf odmocniny, tedy zpočátku jsou velmi rychlé a potom se zpomalují. Zatímco rychlost kvantové postupuje prakticky po přímce.

Na kvantovou procházku má velký vliv interference vln. Způsobuje to, že se procházka šíří za překážkou nejlépe pod úhlem 45°.

Toto modelování má využití ve fyzice pro simulaci náhodného pohybu (difúze, Brownův pohyb), v matematice pro ekonomické simulace a v počítačích pro řešení některých speciálních problémů, např. odhadů objemu.

Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali Fakultě jaderně a fyzikálně inženýrské ČVUT a organizátorům Týdne vědy za možnost uskutečnění tohoto projektu, zvláště pak našemu supervizorovi Václavu Potočkovi.

Reference:

[1] Hoskovec A., Hlaváč M., *Teorie náhodné procházky a její ověření*. Sborník Fyzikálního semináře na FJFI ČVUT, Praha (2001)

[2] Bartuňková M., *Náhodná procházka a její aplikace*. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta MU, Brno (2007)

[3] Hughes D.H., *Random Walks and Random Enironments, vol. 1: Random Walks.* Clarendon Press, Oxford, 1995, str. 53--57.

Simulace socio-ekonomických systémů

Michal Dobeš, Slovanské gym. Olomouc michal.dobes.jr@gmail.com
Tadeáš Hájek, Gym. J.O. Kutná Hora hajek-tadeas@seznam.cz
Jakub Šindelář, Gym. Třebíč sindelar.jakub@gmail.com
Petr Šturz, Gym. Ohradní Praha pslef@seznam.cz

Abstrakt:
Využijeme socio-ekonomického modelu EPC k simulaci cirkulace peněz mezi *trhem*, *agenty* a *firmami*. Budeme si všímat nezaměstnanosti, rozložení majetku mezi *agenty*, úspěšnost *firem* a dalších charakteristik systému. Parametry budeme upravovat, abychom mohli určit podmínky vedoucí k nežádoucím až patologickým stavům ekonomického systému.

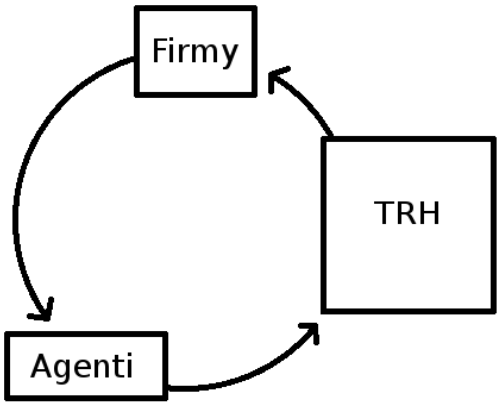
1 Úvod

K vysvětlení socio-ekonomických fenoménů lze využít simulace jejich modelů. Tyto modely zjednodušeně obsahují procesy, které mění souřadnice zkoumaného systému. Budeme pozorovat chování modelu při změnách v jednotlivých souřadnicích a pokusíme se vyvodit metody pro použití.

2 Model EPC

Model EPC (Employment, Production, Consumption) se snaží simulovat cirkulaci peněz v uzavřeném prostředí. Pracuje na principu simulace *agentů*, z nichž každý má své souřadnice. Souřadnice sociálního statutu nabývá vždy jednu ze tří hodnot – ty jsou *zaměstnanec*, *zaměstnavatel* (majitel *firmy*), *nezaměstnaný*. Každý z agentů má dále svůj majetek, případně vazby k *firmě* (může být vlastník nebo zaměstnanec). Jeden krok simulace probíhá v pěti fázích. Jsou to:

1) **Vytváření firem**
   Firmu může vytvořit dvojice *agentů*, z nichž jeden má dostatečný kapitál pro vytvoření *firmy*. Do ní vloží část svého majetku a stane se *zaměstnavatelem* (každá *firma* má právě jednoho majitele). Již existující *firmy* v tomto kole nabírají další *zaměstnance*.
2) **Vytváření zisku**
   Každý *zaměstnanec* (včetně majitele) přináší své firmě náhodně generované tržby z *trhu*.
3) **Výplata mezd**
   Z tržeb a rezerv je *zaměstnancům* vyplacena mzda, která se skládá z fixní části a z části proměnné (náhodný bonus ovlivněný parametrem). Poté je vyhrazena rezerva, kterou si *firma* nechá do dalšího kroku. Zbytek zůstane *zaměstnavateli*.
4) **Snižování stavů**
   Podle výše rezervy na další krok je vypočteno, kolik *zaměstnanců* si *firma* může dovolit. Zbytek je vyhozen.
5) **Spotřeba**
   Každý *agent* v této fázi přesune náhodnou část svého majetku do *trhu*.



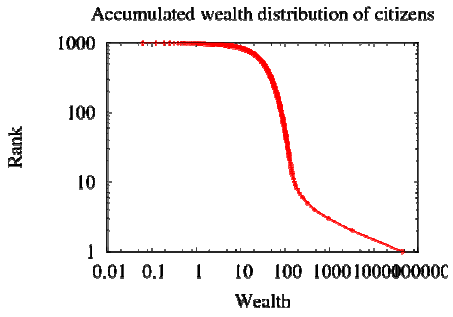
Obr.1 Znázornění modelu EPC

K původnímu modelu, který přibližně odpovídal vyváženému stavu, jsme vytvořili dva alternativní. U prvního jsme zvýšili požadovaný kapitál pro založení firmy a taktéž snížili rezervy a platy. U druhého jsme razantně zvýšili parametr ovlivňující výši mzdy a snížili množství peněz jdoucí do rezerv.

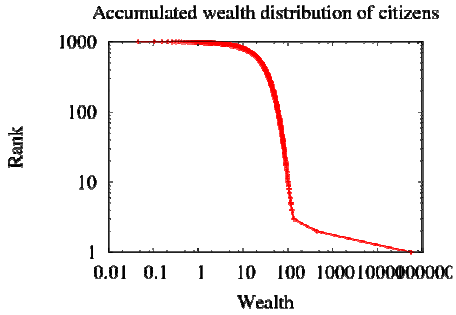
Následně jsme pozorovali odchylky oproti původnímu stavu. V prvním případě došlo ke vzniku k nerovnoměrnému rozložení majetku ve společnosti (obr. 3). Díky nízkým rezervám se v systému udržely jen velké firmy, kterým v podstatě nehrozí krach. Protože jsme zvýšili kapitál, který je třeba k založení firmy, nové firmy již nevznikají. Na trhu se tedy ustaluje malý počet velkých firem (obr.6) s bohatými majiteli, které, protože mají hodně zaměstnanců, nedávají prostor malým společnostem, a ty krachují. Tento model nám vystihuje monopolistickou strukturu ekonomiky.

V druhém případě můžeme, díky vyšším platům, naopak pozorovat mnohem rovnoměrnější rozdělení majetku (obr. 2). Na druhou stranu kvůli nízkým rezervám firem společnosti krachují, čímž se zvýší celková nezaměstnanost. Nezaměstnaní se v tomto systému mají dobře, a tak mají dostatečný kapitál k založení vlastních firem (model samozřejmě počítá s tím, že mají chuť k podnikání). Počet organizací se tedy, narozdíl od monopolistického modelu a původního stavu, v čase neustaluje, naopak se bude s jistou pravděpodobností stále měnit (obr. 7).

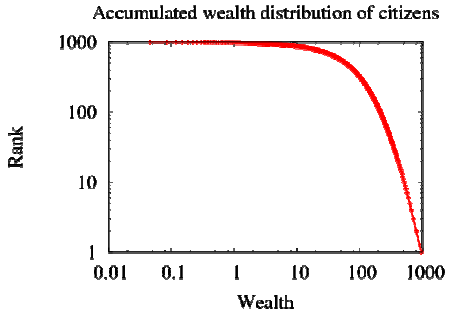
Rozložení majetku mezi agenty



Obr.2 Původní stav

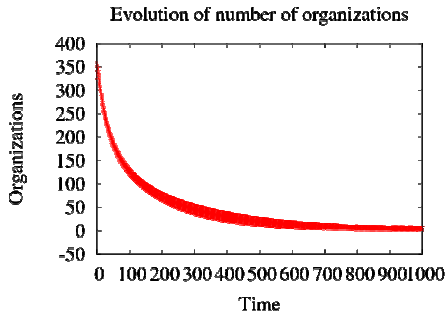


Obr.3 Monopol

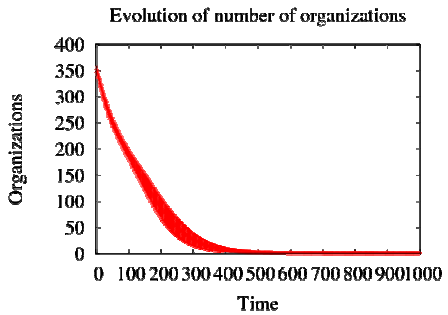


Obr.4 VPMR

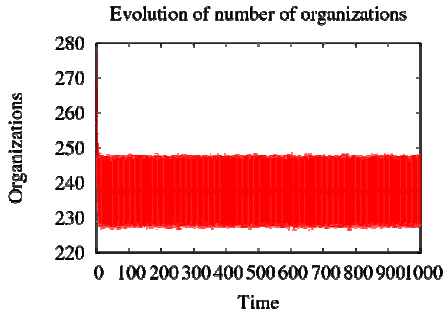
Vývoj počtu organizací



obr.5 Původní stav



obr.6 Monopol



obr.7 VPMR

Modely mohou velice dobře zobrazit zjednodušený socio-ekonomický problém, nezahrnují však všechny faktory (např. funkce státu, bank), a proto nepopisují reálné chování systému dokonale. Jistá část z pozorovaných jevů však může odpovídat realitě.

3 Shrnutí

Prací s modelem EPC jsme se seznámili s fungováním základních mechanizmů socio-ekonomické reality a s vzájemnou provázaností jednotlivých souřadnic modelu. Nakonec jsme odhalili možnost cílené úpravy za účelem dosažení specifických výsledků. Modely mohou být využity pro předpověď různých alternativních vývojů daných ekonomických systémů v blízké budoucnosti. Vzhledem k velké míře zjednodušení by se na ně nemělo plně spoléhat.

4 Poděkování

Děkujeme organizátorům Týdne vědy na Jaderce za poskytnutí příležitosti rozšířit si naše obzory prací na tomto miniprojektu, dále bychom chtěli velice poděkovat našemu supervizorovi Ing. Hynku Lavičkovi PhD, který nám svým vedením nesmírně pomohl. Také děkujeme superpočítači Sunrise za ochotné provedení výpočtů.

5 Reference:

[1] LAVIČKA, H. – LIN, L. – NOVOTNY, J.: *Employment, Production and Consumption model: Patterns of phase transitions*, 2010, Physica A 389(2010)1708-1720

Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?

J. Janda, Střední průmyslová škola strojnická, Olomouc
j.janda.org@gmail.com
A. Jíchová, Gymnázium Plasy
JichovaAneta@seznam.cz
A. Neoral, Gymnázium Hejčín, Olomouc
A.Neoral@seznam.cz
I. Pelikánová, Gymnázium Slovanské náměstí, Brno
pelikanovaivet@seznam.cz
D. Vít, Gymnázium Trutnov
dominik.vit@gmail.com

Abstrakt:

Tento miniprojekt byl zaměřen na seznámení s největším urychlovačem částic na světě LHC (Large Hadron Collider), který se nachází na hranicích Švýcarska a Francie. LHC urychluje protony či těžká jádra na neuvěřitelnou rychlost, takřka rychlost světla. Naším úkolem bylo nasimulovat pomocí počítačového programu PYTHIA srážku protonů a porovnat naše výsledky s daty první skutečné srážky v LHC. V této simulaci jsme zadali potřebné hodnoty energie urychlených částic a počet srážek, které jsme chtěli sledovat a výsledky jsme zadali do programu, který nám vytvořil histogram vzniklých částic. U nových částic jsme sledovali pouze jejich rapiditu, a to v rozmezí, které je detektorem ALICE nejpřesněji zachycováno.

Naším cílem bylo se co nejvíce přiblížit výsledkům z odborného časopisu The European Physical Journal C.

Úvod

Lidé se snaží již od pradávných dob zjistit, jak vznikl vesmír a jaká je jeho podstata. Za tímto účelem byla založena Evropská organizace pro jaderný výzkum se sídlem poblíž Ženevy. Úkolem laboratoře je porozumět tomu, z jakých součástí je hmota složena a jak tyto součásti spolu interagují. Pomocí detektorů lidé zjistili, že mimo základních elementárních částic – elektrony, protony a neutrony – na Zemi dopadá z kosmu velké množství dalších částic. V tomto bádání bylo navrhnuto, postaveno a spuštěno několik urychlovačů nabitých částic. V USA se nachází dva urychlovače Tevatron ve Fermilab a RHIC na výzkumném pracovišti Brookhavenské národní laboratoře. Tyto urychlovače umožnili objevení kvarků, které tvoří protony a neutrony, a množství dalších nabitých i nenabitých částic. V dnešní době se vědci snaží objevit Higgsův boson, který byl již vypočítán, ale nebyl zatím detekován. V rámci

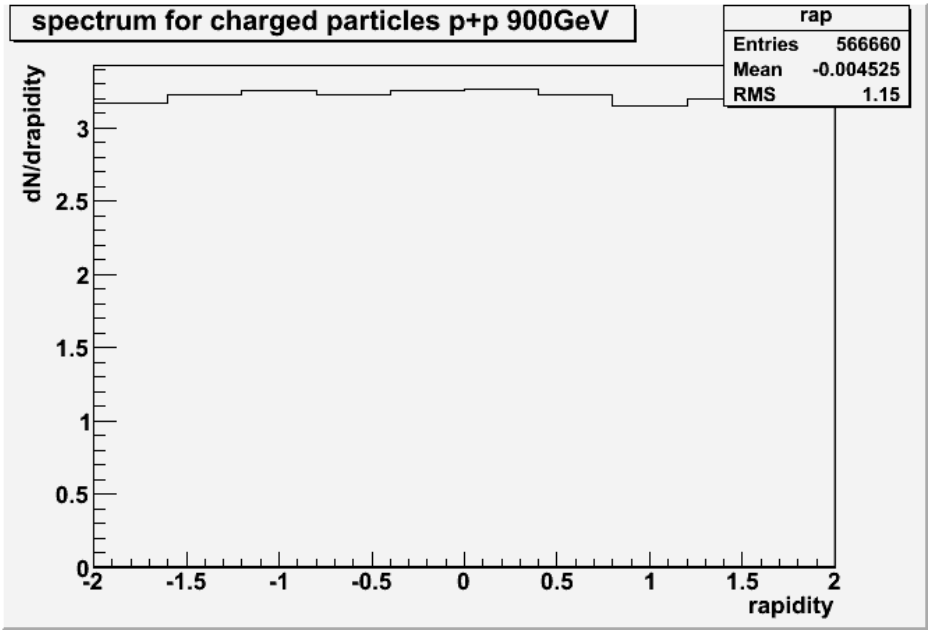
tohoto snažení byl navrhnut a zkonstruován urychlovač LHC, který oproti dřívějším urychlovačům urychluje částice s nábojem na mnohem vyšší energii – až 1,4 TeV. LHC byl spuštěn v roce 2008.

Simulace srážek na LHC

Základní kostru miniprojektu tvořil článek *First proton-proton collisions at the LHC as observed with the ALICE detektor: measurement of the charged-particle pseudorapidity density at* $\sqrt{s}$ *= 900 GeV*. Tento článek popisuje analýzu dat, které byly získány při prvním pokusu srazit protony v urychlovači. Na základě tohoto článku jsme získali data pro zadání simulace. Simulace na LHC se vytváří přes program PYTHIA, který pracuje s programovacím jazykem C++. V programovacím jazyku jsme definovali parametry částic účastnících se srážky a počet srážek. Dva svazky protonů měli každý energii 450 GeV. Výsledky srážek se zapisují do histogramů. Taktéž pomocí C++ jsme definovali, kterou část detektoru ALICE chceme v daném histogramu znázornit. Ve všech simulacích jsme se zaměřili na rapiditu vzniklých částic při srážce.
Rapidita částice je definována následujícím vzorcem:

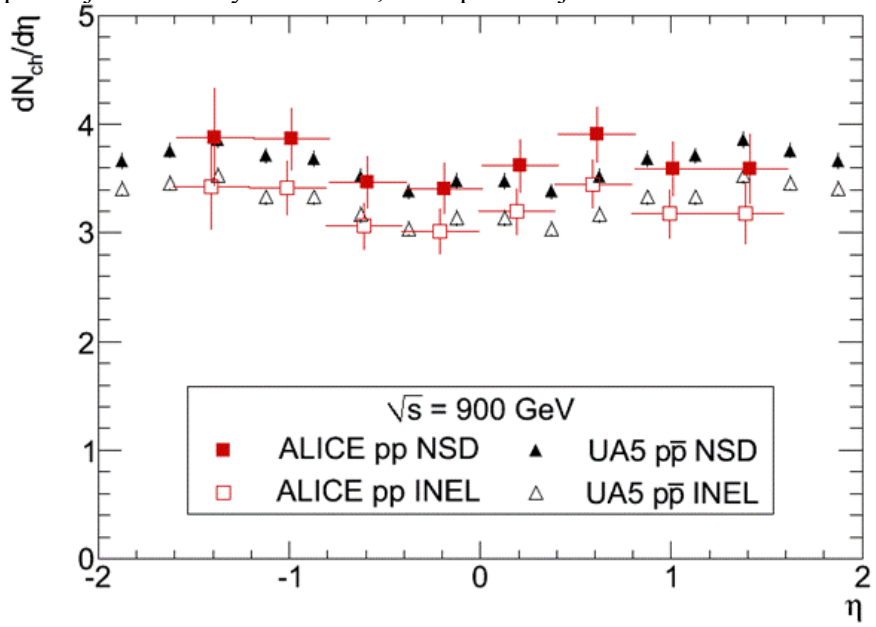
$$\eta = \log\left(\frac{E - P_z}{E + P_z}\right)$$

Základní simulace, kterou jsme prováděli byla pro srážku proton-proton (p-p) o energii 900 GeV a srážek bylo 10 000. V histogramu jsme nechali vyznačit pouze rapiditu částic od -2 do 2, protože detektor ALICE má v tomto rozmezí nejpřesnější měření. Při porovnání s histogramem reálné srážky, v naší simulaci vzniklo více částic. Abychom dostali požadovaný histogram, vyřadili jsme z histogramu částice, které jsou bez náboje a při srážce vznikly v největší míře. Tímto krokem jsme se více přiblížili k reálné srážce, ačkoliv se histogramy nerovnají. Celkový počet nově vzniklých částic při simulaci byl 566 660.



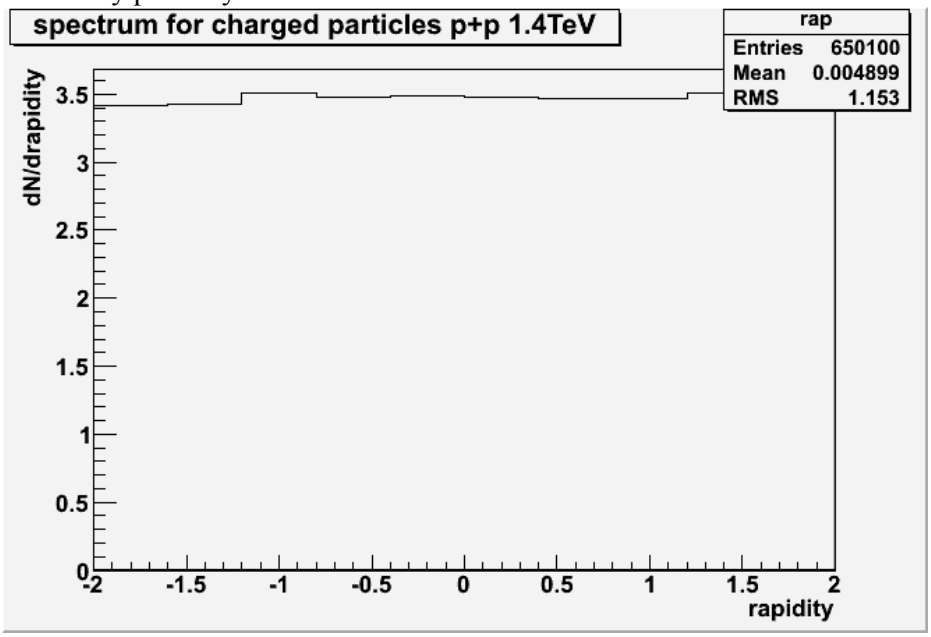
Námi vytvořený diagram p-p 900 GeV 10 000 srážek

V původním histogramu jsme sledovali bílé čtverečky ALICE p-p INEL, protože tyto hodnoty odpovídají neelastickým srážkám, které produkují nové částice.



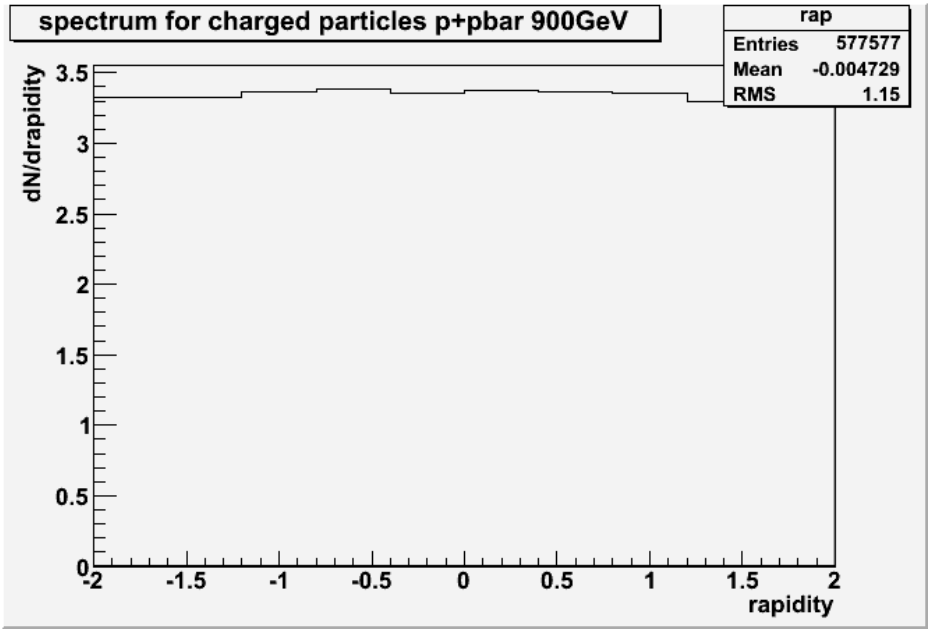
Histogram reálné srážky p-p 900 GeV, ALICE pp INEL

V dalším pokusu jsme si nasimulovali, jak by to vypadalo, kdybychom urychlily protony na maximální možnou energii LHC – 1,4 TeV, ostatní parametry jsme zachovali. Histogram rapidity byl vyhodnocen velmi podobně, jako v předcházejících případech pouze vzniklo více částic. Jejich celkový počet byl 650 100.



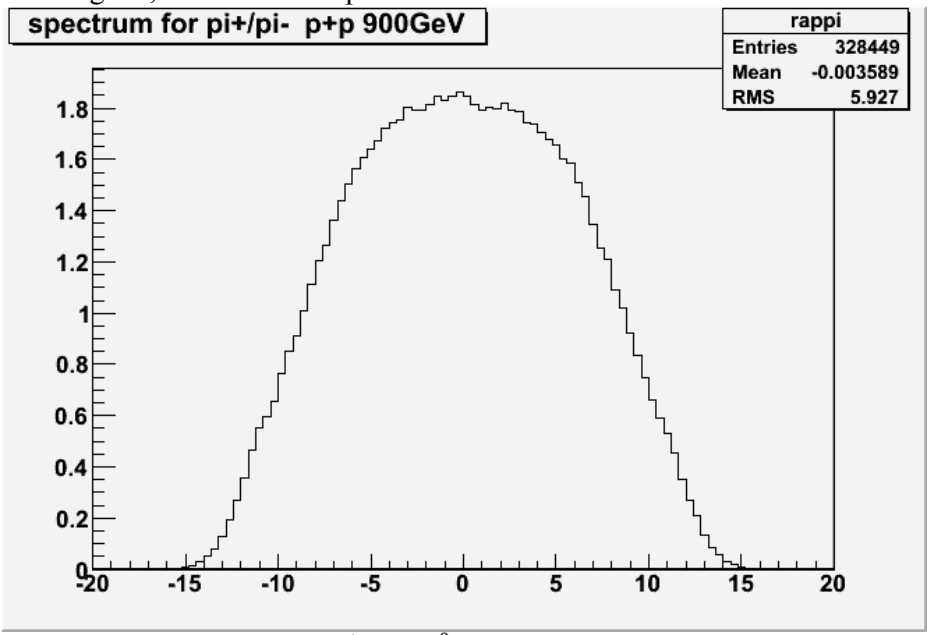
Histogram pp 1,4 TeV 10 000 srážek

Pro porovnání jsme nasimulovali také srážku protonu s antiprotonem (p-pbar), která není na LHC možná. Tato interakce je možná na urychlovači Tevatron ve Fermilab. Částice jsme simulačně urychlili na energii 900 GeV a provedli jsme opět 10 000 srážek. Histogram pro rapiditu od -2 do 2 vyšel obdobně, částice měli o něco vyšší rapiditu než při srážce p-p.



Histogram p-pbar 900 GeV 10 000 srážek

Podle předpokladu, že nejlehčí částice budou vznikat nejsnáze, jsme vytvořili také samostatné histogramy pro π^+, π^- a π^0, všechny histony vyšly velmi podobně jako vzorový. Z 10 000 srážek vzniklo v případě energie 900 GeV přibližně 300 000 pionů a v případě energie 1,4 TeV 375 000 pionů.



Histogram množství π^+, π^- a π^0 na základě rapidity od -20 do 20

Mezi další nejčastěji vznikající částice patřili také kaony – K^+, K^- a K^0.

Shrnutí

V tomto miniprojektu jsme se seznámili s urychlovačem částic LHC. V rámci práce se simulačním programem PYTHIA jsme zjistili co se stane, pokud srazíme v LHC dva protony či proton a antiproton. Experimentálně jsme zjistili, že při jedné srážce vznikne přibližně 30 nových částic. Nejčastěji vznikají nejlehčí částice, tedy piony a kaony, a to asi ze 2/3. Při porovnávání našeho histogramu s histogramem reálné srážky, jsme se velmi přiblížili. Rozdíly ve výsledcích byly pravděpodobně zapříčiněny nepřesným vymezením sledovaných vznikajících částic. V našem histogramu jsme z malé části započítali neutrální částice, které originální histogram nezapočítává.
V histogramu pionů jsme se také přesvědčili, že nejvíce částic vzniká s rapiditou v rozmezí přibližně od -2 do 2, která je pro detektor ALICE charakteristická jako nejefektivnější ve snímání dat.
Naše pokusy nás přesvědčili, že problematika urychlovačů je velmi rozsáhlá a zpracování dat náročné, ale přesto nás toto téma zaujalo.

Poděkování

Na závěr bychom chtěli velmi poděkovat panu Mgr. Jaroslavu Bielčíku, Ph.D., především za velkou trpělivost při zasvěcování do tématu.

Reference:

[1] EUROPEAN PHYSSICAL JOURNAL C65:2010, 111-125
[2] SCIENTIFIC AMERICAN ČESKÉ VYDÁNÍ: 2010, 36-59
[3] CERN – CO JE TO LHC: Odbor komunikací CERN, 2008

Mlžná komora

Kristína Nešporová, G. Boskovice
Tomáš Pikálek, G. Boskovice
Martin Valko, SPŠE a VOŠ Olomouc

Abstrakt

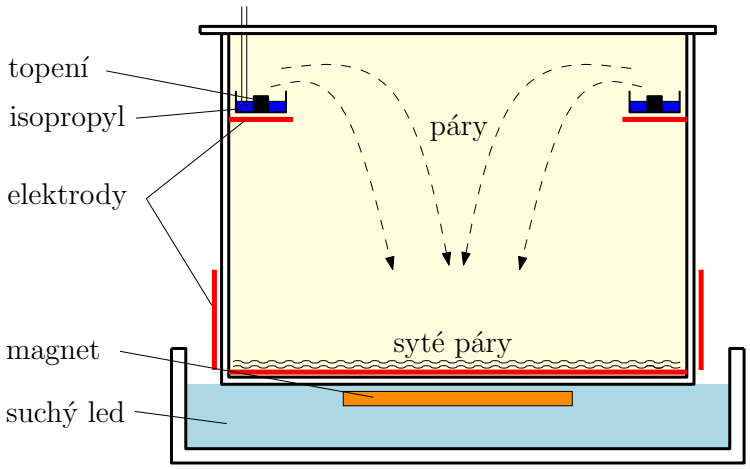
Tato práce se zabývá problematikou detekce ionizujícího záření pomocí difúzní mlžné komory. Zkoumali jsme, jakými účinky se projeví magnetické pole na trajektorii nabitých částic a podle jejich zakřivení jsme měřili kinetickou energii částic. Detekovali jsme převážně částice sekundárního kosmického záření.

1 Historie

Wilsonova mlžná komora byl první přístroj, který dovoloval pozorovat okem dráhy elektricky nabitých částic.

Jeho vynálezce, Charles Thomson Rees Wilson, se inspiroval při pobytu v observatoři, kde pozoroval světelné jevy v přirozené mlze a mracích. Rozhodl se zkusit tyto jevy uměle reprodukovat. Objevil souvislost mezi rentgenovým zářením a vytvářením kondenzačních jader a pozoroval stopy nabitých částic, které vytvářejí výše zmíněná kondenzační jádra. Za svůj objev získal v roce 1927 Nobelovu cenu za fyziku.

2 Princip



Obrázek 1: Schéma Wilsonovy mlžné komory

Na obrázku 1 je vidět schéma difúzní mlžné komory, s kterou jsme pracovali. Skládá se z černé kovové desky, která je ze spodní strany chlazena suchým ledem na teplotu $-79°\mathrm{C}$. Na této destičce jsou navíc čáry po 2,5 cm, aby bylo usnadněno odečítání velikosti drah částic.

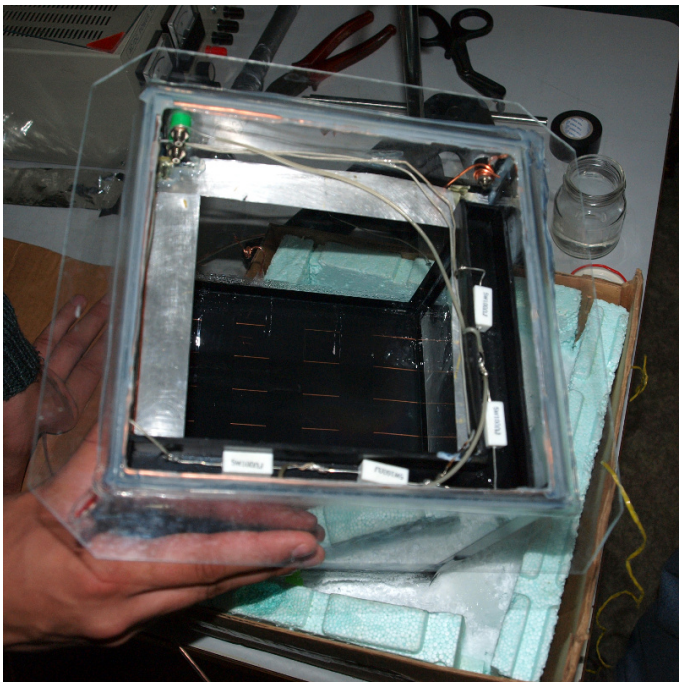
V horní části komory se ve žlábku naplněném isopropylalkoholem ($H_3 - CHOH - CH_3$), zahříváním pomocí rezistorů vyrábí ve žlábku páry této látky, které klesají k desce, kde se ochlazují a vzniká vrstvička přesycených par, které i přes nízkou teplotu nekondenzují.

Nabité částice, které prolétávají komorou, poté páru ionizují, a tak vzniklé ionty přitahují další částice a fungují jako kondenzační jádra. Díky tomu se částice páry na spodní desce sráží, vytváří kapky a umožňují nám pozorovat dráhy částic.

Soustava je od okolí vzduchotěsně izolována, celá je vložena do průhledné krabice z polystyrenu.

K mlžné komoře byly dále připevněny dvojice elektrod. Jedna dvojice svisle a druhá vodorovně. Dvojici elektrod je možné připojit ke zdroji vysokého napětí, čímž se komora čistí a pozorované dráhy jsou jasnější.

Pod komoru jsme dále vložili permanentní magnet o indukčnosti 1,3 T. Jelikož pozorované částice jsou nabité, jsou jejich trajektorie vlivem Lorenzovy síly zakřiveny a částice se pohybují po spirálách, což se dá při pozorování na desce považovat za kružnice.



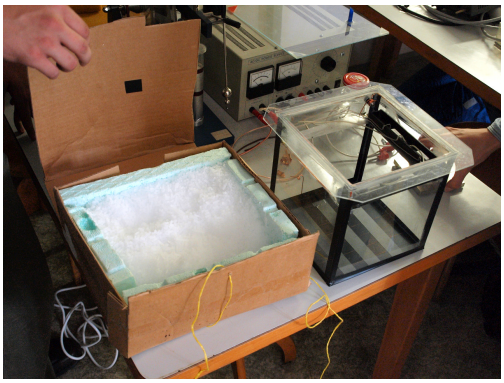
Obrázek 2: Použitá mlžná komora

3 Detekce drah jednotlivých částic

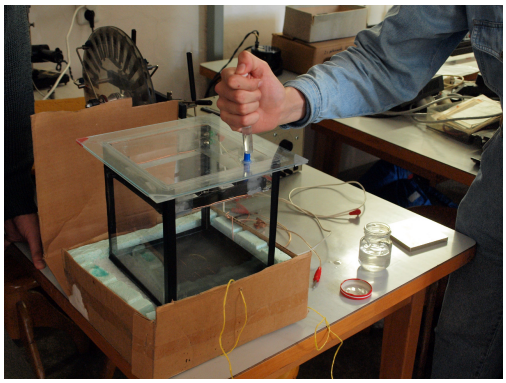
Nad víko mlžné komory jsme na provizorní stativ umístili digitální zrcadlovku. Tím jsme sériovým snímáním fotografovali aktivní vrstvu komory, která byla osvícena žárovkou. Z mnoha obrázků jsme vybrali několik málo, které se povedly. Ty se dále musely upravit v počítači, protože vyfotografované dráhy nebyly příliš viditelné.

Ze zaznamenaných drah jsme mohli určit poloměr kružnice, po které se částice pohybuje. Zaznamenaná byla ale jen část kružnice. Změřili jsme tedy délku tětivy t a výšku v (viz obrázek 5). Z toho již bylo možno spočítat poloměr pomocí vztahu 1.

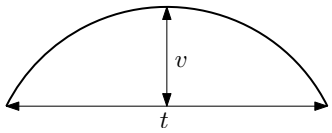
$$r = \frac{v^2 + \frac{t^2}{4}}{2v} \tag{1}$$



Obrázek 3: Mlžná komora a suchý led



Obrázek 4: Plnění komory alkoholem



Obrázek 5: K výpočtu poloměru dráhy

4 Výsledky

Z fotografie nedokážeme s přesností říci, o jakou částici se jedná. Pomocí teorie relativity můžeme z poloměru dráhy spočítat, jakou energii by částice měla, pokud by šlo o elektron, proton či mion.

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{1 + \frac{m_0^2 c^2}{r^2 Q^2 B^2}}}} \tag{2}$$

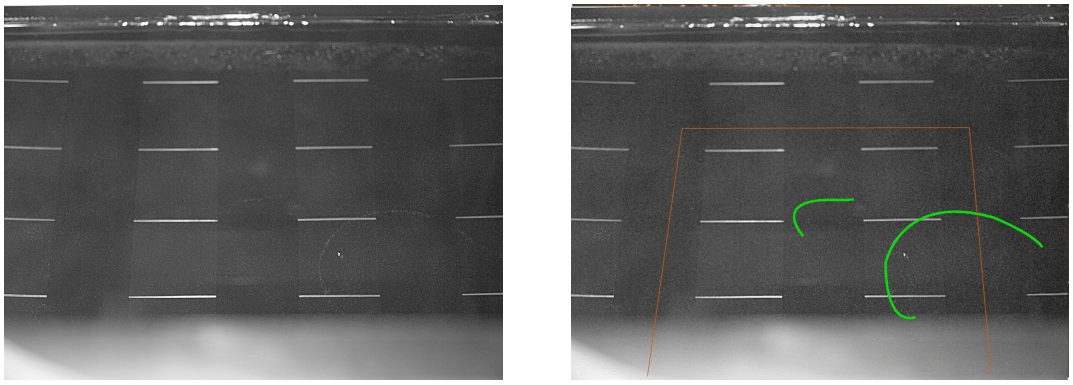
Z výsledků v tabulce vidíme, že v případě žádné z částic nemůže jít o proton, jelikož jeho energie by byla příliš malá na to, aby dokázal tak velkou dráhu urazit. Půjde tedy o elektrony či miony, nedokážeme však říci, o kterou z těchto dvou částic se jedná.

5 Závěr

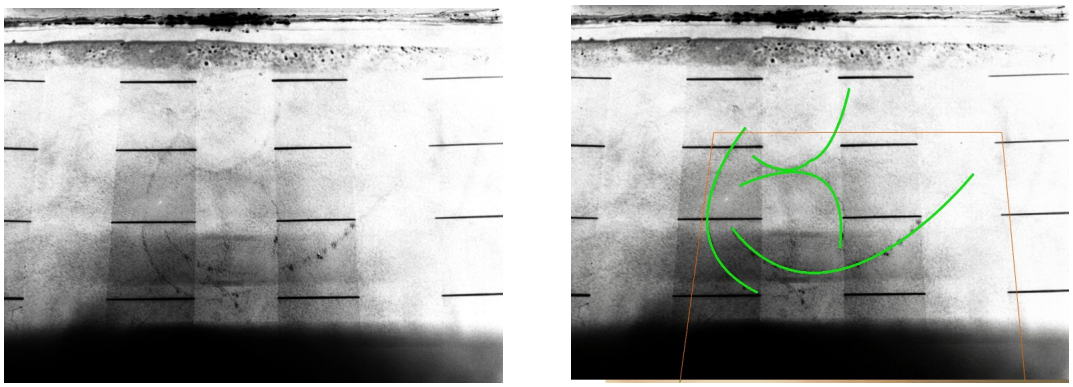
Díky mlžné komoře jsme mohli pozorovat, kolik částic poletuje všude kolem nás. Tím se dokazuje, že v prostředí je určitá přirozená radioaktivita, která nám relativně neškodí. Podle našeho měření pochází nezanedbatelná část přirozené radioaktivity z vesmírného záření. Není tedy nutné mít tento termín zafixovaný jen jako něco nebezpečného.

v [cm]	t [cm]	r [m]	E_e [eV]	E_p [eV]	E_μ [eV]
3,5	22,5	0,039 7	15,00	0,13	1,13
4,5	24,0	0,036 5	13,70	0,11	0,95
7,0	17,5	0,018 7	6,79	0,03	0,25
3,7	16,2	0,021 4	7,86	0,04	0,33
5,0	22,0	0,014 9	5,32	0,02	0,16

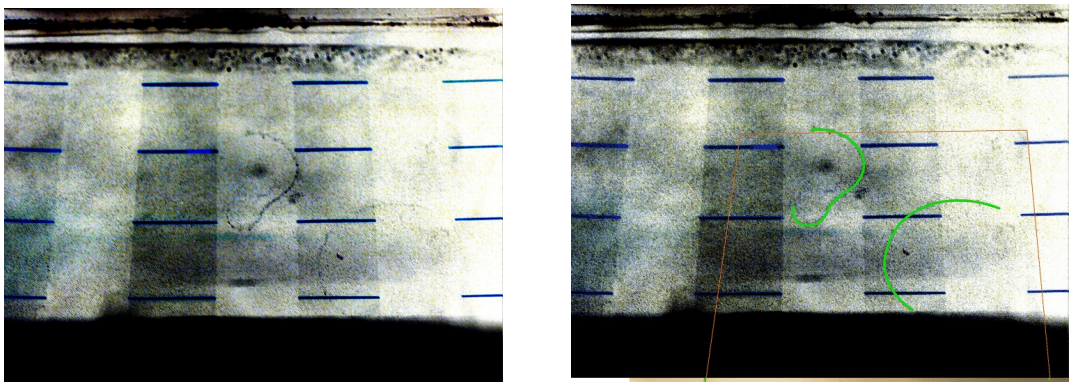
Tabulka 1: Výsledky měření energie



Obrázek 6: Pozorované dráhy částic



Obrázek 7: Pozorované dráhy částic



Obrázek 8: Pozorované dráhy částic

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Viktoru Löffelmannovi, za jeho obětavé nasazení navzdory hladu. Dále pořadatelům Týdne vědy, zvláště pak Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., a v neposlední řadě Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze.

Literatura

[1] *Wikipedia:* **Wilsonova mlžná komora**
`http://cs.wikipedia.org/wiki/Wilsonova_mlžná_komora`

[2] *Viktor Löffelmann:* **Mlžná komora**
`http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~loffevik/komora.htm`

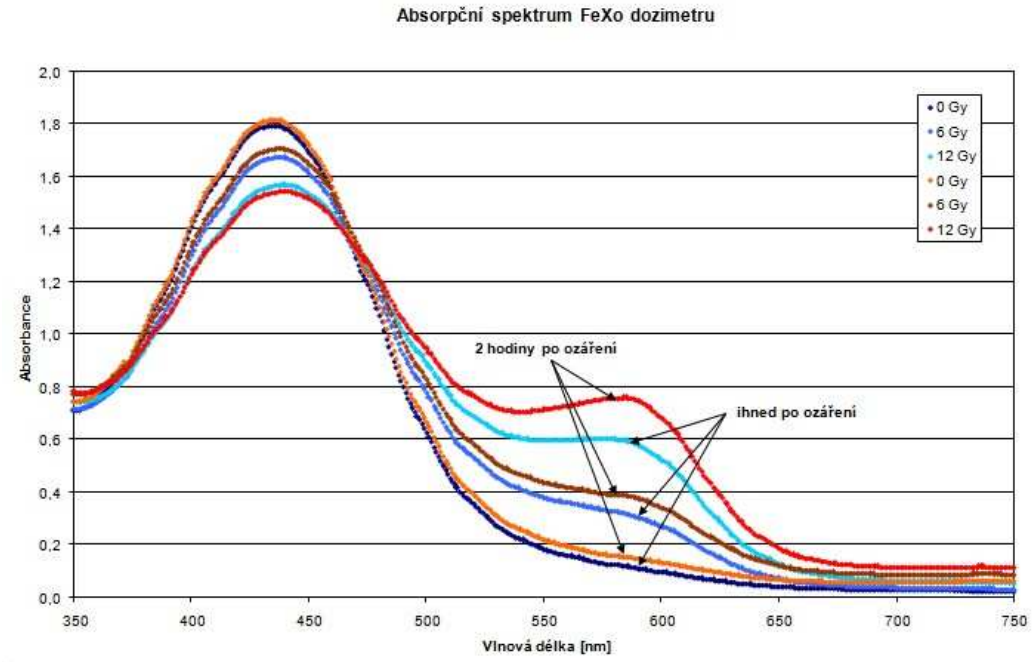
Jak poznáme dávku z barvy gelu?

K. Vaněk, Gymnázium, Českolipská 373, Praha 9
N. Machátová, Gymnázium, Komenského nám. 16, Vyškov
vanjegs@seznam.cz, Nikky2@centrum.cz

Týden vědy FJFI 2010

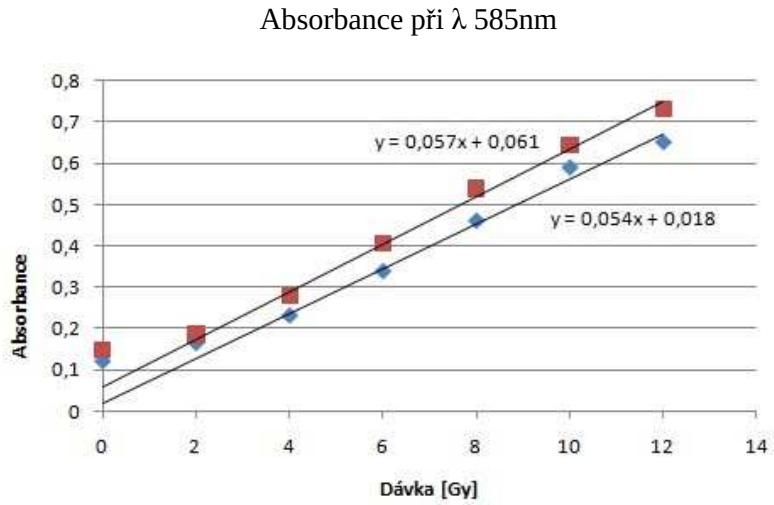
Gelová dozimetrie se může uplatňovat hlavně v medicíně, a to díky podobnosti s lidskou tkání a možnosti trojrozměrného měření. V praxi se však setkává s mnohými obtížemi, jako je například časově náročné vyhodnocení.

Gelový dozimetr je založen na chemické přeměně vyvolané ionizujícím zářením. Dozimetr obsahuje převážně vodu, která se vlivem záření rozkládá na volné radikály a ty oxidují železnaté ionty ve Frickeho gelovém dozimetru. Související změnu barvy dozimetru pak můžeme měřit pomocí absorpčního spektrometru.



Graf 1: Absorpční spektrum ihned a 2 hodiny po ozáření

Neozářený dozimetr absorbuje modrou část světelného spektra, má tedy žlutou barvu. Po ozáření dozimetr částečně absorbuje i žlutou část, tudíž přímo úměrně dávce hnědne (viz graf 1). Tato přeměna však probíhá i vlivem záření v běžném prostředí, i když se jí dá částečně zamezit nižší teplotou a temným prostředím, způsobuje, že již po dvou hodinách prakticky není možné rozpoznat absorbovanou dávku.



Graf 2: Kalibrační křivka

Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží je nejlépe použitelný v oblasti 2-12 Gy (viz graf 2). V tomto rozmezí absorbance narůstá lineárně. Na grafu je dále vidět posun křivky vlivem samovolné oxidace kationtů po dvou hodinách od ozáření.

Shrnutí

Vyrobili jsme Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží a pozorovali jeho vlastnosti po ozáření dávkami 2-12 Gy pomocí absorpčního spektrometru. Ověřili jsme si lineární nárůst absorbance v tomto rozsahu dávky a její posun během stárnutí dozimetru.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali Ing. Kateřině Vávrů za zorganizování celého projektu, ochotnou pomoc a rady. Hlavně pak za příjemnou a uvolněnou atmosféru.

Reference:

ŠOLC, J.:*Výzkumný úkol*. KDAIZ FJFI ČVUT, 2003

Měření základních parametrů tokamaku GOLEM

Bajajová B. A.
barcaanna@seznam.cz
Holanová K.
tynaholanova@seznam.cz
Kaňovský Z.
kanovskyz@seznam.cz
Lidrych J.
jindra.li@seznam.cz
Valíček T.
tomashval@seznam.cz
Veselý V.
vesely.vojtech@seznam.cz
Vlková B.
baja01@seznam.cz

Abstrakt

Cílem projektu bylo seznámit se s principem termojaderné fúze. Poznali jsme také, jak se pracuje na tokamaku GOLEM a že ne vždy se praxe shoduje s teoretickými předpoklady. Dále jsme se pokusili dosáhnout co nejdelší doby udržení plazmatu v tokamaku.

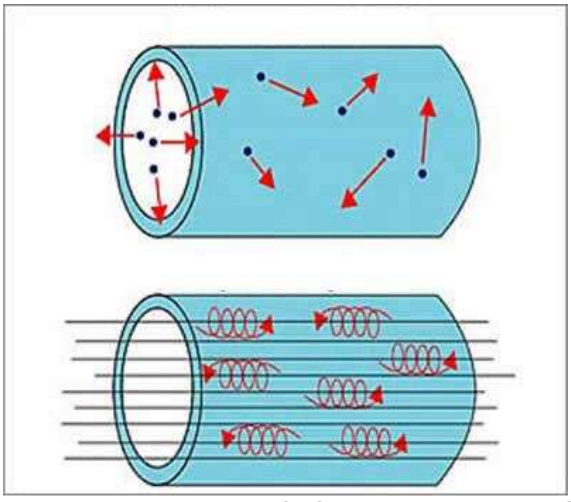
1. Úvod

V rámci miniprojektů jsme dostali možnost pracovat s unikátním zařízením pro zvládnutí řízené termojaderné fúze – tokamakem GOLEM. Snažili jsme se dosáhnout co nejdelší doby trvání výboje v plazmatu pomocí změn několika parametrů, o kterých bude řeč dále.

Co je vlastně fúze? Jde o proces slučování lehkých jader za vzniku těžších jader a uvolňování energie. Nutnou podmínkou realizace fúzní reakce je, že se lehká jádra přiblíží na takovou vzdálenost, aby mezi nimi převládly jaderné síly přitažlivé nad odpudivými elektrickými silami. Tato reakce běžně probíhá ve hvězdách a na Zemi by byla vhodným zdrojem energie. Jako nejvhodnější palivo se jeví směs těžkých izotopů vodíku - deuteria (^{2}H) a tritia (^{3}H).

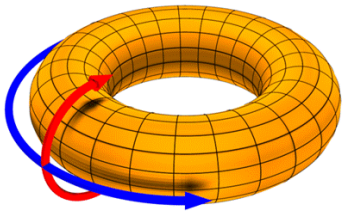
Základním úkolem tokamaků, tedy budoucích termojaderných reaktorů, bude vytvořit a udržet plazma, ve kterém budou vhodné podmínky pro dosažení termojaderné fúze s energetickým ziskem, zejména dostatečná teplota a hustota paliva.

2. Princip tokamaku



Obr. 1 Pohyb nabité částice bez magnetického poli(nahoře) a v magnetickém poli(dole).

Na Obr. 1 vidíme, že nabitá částice v magnetickém poli sleduje indukční čáru. Lorentzova síla „drží“ částici na magnetické siločáře. Pokud siločáry uzavřeme v komoře, nedostanou se teoreticky částice ven z magnetického pole. Ale difúze napříč magnetickým polem a nestabilní chování plazmatu v této konfiguraci magnetického pole velmi ztěžují udržení plazmatu tímto způsobem, nicméně je to pro nás i tak stále nejnadějnější cesta k dosažení fúze s energetickým ziskem.



Obr. 2 *Působení toroidálního a poloidálního pole*
modrá – toroidální směr, červená – poloidální směr

Plazma je v tokamaku izolováno od stěny pomocí magnetických polí, které jsou v zásadě dvojího typu. Základní komponenty magnetického pole jsou toroidální pole a poloidální pole. **Toroidální pole** je pole s magnetickou indukcí ve směru podél obvodu prstence (viz. Obr. 2). Je vytvářeno magnetickými cívkami okolo prstence komory. Je to magnetické pole, které udržuje nabité částice uvnitř prstence a zabraňuje jim narážet do stěny. **Poloidální pole** je magnetické pole vytvářené podél průřezu trubice (viz. Obr. 2). Formuje tvar plazmatu a pomáhá udržet jeho stabilitu. Je produkováno jednak vnějšími cívkami rozmístěnými podél obvodu prstence a jednak proudem v samotném plazmatu. V případě tokamaku tak magnetického pole, které je potřebné pro vytvoření požadovaných šroubovicovitých siločar, kromě vnějších cívek vytváří z velké části i samotný elektrický proud, který plazmatem prochází a zároveň jej ohmicky zahřívá.

3. Měření, výsledky

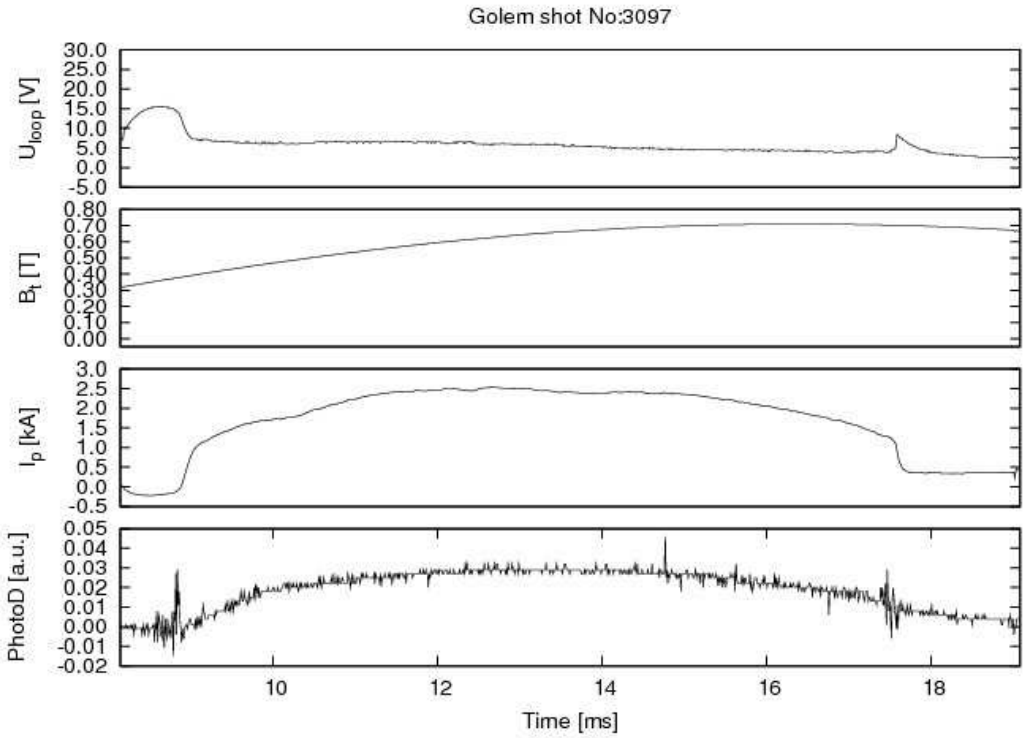
Všechny cívky, které vytvářejí potřebnou konfiguraci magnetického pole na tokamaku GOLEM, jsou napájeny z kondenzátorů. Pomocí napětí, na které tyto kondenzátory nabijeme, můžeme měnit následující parametry:

- B [T] – velikost magnetického toroidálního pole
- I [A] – velikost elektrického toroidálního pole
- U_{bd} [V] – velikost průrazového napětí

Některé další nastavitelné parametry jsou:

- T [ms] – zpoždění elektrického pole za magnetickým polem
- předionizace napuštěného plynu
- tlak napouštěného vodíku

Nejdelší výboj (8,8 ms) se nám podařilo získat za těchto parametrů: napětí U_b = 1000 V (napětí na kondenzátoru které vytváří toroidální magnetické pole), U_e = 200 V (napětí na kondenzátoru které indukuje proud plazmatem), U_{bd} = 150 V (napětí na kondenzátoru kterým prorážíme plazma), p_{H2} = 65 (nastavení otevření ventilu) při zapnuté předionizaci.



Náš nejúspěšnější pokus o udržení plazmatu (výboj trvající 8,8 ms)
U_{loop} – napětí na závit (napětí vytvářející proud plazmatem),
B_t – toroidální magnetické pole, I_p – proud plazmatem, PhotoD – signál z fotodiody zaznamenávající záření plazmatu, Time - čas

4. Závěr

Na tokamaku GOLEM jsme provedli 70 měření s různými parametry, z nichž 27 vedlo ke vzniku plazmatu. Nejdelší výboj trval 8,8 ms. Většina výbojů trvala cca 5 ms.
Dobu výboje bude v budoucnu možno prodloužit pomocí dynamické stabilizace a zpětnovazebního systému pro řízení polohy plazmatu.

5. Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali Bc. Ondřeji Kudláčkovi, Bc. Michalu Šmídovi a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za jejich čas, úsilí, odborné rady, obětavost, trpělivost a snahu nám dát odpověď na všechny naše dotazy.

6. Reference

- http://www.osel.cz/index.php?clanek=4629 (15.6.2010)
- Bc. Ondřej Kudláček, Řízená termojaderná fúze, 2006, zatím nepublikováno
- www.golem.fjfi.cvut.cz/tasks/Practica/TydenVedy/ (15.6.2010)

Modelování difúze a polymerace

M. Hanzelka, P. Polcer
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
MirdaHanzelka@seznam.cz, PolcerPavel@seznam.cz

Abstrakt

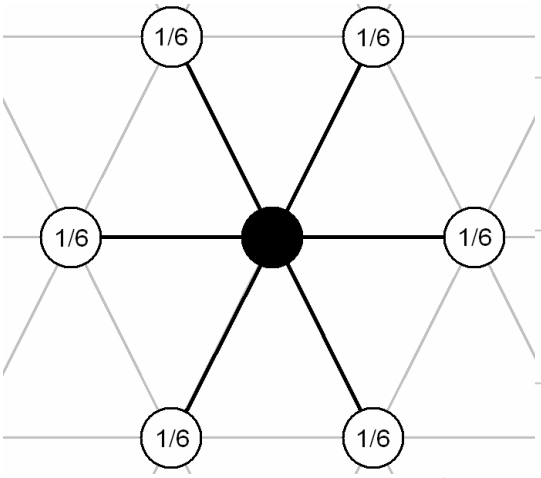
Tato práce má za cíl vytvořit model pro Brownův pohyb pomocí metody SAW. Při modelování záleží na topologii systému a zvolení pravděpodobností přechodu mezi jednotlivými stavy. Ačkoli je to model velmi jednoduchý, je překvapivě přesný. Použili jsme dva dvojrozměrné modely a provedli fraktální analýzu a odhadli na základě vypočtených entropií dimenze daných modelů. Výsledky analýzy budou porovnány s teoretickými hodnotami.

1 Úvod

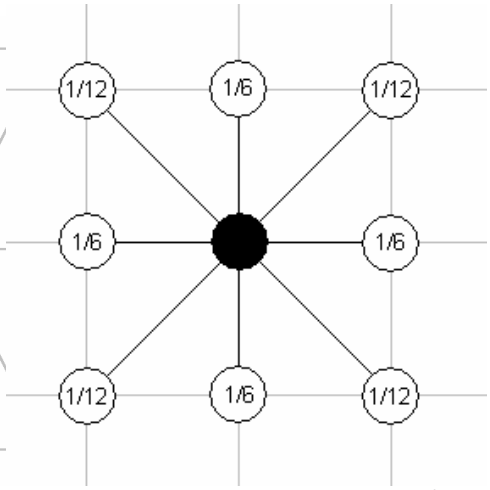
K vypracování tohoto projektu jsme se rozhodli kvůli jeho využití v praxi. Pomocí zdánlivě jednoduchých řad čísel a pravděpodobností lze vytvořit model, podle kterého se pohybují částice při difúzi, nabalování, polymeraci či Brownově pohybu. Podobné modely lze použít v mnohých oborech, třeba i při diagnostice Alzheimerovy choroby [4]. Ačkoli jsme se v našem projektu omezili pouze na vytvoření obecného modelu a jeho fraktální analýzu, je možné ho dále rozvinout a využít.

2 Modelování difúze pomocí Brownova pohybu

Pro modelování byla použita metoda SAW na 2D síti. SAW (z anglického Self Avoiding Walk) je sekvence pohybů na soustavě bodů, při které se sledovaný objekt nemůže vrátit na pozici, ve které se už jednou vyskytoval. Je to tedy speciální případ tzv. náhodné procházky (random walk). Metodu SAW lze použít na různé typy mřížek umožňující určitý počet pohybů. V námi zvolené oktagonální a hexagonální síti je každý bod obklopen šesti, respektive osmi body. Dle zvolené hodnoty pravděpodobnosti se bod pohybuje určitým směrem (Obrázky 1 a 2).



Obrázek1: Hexagonální síť

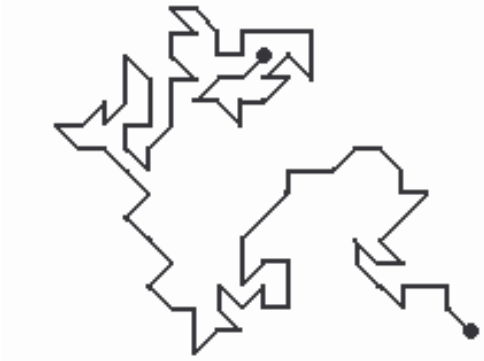


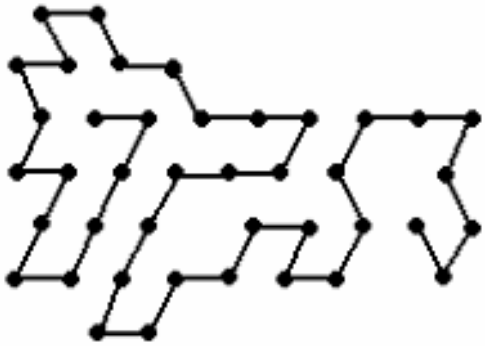
Obrázek 2: Oktagonální síť

3 Simulační experiment

Simulace Brownova pohybu se provádí následovně. Pomocí počítačového programu necháme vygenerovat řadu čísel, z nichž každé symbolizuje daný směr pohybu. V oktagonální síti musíme vytvořit dvě řady čísel, které určují pohyb po osách x, y. Jak u svislého, tak u vodorovného pohybu musí být 50% pravděpodobnost, že objekt pohyb nevykoná, aby nedošlo k eliminaci směrů přímých a nezůstaly jen ty šikmé.

Poté zaznamenáváme trajektorii objektu, dokud nedojde do stavu, kdy nemůže vykonat další pohyb (Obrázek 3 a 4). Tento postup zopakujeme několikrát pro každou z obou zvolených sítí.


Obrázek 3:
Ukázka trajektorie
(oktagonální síť)


Obrázek 4:
Ukázka trajektorie
(hexagonální síť)

4 Odhad entropie

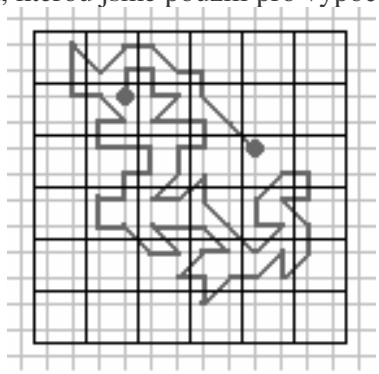
Abychom mohli vypočítat entropii, musíme každou ze simulací proložit sítí o velikosti mřížky ε. Pro hodnoty ε>5 jsou výsledky již značně závislé na umístění mřížky. Zvolené hodnoty jsou vyjádřeny v násobcích délky části základní mřížky (Obrázek 5). Entropie podle Rényiho je definována vztahem

$$H_q = \frac{1}{1-q}\log_2\left(\sum_{p_k>0} p_k^q\right),$$

kde p_k je pravděpodobnost, že k-tá oblast obsahuje body zkoumané množiny. Pro $q = 1$ dostaneme vztah

$$H_1 = \lim_{q \to 1} H_q = -\sum_{k=1}^{N} p_k \log_2 p_k = H ,$$

což je entropie podle Shannona, kterou jsme použili pro výpočty v našich modelech.



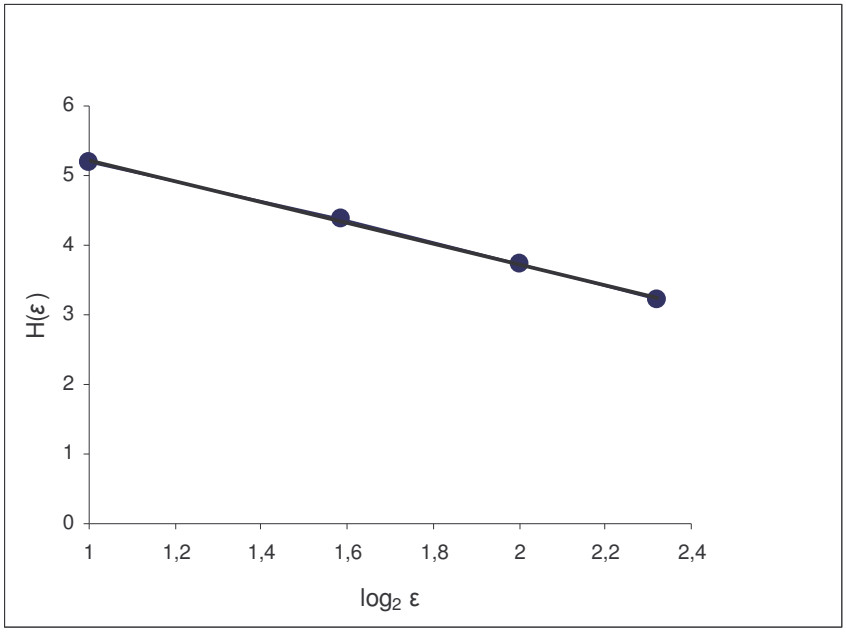
Obrázek 5: Mřížka pro ε = 2

5 Odhad dimenzí struktury

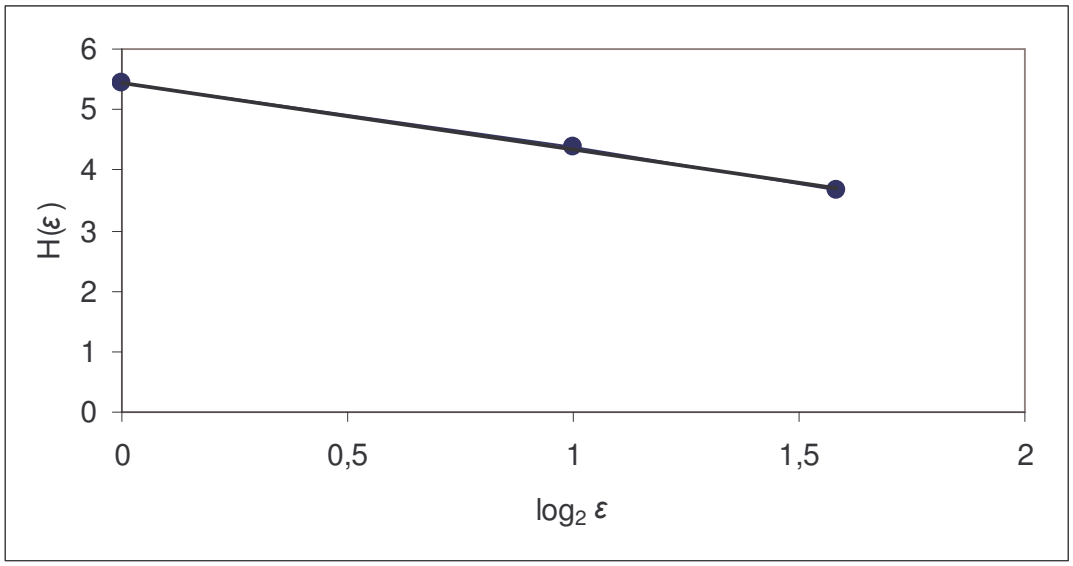
Rényiova dimenze se odhaduje z experimentálních dat podle vzorce

$$H_q = A_q - D_q \log_2 \varepsilon$$

V grafech závislosti entropie na logaritmu ε (Obrázek 6 a 7) je dimenze směrnicí přímky.



Obrázek 6: Graf pro oktagonální síť



Obrázek 7: Graf pro hexagonální síť

6 Shrnutí

Pro oktagonální síť vychází hodnota Hausdorffovy dimenze 1,4896, pro hexagonální síť 1,099. Podle údajů v literatuře by měla být Hausdorffova dimenze v 2D tetragonální síti rovna 4/3 [1]. Výsledky jsou poměrně blízké teoretické hodnotě, takže je námi zvolený model použitelný.

Poděkování

Děkujeme doc. Ing. Jaromíru Kukalovi, Ph.D. za pomoc a podporu při realizaci tohoto projektu a za četné rady, které daly naší práci potřebnou úroveň.

Reference:

[1] KUKAL, J.: *Fraktály a entropie,* Prezentace PowerPoint, KSE, FJFI, ČVUT v Praze

[2] SHANNON, C. E.: *A Mathematical Theory of Communication,* The Bell System Technical Journal, 1948, pp. 379–423, 623–656

[3] ALFRÉD RÉNYI, *On Measures of Entropy and Informatik,* Mathematical Institut Hungarian Academy of Science, 1961 pp. 547-561

[4] ADAMČÍK, J.: *Využití odhadů Minkowski-Bouligandovy dimenze k diagnostice Alzheimerovy demence,* FJFI ČVUT v Praze, 2010

Perfektní hešování

P. Bezstarosti*
K. Burešová**
M. Pokorný***

*Gymnázium Dobruška, **Gymnázium Česká Lípa, ***Střední škola aplikované kybernetiky, s.r.o.

***mp@decin.cz

Abstrakt:

V případech, kdy je potřeba uložit velké množství málo se měnících dat, ke kterým je potřeba rychlý přístup, je neefektivní vyhledávat procházením v O(n). Často používaný způsob urychlení přístupu k těmto datům je hešovací tabulka. Problémem hešovacích tabulek jsou kolize, které zpomalují vyhledávání a zvyšují paměťovou náročnost implementace. V našem miniprojektu jsme prozkoumali běžné způsoby generování perfektních hešovacích tabulek - takových, ve kterých nevznikají kolize.

Klíčová slova: Neměnná data, perfektní hešovací tabulky, rychlý přístup k datům, databáze, algoritmus

1 Úvod

Hešování je dnes běžně používáno především k rychlému vyloučení shodnosti různých dat nebo zrychlení přístupu k předem daným, nebo málo se měnícím datům, jako například klíčových slov programovacích jazyků, URL ve webových vyhledávačích nebo datových sad v data miningu. V naší práci jsme se zaměřili na obvyklé algoritmy používané k vytvoření perfektní nebo minimální perfektní hešovací funkce, které jsou vhodné především pro poměrně malé množiny klíčů. Implementovali jsme tři takovéto algoritmy v C++ a PHP. Knihovna C Minimal Perfect Hashing Library (domovská stránka `http://cmph.sourceforge.net`) umožňuje jednoduché použití efektivních hešovacích algoritmů pod licencí LGPL.

2 Perfektní hešovací tabulka (perfect hash table)

Definujme si několik důležitých pojmů.

Tabulkou rozumíme třísloupcovou strukturu. První sloupec obsahuje indexy v rozmezí $\langle 0; Q-1 \rangle$, kde Q je počet záznamů. Druhý sloupec obsahuje celočíselné klíče, třetí obsahuje datový offset klíče.

Hešovací funkce slouží k převádění klíčů na relativně malé indexy.

Kolize je situace, kdy hešovací funkce má pro různé klíče stejnou hodnotu index. Kolize je třeba nějak ošetřit, nejčastěji pomocnou tabulkou, do které se ukládají kolidující klíče.

Perfektní hešovací tabulka (PHT) je navržená tak, aby v ní nedocházelo ke kolizím, tedy se dá na jeden dotaz zjistit, zda klíč v tabulce obsažen je nebo ne. Využívá se pro dlouhodobě neměnná data, např. jízdní řády.

Minimální PHT je taková PHT, která má počet záznamů stejný jako počet klíčů. Tato tabulka je nejoptimálnější výsledek při hešování kvůli menším nárokům.

3 Efektivní hešovací funkce

Efektivní hešovací funkce využíváme k tvorbě PHT. Nesmí v nich tedy docházet ke kolizím, to znamená, že funkce musí každému unikátnímu klíči přiřadit jeho unikátní index, tedy musí být prostá.

Při tvorbě minimální PHT je navíc potřeba, aby hešovací funkce byla surjektivním zobrazením, protože ke každému záznamu z tabulky musí být přiřazen nejméně jeden klíč.

4 Hledání hešovacích funkcí

Při hledání hešovacích funkcí jsme vycházeli z následujících obecných vzorců.

$$h(key) = A \cdot key \; mod \; Q$$

$$h(key) = \left\lfloor \frac{A}{key} \right\rfloor mod \; Q$$

Pokud u prvního vzorce dostaneme mezi klíči dva, které dávají při dělení Q_0 = n (kde n je počet klíčů) stejný zbytek, nemůžeme nalézt takové *A*, abychom dostali minimální PHT.

Více jsme se tedy věnovali druhému vzorci, pro který jsme vytvořili algoritmus, který jsme dále optimalizovali. V [1] jsme našli vzorec pro nejmenší možné A:$A \geq \left\lfloor \frac{(n-2)w_1 w_n}{w_n - w_1} \right\rfloor$.
Při optimalizaci jsme se zaměřili na rychlé určení a přeskakování těch *A*, která nejsou řešením.
Na internetu jsme také našli algoritmus CHM.

Algoritmus CHM

CHM (Czech, Havas, Majewski) je algoritmus prezentovaný v [2] vytvářející minimální perfektní hešovací tabulky zachovávající pořadí klíčů používající náhodné grafy. Pracuje v lineárním čase a k reprezentaci hešovací funkce potřebuje lineární množství dat. Oproti algoritmům, které jsme implementovali před ním, je velice rychlý, a narozdíl od AK mod Q vygeneruje minimální hešovací funkci vždy.

Algoritmus předpokládá, že klíče jsou slova, tedy posloupnosti znaků z určité abecedy.

První fáze algoritmu je fáze mapování. Nejprve se vygenerují tabulky T_1 a T_2 obsahující náhodná čísla pro znaky a jejich pozice ve slovech. „Otisk“ klíče z tabulky je potom součet všech prvků tabulky odpovídajících znakům klíče a jejich pozicím. Zvolí se *N* větší než množství slov a vytvoří se prázdný neorientovaný graf G. Dále se pro každý klíč vygeneruje

jeho „otisk“ z obou tabulek T_1 a T_2 modulo N a do grafu G se přidá hrana G a případně vrcholy z těchto „otisků“ (opět modulo N).

První fáze algoritmu se pak opakuje, dokud není graf G acyklický.

Druhá fáze algoritmu je fáze přiřazování. Každý vrchol grafu se označí za nenavštívený a přiřadí se mu hodnota G nula.

Poté se najde první nenavštívený vrchol N a provede se následující operace („navštívení“): pro každého nenavštíveného souseda S navštěvovaného vrcholu V se provede přiřazení $G(S) \leftarrow \big(H(N,S) - G(N)\big) \bmod N$ a rekurzivně se navštíví soused S. Funkce $H(N,S)$ je pak číslo klíče, který má "otisky" N a S, tedy klíče příslušejícího hraně N-S.

Když neexistuje žádný nenavštívený vrchol, algoritmus končí.

Heš slova L se pak spočítá jako:

$$\big(G(otisk\ v\ 1.tabulce) + G(otisk\ v\ 2.tabulce)\big) \bmod počet\ klíčů.$$

5 Simulační experimenty

Významné letopočty v české historii

Ukládané letopočty: 863, 929, 995, 1212, 1348, 1415, 1609, 1620, 1781, 1848, 1914, 1918, 1939, 1945, 1968, 1989, 1993.

Hešovací funkce: $index = \left\lfloor \frac{38685101}{key} \right\rfloor mod\ 17$

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Klíč	995	1989	1348	1415	1609	1968	1848	1918	929
Index	9	10	11	12	13	14	15	16	
Klíč	1212	1939	1620	1781	1993	863	1914	1945	

Malá prvočísla

Ukládali jsme prvočísla do 50: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47

Hešovací funkce: $index = \left\lfloor \frac{804885}{key} \right\rfloor mod\ 15$

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Klíč	23	11	19	37	29	3	17	2	7	13	47	41	5	43	31

„Nešťastná“ prvočísla

Zadefinovali jsme si pojem „nešťastná“ prvočísla množinou D:

$$P = \{n \in N | \forall m; 1 < m < n : m \nmid n\}$$

$$D = \{n \in P | n \bmod 100 = 13\}$$

Pak jsme vytvářeli hešovací tabulku pro ta z nich, která jsou menší než 5000 (13, 113, 313, 613, 1013, 1213, 1613, 1913, 2113, 2213, 2713, 3313, 3413, 3613, 4013, 4513, 4813).

Hešovací funkce: $index = \left\lfloor \frac{16973294}{key} \right\rfloor mod\ 17$

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Klíč	2713	1213	2213	4513	13	3613	3313	4813	2113
Index	9	10	11	12	13	14	15	16	
Klíč	3413	1013	113	613	413	313	1913	1613	

6 Shrnutí

Podařilo se nám napsat a optimalizovat vlastní algoritmy pro hledání minimálních perfektních hešovacích funkcí. Na internetu jsme našli algoritmus CHM, který hešovací funkce hledá velmi dobře.

Algoritmy jsme testovali na třech úlohách s pevně stanovenými daty. Pro všechny tři se nám podařilo najít vhodnou hešovací funkci a vytvořit minimální PHT.

Poděkování

Děkujeme Jaromíru Kukalovi za ochotnou pomoc při realizaci našeho miniprojektu a za užitečné informace, náměty a rady.

Dále děkujeme FJFI ČVUT za poskytnutí zázemí a možnosti zúčastnit se tohoto projektu.

Reference:

[1] Jeschke, G.: Reciprocal hashing: a method for generating minimal perfect hashing function, *Communication of the ACM*, 1981, 24(12):829-833

[2] Czech, Z. J. - Havas, G. - Majewski, B. S.: An optimal algorithm for generating minimal perfect hash functions, *Information Processing Letters*, 1992, 43(5):257-264

Logické rovnice

Jan Baborák, Gymnázium Česká Lípa, janbaborak@seznam.cz
Eva Svobodová, Karlínské gymnázium, evasvobo@gmail.com
Dominik Tělupil, Gymnázium Brno, dtelupil@gmail.com

Abstrakt:

Základem našeho miniprojektu je počítání pomocí Booleovy algebry a jejích zákonů, které jsme se snažili dokázat. Poté jsme se naučili vytvářet soustavy logických rovnic a převádět je do rozšířeného Hornova tvaru. Vyřešili jsme pár logických hádanek a poté hledali jejich řešení pomocí soustavy lineárních rovnic. Naučili jsme se využívat k operacím s rovnicemi nástroj Řešitel v Excelu. Nakonec jsme aplikovali naše nově nabyté znalosti k řešení jednoduchých úloh.

1 Úvod

Cílem našeho miniprojektu bylo se seznámit s možnými postupy při řešení soustav logických rovnic, zejména pak metodou převodu na soustavy lineárních nerovnic. Touto metodou se lze dopátrat správného řešení (nejen logických úloh typu sudoku či pokrývacích úloh) jinak než pouhým odhadem či intuicí. Jedná se taktéž o předstupeň ke studiu mnohých oborů, jež ve své praxi využívají pokročilejší logiky – např. práce s umělými inteligencemi. Dalším cílem bylo odhalit možnosti nástroje Řešitel v Excelu, který významně usnadňuje práci s rovnicemi a nerovnicemi.

2 Soustavy logických rovnic

Logická rovnice je taková rovnice, která vznikne převedením rovnosti funkcí *f(x), g(x)* na pravidlo jejich ekvivalence. Neboli

$$f(x) = g(x)$$

$$R : f(x) \Leftrightarrow g(x)$$

Sestavíme-li soustavu těchto rovnic, lze je obecně charakterizovat takto :

$$f_1(x) = g_1(x) \qquad x \in \{0,1\}^m$$

...

$$f_m(x) = g_m(x)$$

Této soustavě odpovídá $2m$ pravidel.

$$R_1 : f_1 \Rightarrow g_1 \qquad R_{m+1} : g_1 \Rightarrow f_1$$

...

$$R_m : f_m \Rightarrow g_m \qquad R_{2m} : g_m \Rightarrow f_m$$

3 Báze znalostí

Báze znalostí je soustava logických rovnic v Hornově tvaru.

$R : A \Rightarrow C$

Pravidlo v Hornově tvaru je ve tvaru:

$$R : \left(\bigwedge_{j=1}^{m} a_j \right) \Rightarrow \left(\bigvee_{j=1}^{n} c_j \right),$$

kde $\left(\bigwedge_{j=1}^{m} a_j \right)$ je součin antecendentů (příčin) a $\left(\bigvee_{j=1}^{n} c_j \right)$ suma konsekventů(následků), tedy: Za předpokladu, že platí všechny antecendenty, tak platí alespoň jeden z konsekventů.

Každou bázi znalostí je možné zapsat ve tvaru $R = R_1 \wedge R_2 \wedge \ldots \wedge R_m$, kde každé z pravidel je v rozšířeném Hornově tvaru

Je-li seznam příčin prázdný, nahrazujeme jej konstantou 1. Je-li prázdný seznam následků, nahrazujeme jej konstantou 0.

Výhodou Hornova tvaru je, že se zde vůbec nevyskytuje operátor negace.

Z jedné rovnice je občas možné vygenerovat více než jedno pravidlo, soubojem pravidel mohou také vznikat nová pravidla.

$$m = 0 : \bigwedge_{j=1}^{m} a_j \equiv 1$$

$$n = 0 : \bigvee_{j=1}^{n} \equiv 0$$

$$R = \bigwedge_{k=1}^{N} R_k$$

4 Konverze na soustavu nerovnic

$$\sum_{j=1}^{m} a_j - \sum_{j=1}^{n} c_j \leq m - 1$$

Bázi pravidel v Hornově tvaru je výhodné konvertovat na soustavu lineárních nerovnic, kterých se využívá k jednoduššímu řešení soustavy logických rovnic.

$$R : \left(\bigwedge_{j=1}^{m} a_j \right) \Rightarrow \left(\bigvee_{j=1}^{n} c_j \right)$$

Nejprve celé pravidlo znegujeme, díky čemuž se dostaneme do tvaru

$$\sum_{j=1}^{m} a_j + \sum_{j=1}^{n} (1 - c_j) \leq m + n - 1$$

Jelikož pravdivost původního pravidla má být jedna, tak pravdivost jeho negace je nulová – vyžadujeme, aby neplatila možnost, že jsou splněny všechny příčiny a není splněn ani jeden následek.

Vše si převedeme na algebraickou nerovnici , $$\neg R : \left(\bigwedge_{j=1}^{m} a_j \right) \wedge \left(\bigwedge_{j=1}^{n} \neg c_j \right) = 0$$

kde závorkou (1-c) značíme pravdivostní hodnotu negace původního konsekventu. Od obou stran nerovnice odečteme n a dostaneme finální nerovnici

5 Aplikace

Nabyté znalosti jsme aplikovali na několika jednoduchých příkladech, které by mohly být řešeny pouhou úvahou.

Příklad 1 : Poctivci a padouši

K demonstraci nevýhodnosti řešení logické úlohy systémem úprav logických rovnic jsem využil úlohu z jedné nejznámějších knih popularizujících logiku, z knihy *Jak se jmenuje tahle knížka?* od Raymonda Smullyana.

Zadání:
Předpokládejme, že každý obyvatel je buď poctivcem, který mluví vždy pravdu, nebo padouchem, který vždy lže.
Předpokládejme, že máme tři obyvatele ostrova, A, B, C.
A a B prohlásí:
A: Všichni jsme padouši.
B: Právě jeden z nás je padouch.
Dá se určit, co je B? Dá se určit, co je C?

Řešení:

a) soustavou rovnic

$$R_1 : A \Leftrightarrow \neg A \wedge \neg B \wedge \neg C =$$
$$= (\neg A \wedge ((B \wedge C)(\neg B \vee C)(B \vee \neg C)) \vee (A \wedge (\neg A \wedge \neg B \wedge \neg C)) =$$
$$= (\neg A \wedge ((B \wedge C)(\neg B \vee C)(B \vee \neg C))$$
$$R_2 : B \Leftrightarrow ((A \wedge B \wedge \neg C) \vee (A \wedge \neg B \wedge C) \vee (\neg A \wedge B \wedge C)) =$$
$$= \neg B \vee (B \wedge ((A \wedge B \wedge \neg C) \vee (A \wedge \neg B \wedge C) \vee (\neg A \wedge B \wedge C))$$
$$R_1 \wedge R_2 : (\neg B \vee (A \wedge B \wedge \neg C) \vee (\neg A \wedge B \wedge C)) \wedge (\neg A \wedge ((B \wedge C) \wedge (\neg B \wedge C) \wedge (B \wedge \neg C))) =$$
$$= (\neg A \wedge \neg B \wedge C) \vee (\neg A \wedge B \wedge C)$$

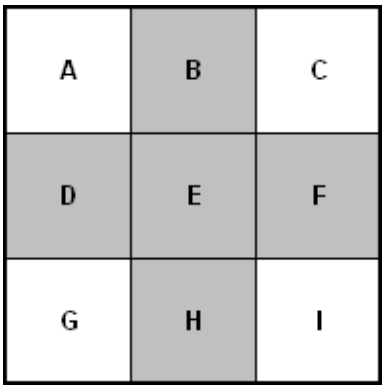
Ze závěrečného řádku jasně vyplývá, že A – za předpokladu, že jsou všechny podmínky splněny – vždy lže, C mluví vždy pravdu a u B se o jeho pravdomluvnosti nedá rozhodnout.
Řešení pomoci soustavy rovnic svou náročností zaostává za řešením úlohy pouhým selským rozumem:

b) Předpokládejme, že A mluví pravdu. Pak lže každý z trojice A, B, C. Zejména tedy i A, čímž se dostáváme ke sporu. Osoba A tedy nutně lže. Mluví-li B pravdu, pak lže právě jeden z trojice A, B, C – lže tedy pouze A. B, C mluví pravdu. Lže-li B, pak lže jiný počet osob než právě jedna, víme ale že A nutně lže, B lže a nelžou všichni, tedy C je poctivec.

Zjistili jsme tedy, že A lže vždy, C vždy mluví pravdu a u B se jeho pravdomluvnost nedá určit.

Příklad 2 : Pokrývání křížky

Zadáním příkladu bylo pokrýt pole 3x3 co nejmenším počtem desek ve tvaru kříže.



Nejprve je třeba zjistit, kdy je každé pole zakryté. Sepíšeme devět výroků pro každé pole vždy podle toho, v jakém poli je střed kříže. Těchto devět výroků poté převedeme do Hornova tvaru. Z Hornova tvaru je převedeme na lineární nerovnice, abychom je v tomto tvaru mohli zadat do počítačového programu.

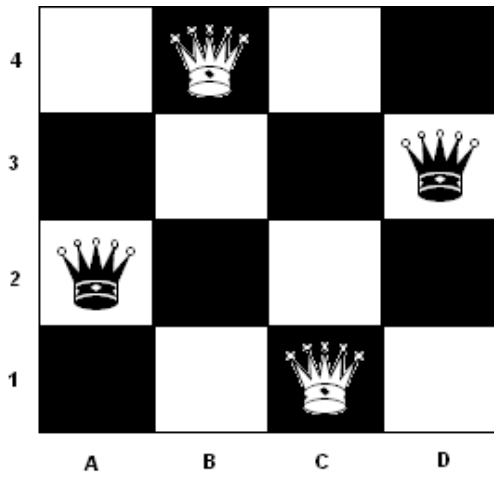
Logický zápis	Hornův tvar	Logické nerovnice
$A \wedge B \wedge D$	$1 \Rightarrow (A+B+D)$	$A+B+D \geq 1$
$A \wedge B \wedge C \wedge E$	$1 \Rightarrow (A+B+C+E)$	$A+B+C+E \geq 1$
$B \wedge C \wedge F$	$1 \Rightarrow (B+C+F)$	$B+C+F \geq 1$
$A \wedge D \wedge E \wedge G$	$1 \Rightarrow (A+D+E+G)$	$A+D+E+G \geq 1$
$B \wedge D \wedge E \wedge F \wedge H$	$1 \Rightarrow (B+D+E+F+H)$	$B+D+E+F+H \geq 1$
$C \wedge E \wedge F \wedge I$	$1 \Rightarrow (C+E+F+I)$	$C+E+F+I \geq 1$
$D \wedge G \wedge H$	$1 \Rightarrow (D+G+H)$	$D+G+H \geq 1$
$E \wedge G \wedge I$	$1 \Rightarrow (E+G+I)$	$E+G+I \geq 1$
$F \wedge H \wedge I$	$1 \Rightarrow (F+H+I)$	$F+H+I \geq 1$

V Excelu do sloupce vložíme všech devět polí s hodnotou 1 pro pravdivý výrok (=deska je pokrytá). Uděláme druhý sloupec, kam vložíme nerovnice a pomocí nástroje Řešitel nastavíme

podmínky. Abychom zjistili výsledek – nejmenší počet desek, musíme sečíst všech devět hodnot a v Řešiteli zadat tuto hodnotu na minimální. Dostaneme nejmenší možný počet desek a ve kterých polích bude jejich střed.

A	0	R1	2
B	1	R2	1
C	0	R3	1
D	1	R4	1
E	0	R5	2
F	0	R6	1
G	0	R7	1
H	0	R8	1
I	1	R9	1
Počet:			
3			

Příklad 3 : Kolik dam ?



Inspirovali jsme se klasickou šachovou úlohou :
„ Kolik dam se vejde na šachovnici (a kde budou postaveny) tak, aby se vzájemně neohrožovaly ?“ Pro jednoduchost jsme použili šachovnici, která má 4x4 pole.
Nejdříve sestavíme obecné pravidlo pro pole *a, b*. Na poli *b* nesmí stát dáma, pokud toto pole ohrožuje dáma z pole *a*.

$R = \neg(a \wedge b)$

Poté toto pravidlo převedeme do Hornova tvaru. Vyjdeme z toho, že pokud negace libovolného výroku má být pravdivá, sám výrok je „nepravdivý".

$a \wedge b \Rightarrow 0$

Z Hornova zápisu lehce dostáváme nerovnici $a + b \leq 1$.
Sestavíme všechny nerovnice, které má smysl řešit, tj. takové, které jsou nezbytné pro správnost úlohy.

N_1 ... $A1 + B1 \leq 1$

N_2 ... $A1 + C1 \leq 1$

N_3 ... $A1 + D1 \leq 1$

...

N_{76} ... $C4 + D4 \leq 1$

Tyto nerovnice jsou podmínky, které zadáme do Řešitele.

Výsledek : Na šachovnici o rozměrech 4x4 pole se vejdou pouze čtyři dámy tak, aby byly splněny podmínky úlohy. Jejich možné rozmístění je znázorněno na obrázku výše.

6 Shrnutí

Přesvědčili jsme se o řešitelnosti logických úloh rozličnými metodami, např. odhadem, úpravami logických rovnic či převodem na soustavy algebraických nerovnic s následným dořešením v Řešiteli. Potvrdila se nám užitečnost tohoto nástroje, i když k užívání Řešitele k řešení obtížnějších úloh (rozestavte *n* dam na *N* x *N* šachovnici) jsou potřeba jisté programátorské dovednosti. Při řešení logických úloh jsme si taktéž potvrdili, jak je důležité si správně přesně naformulovat jednotlivé výroky a neznámé.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Jaromíru Kukalovi, který se nás pokusil seznámit s taji Booleovské algebry a logiky všeobecně, KSE, FJFI ČVUT V Praze a všem, kteří se podíleli na Týdnu vědy 2010. Těšíme se na případnou další spolupráci.

Reference:

[1] SMULLYAN, R.M. *Jak se jmenuje tahle knížka* Mladá fronta, 1986, příklad 3.32

[2] MÉSZÁROS, P. *Analýza množiny binárních vzorů s využitím pokrývacích heuristik*

Matematické modelování materiálů s tvarovou pamětí

V. Fišer*, J. Půža**
Gymnasium Elišky Krásnohorské Praha*, Gymnasium Český Brod**
PuzaHonza@seznam.cz

Abstrakt

V naší práci se bude věnovat problematice materiálů s tvarovou pamětí. Nejprve se seznámíme s fyzikální podstatou tvarové paměti a dalšími vlastnostmi materiálů s tvarovou pamětí. Poté představíme základy matematické teorie pružnosti a aplikujeme ji na materiály s tvarovou pamětí. Na závěr uvedeme výsledky počítačového modelu 1D úlohy.

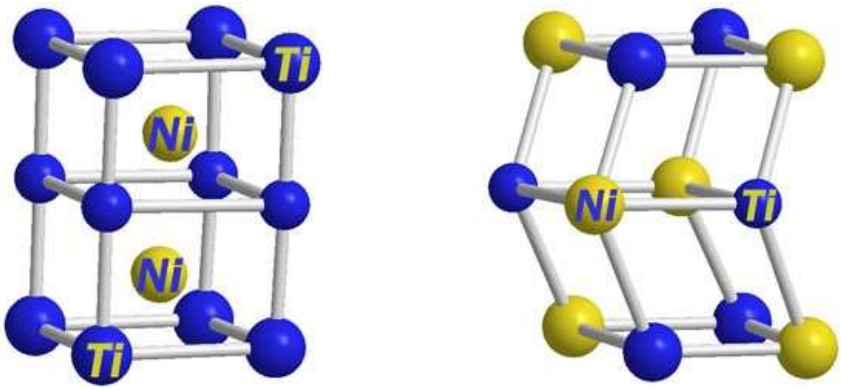
1 Úvod

Nejprve by bylo vhodné ujasnit si rozdíly mezi plastickou a elastickou deformací. Elastická deformace je po odtížení plně vratná. Plastická deformace na rozdíl od deformace elastické vratná není, po odtížení zůstává vzorek zdeformovaný. Většina materiálů je elasto-plastických, což si můžeme představit tak, že mají jistou mez, pod kterou se chovají elasticky, a kterou když překročíme, mění se elastická deformace na plastickou deformaci a dochází k defektu vzorku.

2 Materiály s tvarovou pamětí

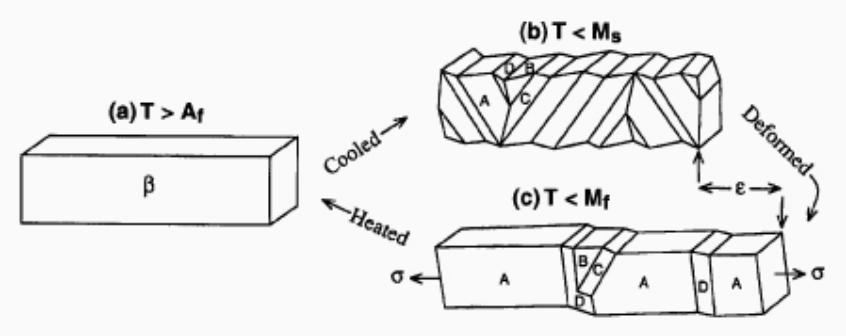
Materiály s tvarovou pamětí tvoří speciální podtřídu elasto-plastických materiálů a to jsou takové materiály, které si "pamatují svůj původní tvar". Tyto materiály bývají většinou slitiny kovů, které se značí zkratkou SMA (z angl. Shape Memory Alloys).

V praxi to vypadá tak, že na vzorek z materiálu s tvarovou pamětí zapůsobíme silou a on se silně zdeformuje. Po zahřátí nad transformační teplotu se vzorek samovolně vrátí do původního tvaru. Děje se tak na základě fázové přeměny krystalické mřížky. Vysokoteplotní fázi s více symetrickou krystalovou mřížkou nazýváme austenit. Nízkoteplotní fázi s méně symetrickou krystalovou mřížkou nazýváme martenzit.



Obrázek1: Austenitická a martenzitická krystalická struktura u nikl-titanu.

Fázová přeměna nemusí být způsobena jen změnou teploty, nýbrž i působením vnějšího napětí (síly).

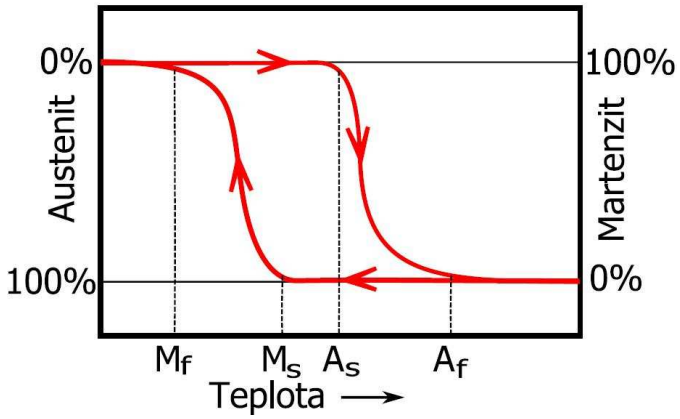


Obrázek2: Cyklus tvarové paměti.

Vlastní jev tvarové paměti probíhá v následujících krocích:

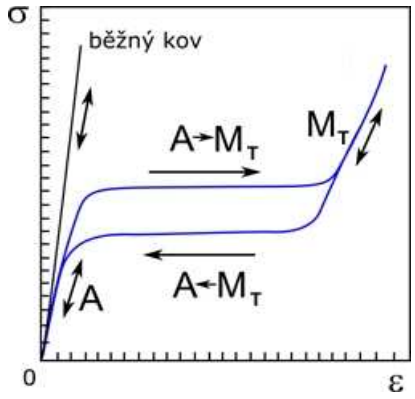
- Vzorek v austenitu je ochlazen pod transformační teplotu. Přitom austenitická fáze vzorku přechází na strukturu různě orientovaných variant martenzitické fáze.
- Zatížením vnějším napětím vzniká energeticky nejvýhodněji orientovaná verze martenzitu.
- Po uvolnění vnějšího napětí podstatná část deformace zůstane zachovaná stejně jako fázové složení vzorku.
- Zahřátím přechází martenzitická fáze na austenitickou. A tím se vzorek vrací do původního tvaru a délky.

Přeměna přitom probíhá podle hysterezní křivky. Viz obrázek 3.



Obrázek 3: Závislost fázového složení na teplotě-hysterezní křivka.

Mimo vlastní tvarovou paměť vykazují tyto materiály další zajímavé vlastnosti. Velice zajímavým jevem je superelasticita. Zatímco elastická deformace u běžných kovů se pohybuje maximálně okolo 0,7%, při superelasticitě dosahuje až 10%. Martenzitická transformace probíhá při konstantním napětí, přitom však dochází k velké deformaci. Ta je ale vratná podle hysterezní křivky (viz obrázek 4).



Obrázek 4: Závislost napětí na deformaci běžného kovu a SMA

Díky mimořádným vlastnostem mají materiály s tvarovou pamětí mnoho využití zejména v lékařství: kardiovaskulární STENT, zubní rovnátka, a v technické praxi.

3 Matematická teorie pružnosti

Jevy v přírodě se řídí principem minima potenciální energie.
Pro (hustotu) energie pružnosti máme vztah:

$$E(\varepsilon) = \frac{1}{2} C\varepsilon^2 =: \frac{1}{2}\langle C\varepsilon, \varepsilon\rangle$$

kde ε je relativní prodloužení (též deformace) a C je Youngův modul pružnosti.

Příslušná (hustota) potenciální energie Φ se počítá podle vzorce:

$$\Phi(u) = \frac{1}{2} C\varepsilon^2 - F \cdot u - T \cdot u$$

člen $F \cdot u$ - $T \cdot u$ představuje práci objemových a povrchových sil

4 Počítačový model

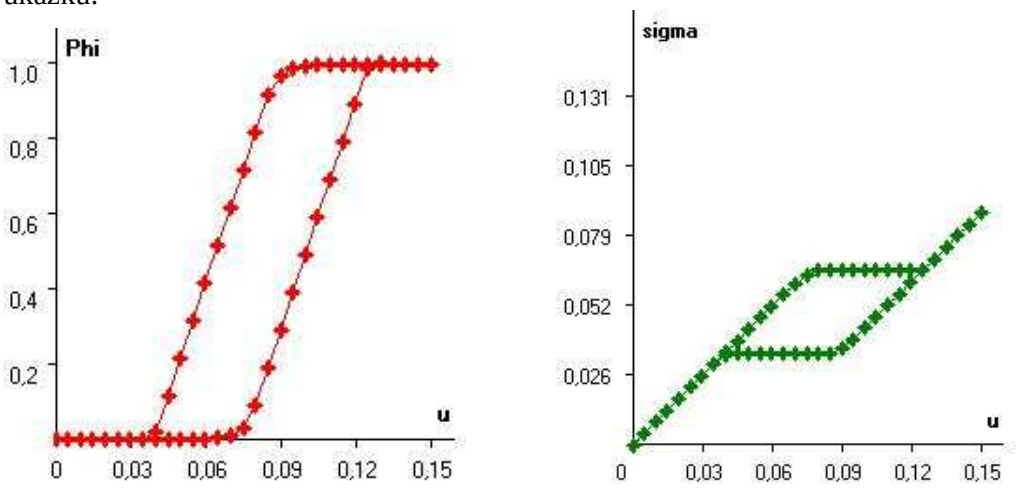
V případě materiálu s tvarovou pamětí se aplikuje obecná teorie pružnosti. V rámci počítačového modelu budeme řešit tzv. časově diskrétní úlohu. V k-tém časovém kroku budeme minimalizovat následující funkcionál potenciální energie:

$$J(u, \varphi; t_k) = \frac{1}{2}\{\langle C(\varepsilon - \varphi e), (\varepsilon - \varphi e)\rangle + 2M\varphi\} - F(t_k) \cdot u - T(t_k) \cdot u + \beta|\varphi - \varphi_{k-1}|$$

kde φ–objemový zlomek martenzitu, e–relativní prodloužení, pro které má potenciální energie martenzitické fáze minimum a M–hodnota tohoto minima. Poslední člen ve výrazu představuje takzvanou disipační energii:

β je koeficient vlivu historie a φ_{k-1} objemový zlomek martenzitu v minulém časovém kroku.

Jako výsledek z počítačového programu dostaneme číselné hodnoty a grafy. Tady máte ukázku:



Obrázek 6: Výsledky počítačového modelu pro počet kroku animace: 120, délku drátku: 1 m, Beta = 0,00080 Pa, M= 0,00250 Pa, e = 0,05 a Youngův modul C = 0,8735 Pa.

Graf nalevo na obrázku 6 velmi dobře odpovídá hysterezní křivce na obrázku 3 s tím rozdílem, že zde se jedná o závislost objemového zlomku φ na posunutí u (na rozdíl od závislosti objemového zlomku na teplotě na obrázku 3). Graf napravo na obrázku 6 pak koresponduje přímo s obrázkem 4 představujícím superelasticitu.

5 Shrnutí

Seznámili jsme se s materiály s tvarovou pamětí, jejich vlastnostmi a jejich matematickým modelem. Zkusili jsme si pracovat s programem, jenž simuloval chování 1D drátku při deformaci. Na závěr jsme ještě model rozšířili o plastickou deformaci.

Poděkování

Děkujeme Ing. Hanušovi Seinerovi, Ph.D. z Akademie věd ČR za ukázku chování materiálů s tvarovou pamětí a Bc. Martinu Vlčkovi za vysvětlení, konzultaci, a v neposlední řadě simulační program.

Reference:

[1] VLČEK, M.: *Bakalářská práce*. FJFI ČVUT Praha, 2009

[2] FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY: *www.fzu.cz/departmens/metals/sma/brana_cz*. 2009

[3] KRUŽÍK, M – ROUBÍČEK, T.: *Matematické počítačové modelování aktivních materiálů*. Vesmír, leden 2009

Mikrostruktura W pseudoslitiny pro extrémní aplikace (světelná a elektronová mikroskopie)

David Heralecký
dave.796@gmail.com
Smíchovská střední průmyslová škola, Preslova 25, 150 21 Praha 5

Daniel Švarc
svarc.dan@gmail.com
Gymnázium Luďka Pika, Opavská 21, 312 00
Plzeň

Jan Vokoun
vokounjan@gmail.com
Gymnázium Luďka Pika
Gymnázium Luďka Pika, Opavská 21, 312 00
Plzeň

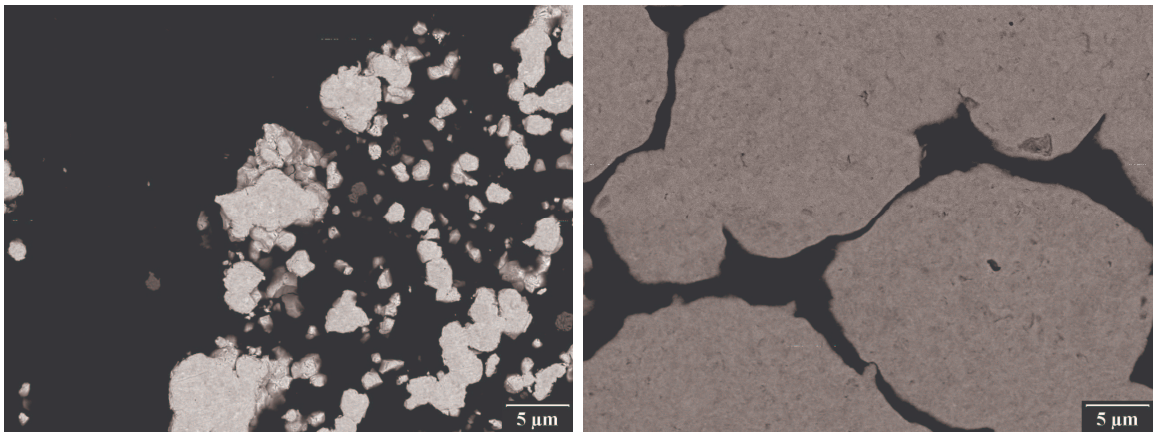
Abstrakt

Wolframové pseudoslitiny vykazují celou řadu unikátních vlastností, a proto se využívají stále hojněji tam, kde je potřeba vysoká hustota, snadná obrobitelnost a teplotní odolnost.

Naším cílem bylo pozorovat mikrostruktury pseudoslitin wolframu pod elektronovým mikroskopem a následně zjistit zda se drobné změny ve složení výchozího prášku projeví na mikrostruktuře výsledné pseudoslitiny.

1. Úvod

Termín wolframová pseudoslitina se používá pro materiál složený z kuliček wolframu v matrici z niklu, železa a wolframu. Takováto pseudoslitina se vyrábí práškovou metalurgií z prášku o velikosti části řádově jednotky mikronů [1]. Po vylisování s linutí má dvousložkovou strukturu, velmi dobré mechanické vlastnosti a vysoké měrné hustoty. Wolframové pseudoslitiny mají také výbornou korozní odolnost a nejsou ekologickou zátěží. Nevýhodou je ztráta původních vlastností wolframu (vysoká teplota tání). Oproti wolframu je jeho pseudoslitina mnohem snáze obrobitelná. Těchto vlastností se dá využít pro výrobu munice (podkaliberní střela APAS [2]) nebo součástek pro radiační stínění, onkologické ozařovače, atd.



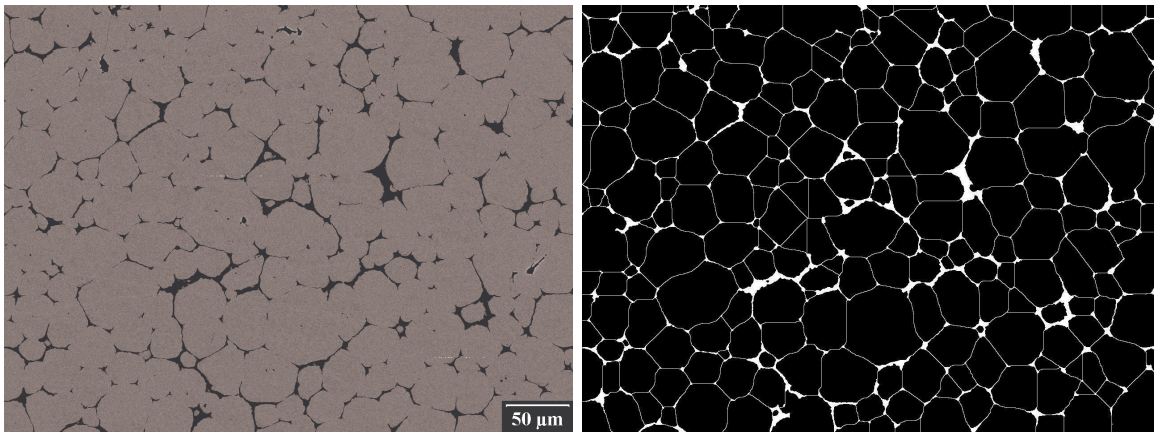
Obr. 1 - Výchozí prášek (vlevo) a výsledná pseudoslitina (vpravo), snímky metalografického řezu v řádkovací mikroskopu.

2. Teorie

V rámci miniprojektu jsme zkoumali mikrostrukturu dvou odlišných vzorků vyrobených z prášků označených DS110 a DS 109. Vzorky jsme podrobili zkoumání v elektronovém mikroskopu. Za dohledu supervizora jsme vytvořili snímky obou vzorků v různých zvětšeních (100x, 300x, 1000x). Tyto snímky jsme analyzovali na počítači za pomoci grafického programu ImageJ a metody Watershed pro oddělení splývajících částic. Snímky pořízené ve stonásobném zvětšení se nám nepodařilo vyhodnotit, neboť

použitá metoda odstranění šumu vede ke splynutí částic, které metodou Watershed již nejdou oddělit. U snímků focených s tisícinásobným zvětšením jsme se výrazně odchýlili od očekávaného výsledku z důvodů částic na hranách obrazu, jejichž plocha byla při výpočtu podhodnocena. Proto jsme náš výzkum dále zaměřili pouze se snímky s třistanásobným zvětšením.

Elektronový mikroskop [3] funguje díky elektronovému dělu, které vystřeluje svazky elektronů na zkoumaný vzorek. Elektrony dopadající na materiál se od povrchu odrážejí různými směry a s různou energií, následně jsou zachyceny příslušnými senzory. Počítač zpracuje data ze senzorů a zobrazí snímek.



Obr. 3 - Mikrostruktura pseudoslitiny wolframu, obraz z řádkovacího mikroskopu (vlevo) a binarizovaný obraz po oddělení částic pomocí metody watershed (vpravo).

3. Analýza snímků

Třistakrát zvětšené snímky jsme otevřeli v programu ImageJ a pomocí metody watershed rozdělili na jednotlivé částice. Ty jsme poté spočítali a získali tak finální data.

Vzorek č. 1, prášek DS109

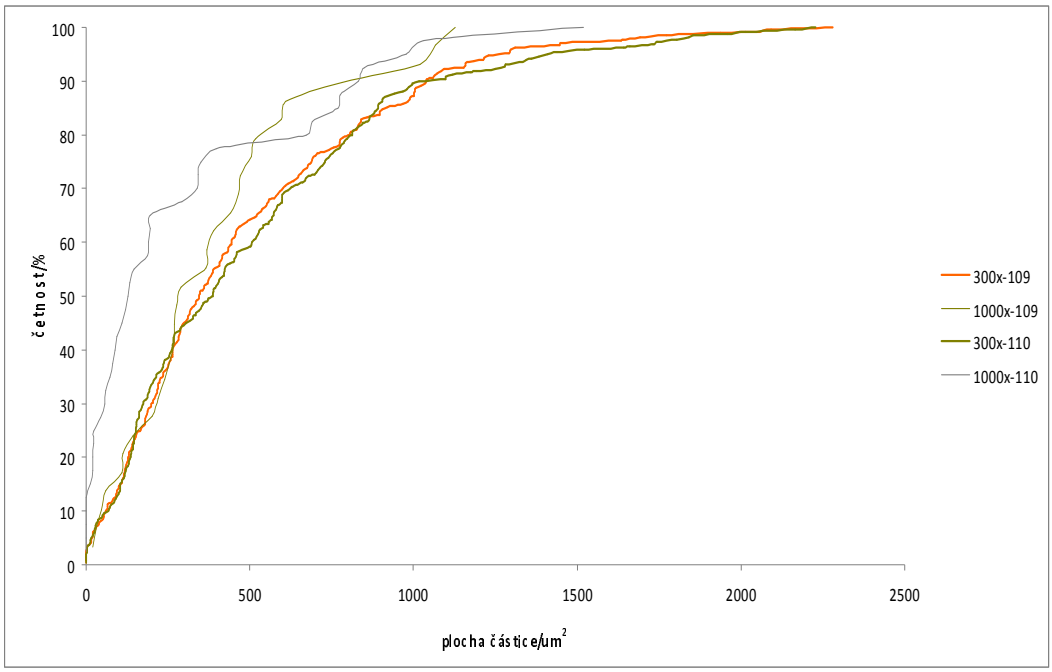
Obsah pozorované plochy:	136 533 μm^2
Celkový obsah řezů wolframových částic:	129 587 μm^2
Průměrný obsah řezu částice:	498 μm^2
Obsah řezů částic v pseudoslitině:	94,9 %

Vzorek č. 2, prášek DS110

Obsah pozorované plochy:	136 533 μm^2
Celkový obsah řezů wolframových částic:	128 090 μm^2
Průměrný obsah řezů částice:	478 μm^2
Obsah řezů částic v pseudoslitině:	93,8 %

4. Shrnutí

Zjistili jsme, že oba vzorky mají téměř shodnou distribuční funkci, takže drobná změna ve složení výchozího prášku nemá na mikrostrukturu výsledné pseudoslitiny vliv.



Obr. 4 - Distribuční funkce plochy částic

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Ondřeji Kováříkovi, Ph.D. za ochotu a pomoc v řešení problémů a poskytnutí potřebného vybavení. Dále děkujeme FJFI za organizaci této akce.

Reference:

1. *UJP PRAHA a.s.*[online] [15. 06. 2010] <http://ujp.cz/?section=vyrobky-a-sluzby&lang=cs&subsection=slitiny-a-pseudoslitiny&part=4>

2. Lord, *PALBA.CZ : Protitankové střely* [online], 26/5/2005, [15. 06. 2010] <http://www.palba.cz/viewtopic.php?t=507>

3. Wikipedie, *Elektronový mikroskop* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2010, ,15. 05. 2010, [15. 06. 2010] <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektronov%C3%BD_mikroskop&oldid=5346197>

Šifrování

Ondřej Maslikiewicz[1], Ondřej Hujňák[2], Jiří Stejskal[3]

[1]Střední průmyslová škola Hronov, Hostovského 910 Hronov
[2]Gymnázium Slovanské nám. 7, Brno
[3]Gymnazium Děčín, Komenského náměstí

[1]o.maslik@seznam.cz, [2]Hujnak.Ondrej@seznam.cz,
[3]Georgesamuel@seznam.cz

Abstrakt:

Jaký vliv mají šifry a šifrování na historii lidstva? Jaký vliv mají na život každého z nás? Můžeme se sami s nějakými šiframi setkat? Pro každého z nás je dobré vědět, co se jak děje a proč tomu tak je. To platí i o šifrování. V miniprojektu jsme si definovali základní matematické pojmy nezbytné pro práci s šiframi. Na několika jednoduchých historických šifrách jsme si vyzkoušeli luštění, šifrování i dešifrování textu. Dále jsme vytvořili šifrovací programy v programovacím jazyce Pascal, a to pro Caesarovu šifru a pro afinní šifru. Programy jsou odolné proti mezerám a speciálním znakům. Nakonec jsme se také dozvěděli něco málo o asymetrickém šifrování, které se dnes a denně používá.

Šifry a šifrování (neboli kryptografie) jako takové má vliv na lidské dějiny už více než 2000 let. Šifry vždy měly a budou mít velký vliv na výsledky válečných konfliktů, politická rozhodnutí a historii lidstva vůbec. Každý z nás šifry používá, aniž by si to uvědomoval. Takovým příkladem je internetové bankovnictví, elektronický podpis, internetové obchody a v neposlední řadě emailová komunikace. Smysl šifrování je v utajování informací před třetí stranou a v našich životech hraje stále větší a větší roli.

Než jsme se dostali k vlastnímu šifrování, bylo nutné vymezit si několik pojmů a definic. První z nich je kryptologie. Kryptologie je věda, zabývající se šiframi a šifrováním. Šifrování je proces zabezpečení zprávy nebo sdělení, při kterém se z otevřeného textu (nezašifrovaná informace) stává kryptogram (zašifrovaná informace). Způsob, kterým provádíme šifrování nazýváme šifrovací algoritmus (šifrovací systém) za pomocí tzv. šifrovacího klíče. Příjemce kryptogramu potom používá dešifrovací algoritmus a dešifrovací klíč. Šifrovací algoritmus je takový, že po zašifrování je možné kryptogram jednoznačně dešifrovat. Kryptologii můžeme rozdělit na dvě části. A to kryptografii, což je věda zabývající se vytvářením šifer, a kryptoanalýzu, která se zabývá prolamováním šifer (neboli zjišťováním otevřeného textu bez předchozí znalosti dešifrovacího klíče nebo algoritmu). V případě, že klíč známe, šifru neprolamujeme (neluštíme), nýbrž dešifrujeme (dešifrování patří ke kryptografii). Prolomení šifry nastane v případě, kdy je znám způsob, jak zjistit dešifrovací klíč. Jsou tři tzv. nejhorší možné podmínky , a to když kryptoanalytik

třetí strany:

1. má detailní poznatky o šifrovacím systému (zvýšené nebezpečí nalezení mezery v šifrování umožňující odhalení klíče)
2. získá velké množství kryptogramu šifrovaného jedním algoritmem a klíčem (lze uplatnit metody umožňující odhalení klíče, např. frekvenční analýzu)
3. má k dispozici části otevřeného textu a jeho kryptogramu

Rozlišujeme dva druhy šifrovacích systémů, a to symetrické, které mají šifrovací klíč ze kterého se dá odvodit klíč dešifrovací. Oproti tomu asymetrické mají dva různé klíče a klíč šifrovací neumožní zprávu dešifrovat, ani zjistit klíč dešifrovací a naopak.
Symetrické šifrování dále dělíme podle způsobu šifrování na substituční, kde dochází k záměně znaků, a transpoziční, kde dochází k záměně umístění znaků v textu. Pro bezpečnost šifry je důležité dobré utajení klíčů. Dokonalé utajení je pak takové utajení, kdy jediné možné zjištění otevřeného textu třetí stranou je prosté uhodnutí jejího obsahu. Pro dokonalé utajení je nutné, aby kryptogram nepříteli neposkytl žádnou informaci.

Nejdříve jsme se věnovali substitučním symetrickým šifrám. Jedna z nich je například šifra monoalfabetická, jejíž speciálním případem je i jedna z nejjednodušších šifer, a to je šifra Caesarova.
Caesarova šifra je založena na posunu písmen abecedy. Klíčem je číslo tři, což značí počet míst o které se otevřený text posune dopředu. Například písmeno **a** se šifruje jako písmeno **d**. Tento způsob šifrování můžeme použít pro libovolný celočíselný klíč. V případě, že posunutý text přesáhne počet písmen abecedy, odečteme celkový počet čísel abecedy od vzniklé hodnoty tolikrát, aby mělo písmeno ekvivalent ve zvolené abecedě. Tato šifra je velice náchylná na prolomení, protože může obsahovat pouze tolik klíčů, kolik je písmen v abecedě.
O něco lepší je náhodná záměna písmen. V tomto případě už ale klíč není jedno celé číslo, ale celá abeceda v náhodném pořadí.

Dalším typem je šifra afinní. Afinní šifra je založena na modulární aritmetice. Je podobná předchozímu typu šifry, ale klíčem jsou dva parametry – a, b – díky kterým je možné šifrovaný text vypočítat podle vzorce:

$$C_i = (a \cdot T_i + b) \bmod m$$

Kde „C_i“ je písmeno kryptogramu, „a“ a „b“ jsou nesoudělné parametry, „T_i“ je písmeno otevřeného textu a „m“ je počet písmen abecedy. Protože se jedná o šifru symetrickou, k jejímu dešifrování stačí vyjádřit ze vzorce „T_i“.
Můžeme šifrovat i za pomoci čísel. Příkladem je Polybiův čtverec standardně o rozměrech 5x5. Protože má anglická abeceda znaků 26, píší se I a J do jednoho políčka. Písmeno je určeno dvěma souřadnicemi, záleží na domluvě která je první.
Playfairova šifra je čtverec stejný jako v předchozím případě, ale písmena nejdou popořadě. Začínáme klíčem, který tvoří slovo dávající smysl ve kterém vynecháme duplicitní písmena a až poté doplníme zbylé znaky podle abecedy. Nešifruje se znak, ale bigram (dvojice znaků). V případě že se jedná o stejné znaky, vložíme mezi ně písmeno Z. Šifrovaný text vytváříme podle tří pravidel, kdy záleží, kde se nachází písmena bigramu ve čtverci:

1. nachází-li se v řádku, posuneme je o jedno doprava
2. nachází-li se ve sloupci, posuneme je o jedno dolů
3. pokud nesplňují ani jedno z výše uvedených pravidel, posuneme první písmeno bigramu dolů až na řádek, na kterém se nachází druhé písmeno a druhé písmeno posuneme analogicky nahoru.

Všechny výše zmíněné šifry jsou náchylné ke kryptoanalytické metodě – frekvenční analýze. Ta umožňuje podle frekvence výskytu znaků v kryptogramu a frekvence četnosti znaků v abecedě daného jazyka otevřeného textu odhadnout klíč a tím šifru prolomit.
Homofonní šifra se tento nešvar snaží ošetřit znáhodňujícími prvky. Písmenům, která se v textu vyskytují často, či těsně vedle sebe, přiřadí více hodnot. Naroste tím sice velikost klíče právě o počet znáhodňujících prvků, ale frekvenční analýza je neúčinná.

Kromě monoalfabetických šifer, můžeme použít také šifry polyalfabetické. Tyto šifry se snaží o vyhlazený histogram použitých znaků a tím znemožnění frekvenční analýzy. Písmeno kryptogramu neodpovídá vždy právě jednomu písmenu otevřeného textu a zároveň dva stejné znaky otevřeného textu neodpovídají vždy jednomu znaku kryptogramu. Z tohoto typu šifer jmenujme Vigenèrovu šifru, která používá tzv. Vinegèrův čtverec. Vinegérův čtverec má rozměry počtu písmen abecedy a vyrobíme ho tak, že zapíšeme abecedu do prvního sloupce i řádku a doplníme do čtverce posunutím abecedy podle prvního řádku. Klíčem je libovolné slovo, ve kterém se neopakují písmena (nebo opakující se písmena vynecháme). Šifrujeme tak, že napíšeme zprávu na řádek a na řádek pod ni opakovaně zapisujeme klíč tak dlouho, dokud zpráva neskončí. Šifrujeme vždy dvojice písmen ve sloupci (zpráva, klíč). Ve Vinegèrově čtverci vyhledáme znak zprávy v prvním řádku a odpovídající znak klíče v prvním sloupci. Šifrované písmeno je to, u kterého se protne řádek a sloupec, který začíná písmenem ze zprávy.
Druhou skupinou jsou šifry transpoziční. U těchto šifer písmena nenahrazujeme, nýbrž přemisťujeme. Pro transpoziční šifry je klíčem celé číslo **k**, které udává počet sloupců tabulky, do kterých otevřený text naskládáme a to tak, že prvních **k** znaků tvoří první řádek tabulky, druhých **k** znaků tvoří druhý řádek, atd. Když délka otevřeného textu není dělitelná **k**, doplníme volná místa v tabulce písmenem z. Výslednou šifru pak zapisujeme po sloupcích místo po řádcích.
Aby se snížila pravděpodobnost prolomení šifry, používá se superšifrování. Superšifrování je zřeťezení alespoň dvou šifrovacích algoritmů.

Hlavní bod našeho miniprojektu je vytvoření šifrovacího a dešifrovacího programu. Jako šifrovací systém jsme si vybrali Caesarovu šifru a Afinní šifru. Program jsme napsali v programovacím jazyce Pascal.

Dále jsme krátce zabrousili do asymetrického šifrování. Vzhledem k vyšší složitosti těchto šifer je nutné znovu ujasnit si pár pojmů. U asymetrických klíčů se používají vysoká prvočísla a modulární aritmetika. Další častý prvek je tzv. jepičí klíč, jenž je použit jen a pouze jedenkrát a poté je zničen. Mezi nejpoužívanější algoritmy patří RSA a El-Gamal algoritmus s veřejným klíčem, kde se počítá s diskrétním logaritmem. Výhodou asymetrického šifrování je, že není nezbytně nutná důvěra mezi komunikujícími stranami, což posunulo kryptografii dále ve vývoji kupředu.

Shrnutí

Šifry a šifrování mají velký vliv na historii celého lidstva a na život každého z nás. Se šiframi se setkáváme každý den, aniž bychom o tom věděli. V miniprojektu jsme se dozvěděli mnohé o jednoduchých historických šifrách. Na několika příkladech jsme si vyzkoušeli jak asi kryptoanalytikové přemýšlejí, jaké chyby dělají a jaké náhody mohou vést k úspěšnému vyluštění. Dále jsme si zkusili šifrovat a dešifrovat známé historické šifry a naprogramovat šifrovací a dešifrovací program k některým z nich, konkrétně pro Caesarovu a afinní šifru.

Poděkování

Děkujeme Bc. Janě Hradilové za přiblížení problematiky kryptologie a cennou pomoc při porozumění šifrám a zpracování tohoto výstupního příspěvku. Dále děkujeme Ing. Svobodovi, CSc. za organizaci akce Týden vědy.

Reference:

[1] Piper, F. - Murphy, S.: *Kryptografie* Dokořán, 2006, 7-87.

[2] Janeček, J.: *Rozluštěná tajemství* XYZ, 2008

K čemu vede rozladění laserového rezonátoru

J. Janota, D. Kalasová, J. Táborský
SPŠ Elektrotechnická České Budějovice, Gymnázium Boskovice,
Gymnázium Mladá Boleslav
boromyr@seznam.cz, dominika.kalasova@seznam.cz, jiri1.taborsky@email.cz

15.6.2010

Abstrakt

V rámci tohoto miniprojektu jsme se seznámili s principy, fungováním, historií a aplikací laserů. S využitím Nd:YAG laseru pracujícím na vlnové délce 1064nm a CMOS kamery jsme zkoumali různé příčné profily intenzit výstupního laserového svazku. Tyto profily jsme ovlivňovali mechanickým rozlaďováním rezonátoru.

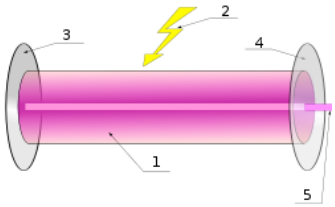
1 Úvod

V šedesátých letech minulého století byl sestaven maser, který pracuje na stejném principu jako laser, ale s mikrovlnným zářením. Letos je to padesát let, co Američan Theodore Mainman předvedl první funkční laser, kde používal krystal rubínu.

Cílem tohoto projektu bylo seznámení se fyzikálním principem laserů, jejich historií, různými druhy a jejich aplikací. Zkoumali jsme, co se děje s příčným profilem laserového svazku, měníme-li nastavení rezonárotu laseru.

2 Popis experimentu

2.1 Princip laseru



Obrázek 1: Princip laseru

Princip laseru si vysvětlíme na obr.č. 1. Laser je tvořen aktivním prostředím (1) - tím může být plyn, kapalina, polovodič, sklo, plasma, v našem případě budeme používat laser s monokrystalem Nd:YAG.

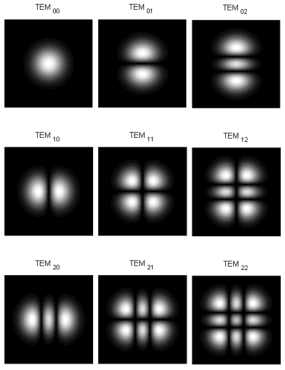
Do aktivního prosteřdí musíme dodat energii (2). Touto energií může být elektický výboj, optické záření, chemická reakce, injektování nosičů náboje; v našem případě jsme používali záření laserové diody o vlnové délce 808, 4 nm.

Tato energie vybudí elektrony aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny, dojde k tzv. excitaci. Takto je do vyšších energetických stavů vybuzena většina elektronů aktivního prostředí a vzniká tzv. inverze populace. Při opětném přestupu elektronu na nižší energetickou hladinu dojde spontánnímu k vyzáření energie ve formě fotonů. Takto vyzářený foton při svém průletu v blízkosti jiného excitovaného elektronu může způsobit stimulovanou emisi fotonů ve stejném kvantovém stavu.

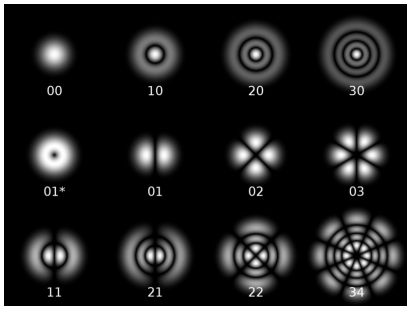
Aby došlo ke zesílení paprsku, je kolem prostředí umístěn rezonátor ((3), (4)), který odráží vzniklé fotony zpět do aktivního prostředí, tím je umožněno mnohonásobné opakování jevu stimulované emise.

2.1.1 Příčné módy

Příčný profil intenzity laserového svazku má v ideálním případě tvar Gaussovské křivky. Paraxiální Helmholtzova rovnice popisuje pomalu se měnící komplexní amplitudu elektromagnetické vlny. Taková řešení, která se sama mohou beze změny odrážet od zrcadel, nazýváme příčné módy rezonátoru. Kromě nejjednoduššího případu, tedy Gaussova svazku, se mohou vytvářet Hermiteovské-Gaussovské módy (obr.č.2) v případě symetrie v kartézské soustavě souřadnic, nebo Laguerreovské-Gaussovské módy (obr.č. 3) v případě osové symetrie ve válcových souřadnicích.



Obrázek 2: Počítačová simulace - Hermiteovské-Gaussovské módy

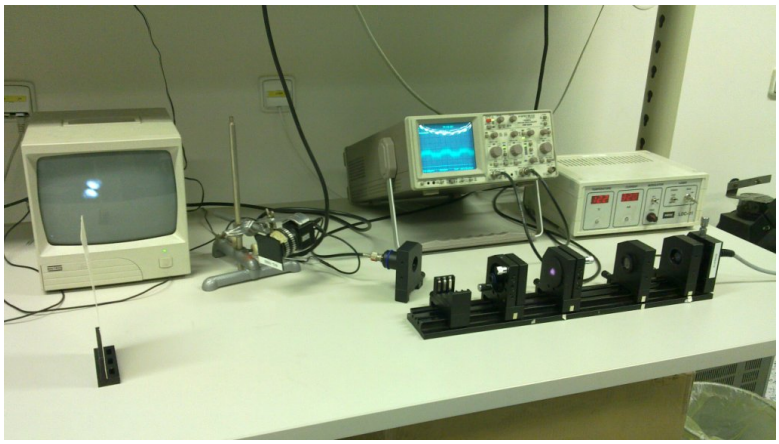


Obrázek 3: Počítačová simulace - Laguerreovské-Gaussovské módy

2.1.2 Popis aparatury

Používali jsme Nd:YAG laser, který byl buzen laserovou diodou o vlnové délce 808, 4 nm. Aparatutu můžeme vidět na obr.č.4, používali jsme stavebnici MEOS 08. Obraz jsme zaznamenávali na kameru CMOS Mintron s televizním objektivem s ohniskovou vzdáleností 25 cm a blokovacím infračerveným filtr s RG 1000. Obraz z kamery jsme sledovali na monitoru a zaznamenávali pomocí grabovací karty.

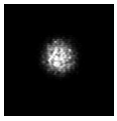
Rozladění rezonátoru jsme prováděli pomocí šesti ladících šroubů - čtyř pro nastavení polohy zrcadel a dvou pro samotnou diodu. Stavěcí šrouby zrcadel neumožňují náklon jen v kartézských souřadnicích, kombinace náklonů umožňuje dosáhnout i osově symetrických módů.



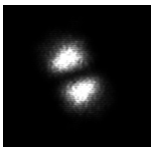
Obrázek 4: Aparatura

2.1.3 Výsledky

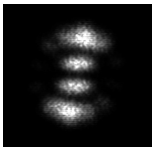
Naměřili jsme příčné profily základních modů (viz obrázky 5 - 11) a jejich superpozice (obr.č. 12).



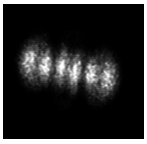
Obrázek 5: (0, 0)



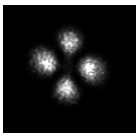
Obrázek 6: (0, 1)



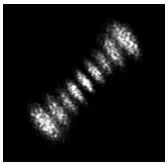
Obrázek 7: (0, 3)



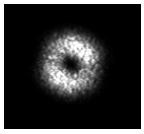
Obrázek 8: (0, 5)



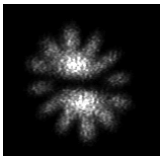
Obrázek 9: LG (0, 2), HG (1, 1)



Obrázek 10: (0, 8)



Obrázek 11: (1, 0) + (0, 1)



Obrázek 12: Superpozice

3 Závěr

V tomto projektu jsme se seznámili s fyzikálním principem laserů, jejich různými typy, historií a aplikací.

Podařilo se nám rozladit rezonátor Nd:YAG laseru tak, abychom dostali jednotlivé Hermiteovské-Gaussovské a Laguerreovské-Gaussovské módy a jejich různé kombinace.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za zprostředkování miniprojektu a našemu supervizorovi Ing.Josefu Blažejovi, PH.D za pomoc s miniprojektem.

Reference

Bahaa E. A. Saleh *Základy fotoniky - svazek 1.* matfyzpress, Praha 1994.

Osvícením ke srážení

J. Novotná*, M. Caha**, J. Štoček***

*Gymnázium, Brno, třída Kpt. Jaroše 14

**Gymnázium Velké Meziříčí

***Red Cross Nordic United World College, Flekke

janka.novot@seznam.cz

Abstrakt

Tato práce se zabývá vlivem UV záření na kontaminovanou vodu a určením koncentrace dané látky v roztoku prostřednictvím metod zvaných atomová absorpční spektroskopie a UV-vis spektrofotometrie.

Nejprve bylo nasimulováno znečištění vody olovem (roztok dusičnanu olovnatého). Působením UV záření byl tento kontaminant z části vysrážen. Koncentrace kontaminantu obsaženého ve vodě se v průběhu času měnila, v daných intervalech pak byly průběžně odebírány vzorky a byla určována koncentrace zbylého kontaminantu – k tomu byly využity zmíněné analytické metody.

1 Úvod

Olovo patří z ekologického hlediska mezi nejnebezpečnější kontaminanty, protože je toxické a je jen stěží biologicky odbouratelné. V případě, že je vstřebáno do organismu, kumuluje se v kostech, játrech a ledvinách. V důsledku chronického zatížení organismu olovem může docházet k poruchám trávení, hubnutí, případně ochrnutí dolních končetin. Jeho zdrojem v potravním řetězci jsou například obalové materiály, nátěrové látky a doprava.

Z vody je možno ionty olova za přítomnosti vhodné pomocné látky vyredukovat působením UV záření. Na kontaminovanou vodu působilo UV záření 60 minut, v pětiminutových intervalech bylo odebráno postupně 13 vzorků, včetně vzorku odebraného v 0 minutě ozařování. U každého z těchto vzorků bylo dále určeno pH a poté byly vzorky podrobeny spektrofotometrii a atomové absorpční spektrometrii, čímž byla zjištěna koncentrace kontaminantu. Výsledky jednotlivých měření byly porovnány a byl vyvozen obecný závěr.

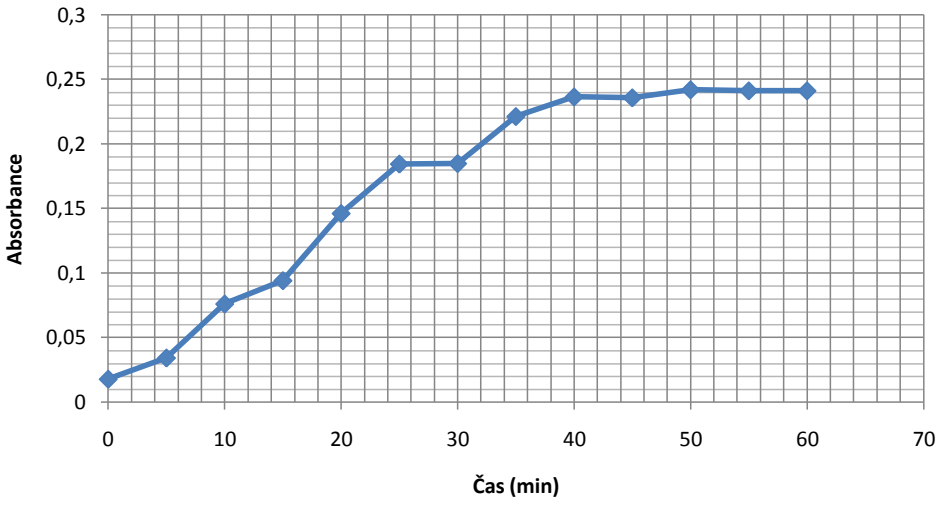
2 Experimentální část

Nejprve jsme si nasimulovali znečištěnou vodu, 2 litry 10^{-2} M roztoku $Pb(NO_3)_2$ - navážili jsme 400mg $Pb(NO_3)_2$ a rozpustili jej v destilované vodě, do tohoto roztoku jsme a přidali mravenčan draselný tak, aby jeho výsledná koncentrace byla 10^{-2} mol/L. Celkový objem připraveného roztoku byl 2L. Roztok jsme po 60 minut nechali ozařovat pomocí středotlaké rtuťové výbojky. Každých 5 minut jsme odebrali vzorek, u kterého jsme pomocí dvoupaprskového UV-VIS spektrofotometru Cary 100 změřili absorbanci. Dále jsme u vzorku změřili pH na titračním přístroji TIM845. Dále jsme do vzorku přidali 1 ml koncentované HNO_3 a doplnili destilovanou vodou na výsledný objem 10 ml. Takto připravený roztok jsme analyzovali na atomovém absorpčním spektrometru VARIAN AA240FS fungujícím na principu plamenné atomizace.

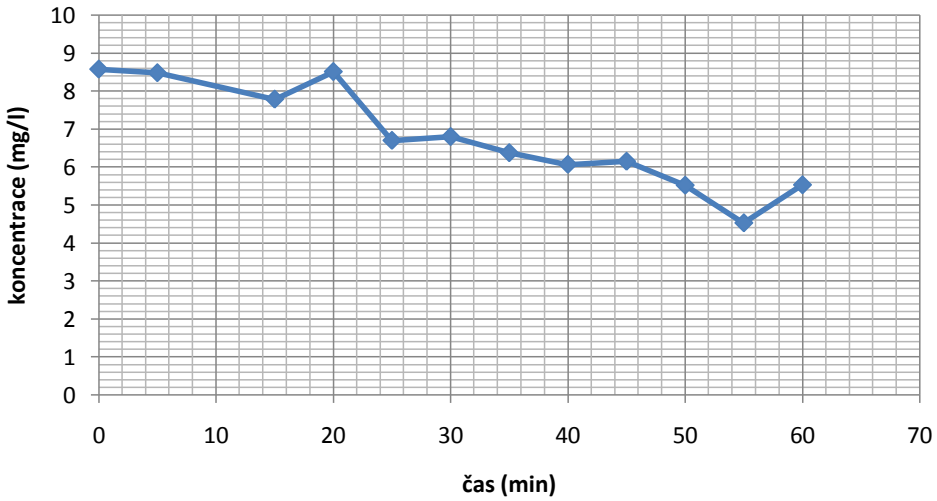
3 Výsledky

Výsledky měření jsou uvedeny v následujících grafech.

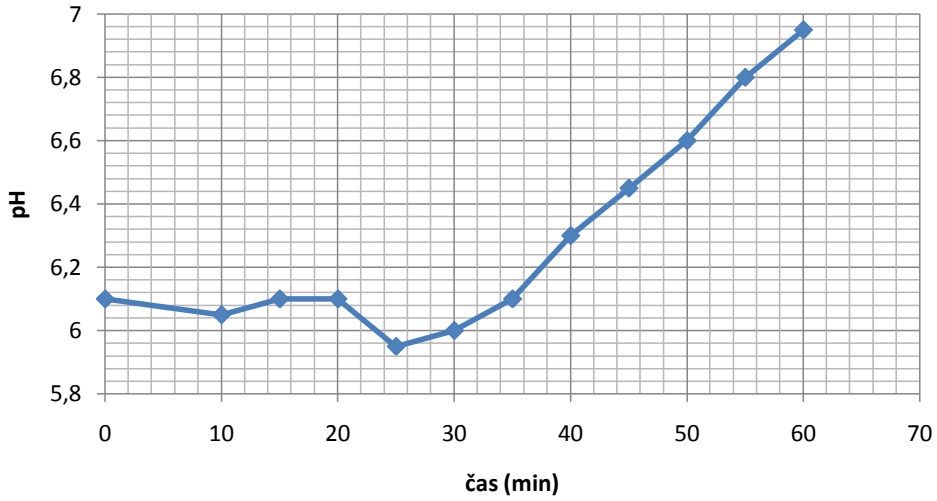
Změna absorbance roztoku v závislosti na čase ozařování při vlnové délce 250 nm



Změna koncentrace Pb^{2+} v roztoku v závislosti na čase ozařování



Změna pH ozařovaného roztoku v závislosti na čase ozařování



Z uvedených grafů plyne, že s časem klesá koncentrace a zvyšuje se pH roztoku obsahujícího Pb^{2+} ionty.

4 Shrnutí

Ověřili jsme, že působení záření má vliv na kontaminovanou vodu. Již po deseti minutách začala vznikat bílá sraženina, může se jednat o vyredukované olovo nebo nějakou jeho vysráženou sloučeninu. Zároveň jsme zjistili, že s nárůstem času ozařování se snižuje koncentrace Pb^{2+} iontů, což koreluje s nárůstem absorbance v čase.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali Ing. Barboře Drtinové, Ph.D. a Ing. Václavu Čubovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci. Dále bychom rádi poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce.

Reference

[1] BÁRTA, J.: Radiační a fotochemická příprava kovů a kovových oxidů, Diplomová práce, Katedra jaderné chemie FJFI VUT v Praze 2010

[2] http://www.irz.cz/repository/latky/olovo_a_jeho_slouceniny.pdf , 15. 6. 2010 http://www.toxiny.webz.cz/pusobeni_toxickych_prvku_a_plynu_na_lids.htm , 15. 6. 2010

Ověření zákonitostí radioaktivních přeměn

Jaromír Karmazín, Gymnázium Velké Meziříčí, blue.beret@seznam.cz
Aneta Nová, Gymnázium Šternberk, novaaneta@centrum.cz

Abstrakt:

Naším cílem bylo ověřit zákonitosti radioaktivních přeměn izotopů stříbra a zákonitosti přeměn radionuklidů v genetické závislosti pro pár ^{137}Cs a ^{137m}Ba ve formě radionuklidového generátoru. Využili jsme měřicích přístrojů radiochemické laboratoře, a sice studňového NaI(Tl) detektoru a detektoru s plastickým scintilátorem, připojených k jednokanálovým analyzátorům. Výsledkem byly rozpadové křivky, ze kterých jsme následně určili poločasy rozpadu jednotlivých radionuklidů.

1 Úvod

Jádra nuklidů prvků mohou podléhat samovolné radioaktivní přeměně, tyto nestabilní nuklidy nazýváme radionuklidy nebo radioizotopy, kdy izotop je označení pro nuklid v rámci souboru nuklidů jednoho prvku. Zmíněná samovolná přeměna jader se řídí zákony radioaktivní přeměny a charakteristickou veličinou pro daný nuklid je poločas rozpadu.

Pro počet částic N v daném čase platí základní kinetický zákon

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

kde λ je rozpadová konstanta látky. Protože ve většině případů není možné měřit počet částic radioaktivní látky přímo, měří se aktivita látky A, která je přímo úměrná množství látky a platí pro ni vztah

$$A = \lambda N .$$

Odtud také plyne

$$A = A_0 e^{-\lambda t} .$$

Mezi rozpadovou konstantou a poločasem rozpadu T platí vztah

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} .$$

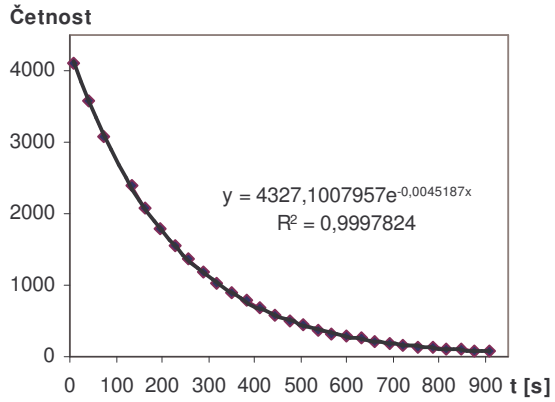
Radionuklidy lze rozdělit na přirozené, které se vyskytují v přírodě například spolu se svými stabilními izotopy, a umělé, připravované jadernými reakcemi. Jednou z vhodných jaderných reakcí je reakce (n,γ), kdy je vhodný stabilní nuklid ozářen pomalými neutrony a jako produkt reakce vznikne radioizotop s hmotnostním číslem o jednotku vyšším.

Pro práci s aktivními roztoky radionuklidů, zvláště těch s kratšími poločasy, které není možné skladovat, se s výhodou používají radionuklidové generátory. Jedná se o systém tvořený párem geneticky svázaných radionuklidů, z nichž požadovaný radionuklid je dceřiný nuklid s poločasem přeměny významně kratším než nuklid mateřský. Tato zařízení nacházejí uplatnění např. ve zdravotnictví, kde lze použít radioaktivní látku ke sledování krevního oběhu, hledání nádorů apod. Právě zde je krátký poločas rozpadu důležitým měřítkem, neboť umožňuje snížit dávku záření, kterému je pacient vystaven.

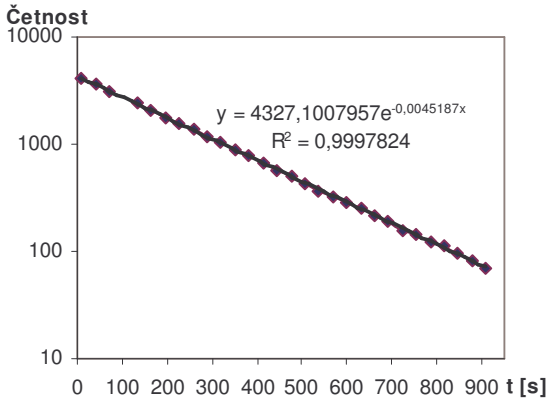
2 Měření poločasu rozpadu ^{137m}Ba

Nejprve jsme ověřovali vztah pro radioaktivní přeměnu jediného izotopu.

Z radionuklidového generátoru jsme izolovali izotop barya ^{137m}Ba, který se přeměňuje vyzářením fotonu gama na stabilní izotop ^{137}Ba. Toto záření jsme v pravidelných časových intervalech měřili, čímž jsme získali rozpadovou křivku. Provedli jsme dvě série měření, v grafech 1 a 2 uvádíme výsledky první z nich.



Graf 2: Rozpad ^{137m}Ba (lineární měřítko)



Graf 1: Rozpad ^{137m}Ba (logaritmické měřítko)

Podle vztahu uvedeného v úvodu má být závislost aktivity látky na čase exponenciální. Naši křivku jsme tedy proložili exponenciální funkcí a ověřili si, že tato závislost platí. Nejlépe to lze vidět v logaritmickém měřítku (graf 2), kde se exponenciální funkce zobrazuje jako přímka.

Ze vzorce proložené exponenciální funkce vyčteme hodnotu $\lambda = 0{,}0045187$, z níž snadno určíme poločas rozpadu

$$T = \frac{\ln 2}{0{,}0045187} = 153{,}4 \text{ s}.$$

Tabulková hodnota pro tento nuklid je 153,1 s [1], naše odchylka tedy byla 0,2 %. Pro hodnoty druhého měření vyšel poločas rozpadu 155,5 s, tedy s odchylkou 1,6 %.

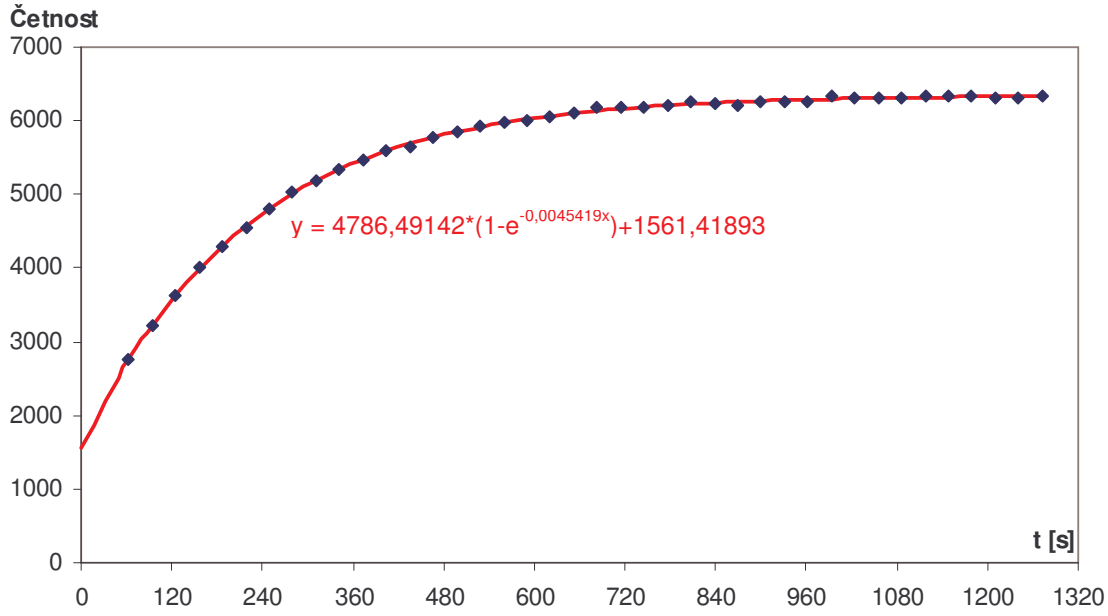
3 Radionuklidový generátor ^{137}Cs – ^{137m}Ba

Baryum ^{137m}Ba, které jsme použili v první části pokusu, vzniklo v radionuklidovém generátoru, ve kterém je ^{137}Cs vázáno v matrici KNiFC-PAN (aktivní složkou je hexakyanoželeznatan draselno-nikelnatý). Cesium jako alkalický kov snadno vytěsňuje draslík ze sloučeniny. Baryum tuto vlastnost nemá, a proto přechází do roztoku, odkud jej lze eluovat (vymýt) např. fyziologickým roztokem. Vzhledem k tomu, že ^{137}Cs má poločas rozpadu (cca 30 let) mnohem delší než dceřiný nuklid (153 s), po čase vzniká v soustavě těchto dvou nuklidů radioaktivní rovnováha, kdy je aktivita mateřského i dceřiného nuklidu vyrovnaná, a množství dceřiného nuklidu ^{137m}Ba tak zůstává stejné. Vzhledem k poločasu dceřiného ^{137m}Ba stačí k ustavení rovnovážného stavu krátká doba, obvykle 10 poločasů rozpadu, zde tedy přibližně 25 minut. V praxi stačí 4–5 poločasů k tomu, aby mohl být odebrán účinný vzorek např. k aplikaci pacientovi.

Průběh nárůstu aktivity dceřiného nuklidu popisuje rovnice

$$A = A_{\infty}(1 - e^{-\lambda t}) + A_0,$$

kde A_0 je aktivita dceřiného nuklidu v okamžiku ukončení eluce a A_∞ je maximální nárůst aktivity (do dosažení rovnovážného stavu). Aktivitu jsme začali měřit krátce po důkladném promytí generátoru (53,2 sekund od ukončení eluce).



Graf 3: Nárůst aktivity ^{137m}Ba v generátoru

Naměřenými body jsme proložili zmíněnou funkci s následujícími parametry:

- A_∞ = 4786,5 imp/s
- A_0 = 1561,4 imp/s
- λ = 0,0045419

Nyní jsme schopni určit účinnost eluce z hodnot počáteční aktivity (nevymytý radionuklid) a konečné aktivity:

$$\eta = 1 - \frac{A_0}{A_\infty + A_0} = 75{,}4\ \%.$$

Tento poměr udává množství barya, které jsme dokázali z generátoru eluovat. Účinnost eluce závisí na rychlosti promytí kolonky generátoru, na objemu prošlého roztoku a dalších parametrech.

4 Analýza složené rozpadové křivky

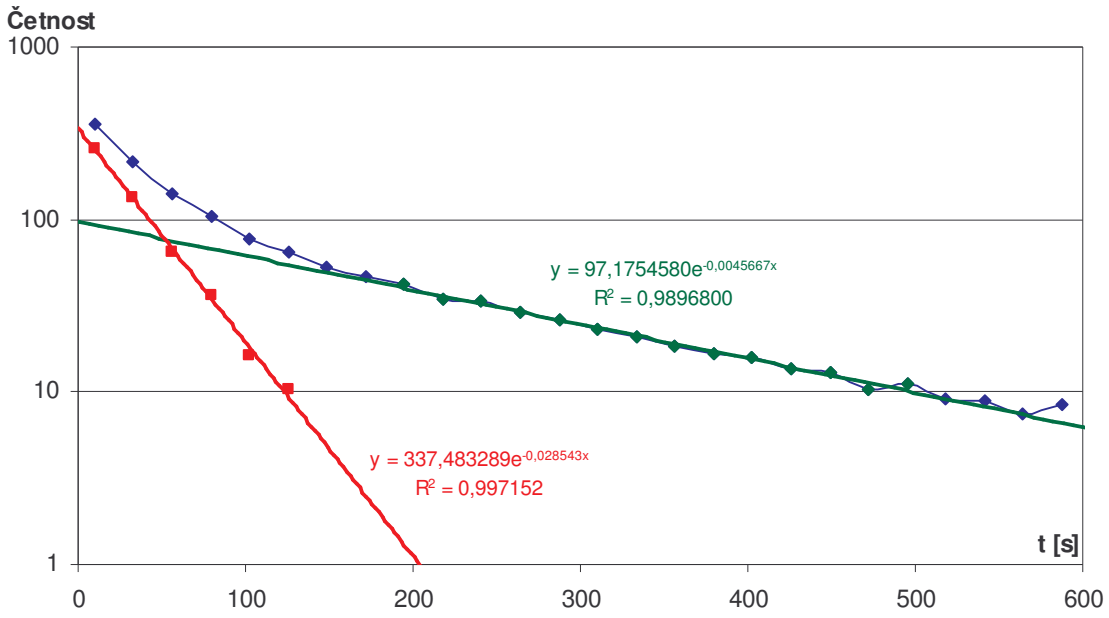
K dalšímu pokusu jsme použili stříbrný plíšek ozářený pomalými neutrony z neutronového děla. Při ozáření přírodního stříbra, jež se skládá ze dvou stabilních izotopů, vniknou dva nové, nestabilní izotopy. Oba tyto izotopy podléhají radioaktivnímu rozpadu β^- a přeměňují se na kadmium:

$$^{107}_{47}Ag(n,\gamma) \xrightarrow{ozář.} {}^{108}_{47}Ag(\beta^-) \xrightarrow{rozpad} {}^{108}_{48}Cd \text{ [3]}$$

$$^{109}_{47}Ag(n,\gamma) \xrightarrow{ozář.} {}^{110}_{47}Ag(\beta^-) \xrightarrow{rozpad} {}^{110}_{48}Cd \text{ [2]}$$

Jelikož jsou přítomny dva zářiče, bude výsledná aktivita rovna součtu aktivit každého izotopu. Závislost aktivity na čase se potom skládá ze dvou exponenciálních funkcí, které musíme oddělit, abychom mohli určit poločasy rozpadu.

Pro lepší vyhodnocení jsme provedli 3 série měření, z nichž každá proběhla za stejných podmínek, a naměřené hodnoty jsme v jednotlivých časech sečetli.



Graf 4: Rozpadová křivka stříbra

Přítomnost více exponenciálních funkcí má za následek to, že rozpadová křivka v logaritmickém měřítku netvoří přímku. Můžeme ji rozdělit podle času na dvě části: v pozdějších časech (b), kdy už se izotop s kratším poločasem z větší části rozpadl, je v systému většinovou složkou déle žijící izotop a rozpadovou křivkou lze v semilogaritmickém měřítku proložit přímku; v dřívějších časech (a) se více projevuje izotop s kratší přeměnou, což má za následek zakřivení grafu. Extrapolací přímky (b) a jejím odečtením od hodnot (a) získáme přímku (a'), kterou již můžeme proložit exponenciální funkcí, tedy další přímkou v semilogaritmickém měřítku. Sklony těchto dvou přímek nám potom udají poločas rozpadu obou izotopů.

Část křivky vpravo jsme z aproximace vypustili, protože její hodnoty byly blízko pozadí, a tedy zatížené nezanedbatelnou chybou.

Získali jsme následující poločasy rozpadu:

Přímka	Izotop	λ (s^{-1})	T (s)	Tabulková hodnota T (s)	Odchylka
a'	^{110}Ag	0,028543	24,3	24,6 [2]	1,2 %
b	^{108}Ag	0,0045667	151,8	142,2 [3]	6,3 %

Oba poločasy jsme tedy byli schopni určit s odchylkou menší než 10 %.

5 Závěr

Z naměřených hodnot jsme vytvořili rozpadové křivky a ověřili jsme platnost rovnic pro přeměnu radionuklidů v soustavě dvou radioaktivních prvků v genetické souvislosti a nárůst aktivity radioaktivního prvku při konstantní rychlosti jeho tvorby. Pro tyto úkoly jsme využili radionuklidový generátor a určili jsme, jaké účinnosti eluce dceřiného radionuklidu jsme byli schopni dosáhnout. Dále jsme aktivací pomalými neutrony připravili izotopy ^{108}Ag a ^{110}Ag a stanovili jejich poločas rozpadu.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze za poskytnutí záštity k našemu vědeckému a intelektuálnímu rozvoji. Dále děkujeme našemu supervizorovi ing. Mojmíru Němcovi, Ph.D. za uvedení do problematiky a pomoc během vypracovávání miniprojektu.

Reference

[1] $^{137}_{56}Ba$ – NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=56&n=81, 15.6.2010

[2] $^{110}_{47}Ag$ – NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=47&n=63, 15.6.2010

[3] $^{108}_{47}Ag$ – NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=47&n=61, 15.6.2010

[4] MAJER, V.: Základy jaderné chemie, Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1961, pp. 96–98

[5] http://www.fjfi.cvut.cz/kjch/materialy/RCHP/Uloha_10.PDF, 15.6.2010

[6] http://www.fjfi.cvut.cz/kjch/materialy/RCHP/RG_Ba.PDF, 15.6.2010

Doutnavý výboj

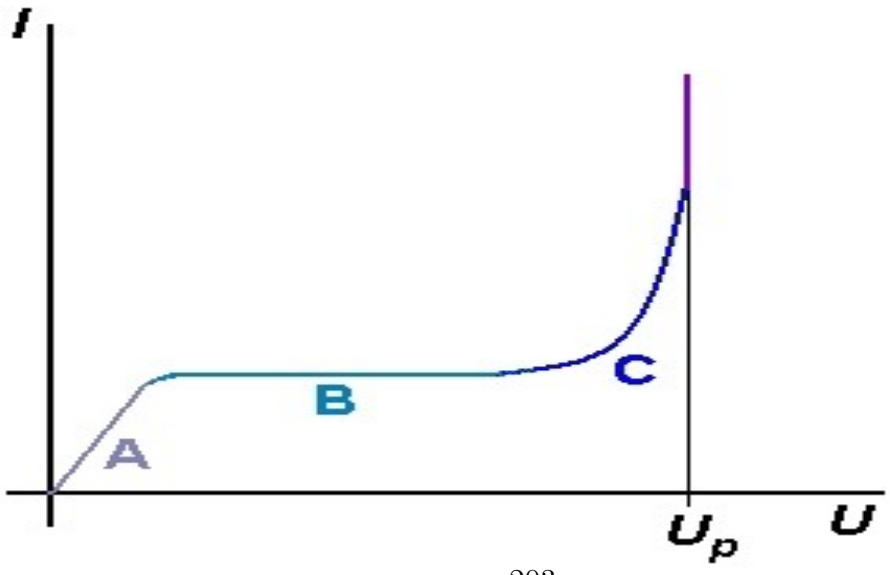
Adam Mrkvička
Gymnázium Děčín
mrkevse@seznam.cz

1 Úvod

Tento miniprojekt jsem si vybral hlavně proto, že mám rád vizuálně zajímavé pokusy ve fyzice, mezi které tento pokus jistě patří. Doutnavý výboj již dnes nemá tolik využití, ale stále se využívá, hlavně v zářivkách.

2 Vznik a popis doutnavého výboje

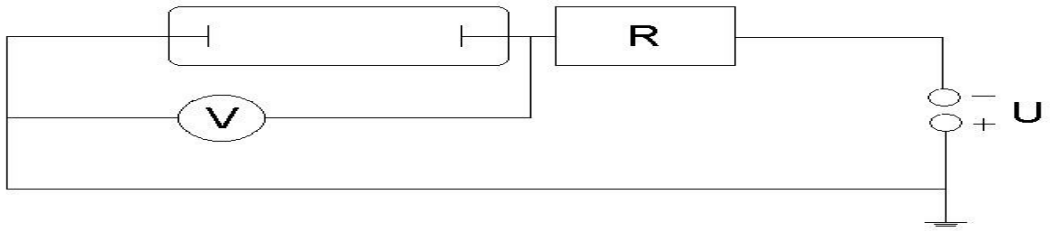
Existuje více způsobů, kterými se dá ionizovat atom (molekula). V plynu doutnavky dochází k ionizaci díky působení kosmického záření a přírodní radioaktivitě. Pokud přiložíme napětí na elektrody, jsou tyto částice přitahovány k elektrodám, na své dráze se střetávají s ostaními molekulami a atomy plynu. Některé z těchto částic skončí na stěně výbojky, ale ostatní dojdou až k elektrodám. Můžeme tedy říct, že zde zhruba platí *Ohmův zákon* (část grafu **A**). Při dalším zvyšování napětí se proud stává konstantním, protože se proud nasytí a nabité částice dojdou k elektrodám (část grafu **B**). Pokud ovšem zvyšujeme napětí dostatečně dlouho, dojde k tomu, že některé elektrony dostanou tolik energie, že při srážce mohou ionizovat další atomy či molekuly. Vzniká lavina elektronů, ve které počet elektronů roste geometrickou řadou (část grafu **C**). V této oblasti je možné sledovat Townsendův výboj (slabé namodralé světlo). Pokud ionty vzniklé z původního elektronu vybudí alespoň jeden sekundární výboj začne samovolně hořet. Říkáme, že se zapálil samostatný výboj a toto napětí nazýváme *průrazné napětí* U_p.



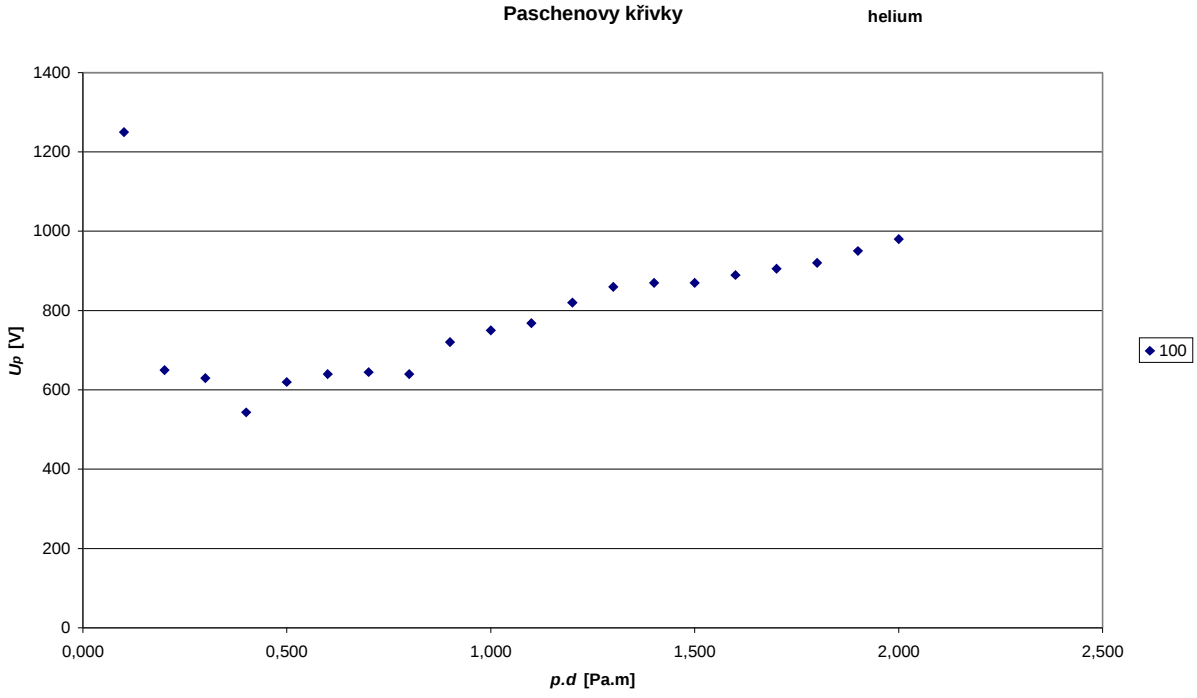
Velikost tohoto napětí závisí na více faktorech, druh plynu, tlak plynu, vzdálenost katod atd.

3 Velikost průrazného napětí

Cílem pokusu bylo změřit velikost průrazného napětí, vzhledem k Paschenovu zákonu, který udává závislost tohoto napětí na součinu tlaku plynu a vzdálenosti elektrod. Samozřejmě to nejsou jediné dva parametry, na kterých by záleželo, nicméně jsou hlavní. K dispozici jsem měl zdroj, vývěvu, voltmetr, skleněnou trubici s měděnými elektrodami a jiná zařízení.
Zde si můžete prohlédnout schéma zapojení:



Při pokusu jsem postupoval tak, že jsem na zdroji pomalu a plynule přidával napětí a sledoval jsem, kdy ručička na voltmetru skočí níž, což signalizovalo zapálení výboje. Hodnoty jsem třikrát přeměřoval, spočítal průměr a poté z nich udělal graf v excelu.



Nejlepších hodnot jsem dosáhl při měření helia. Z grafu je dobře vidět, že při hodně nízké vzdálenosti nebo tlaku potřebujeme vysoké napětí. Postupným zvyšováním těchto hodnot

(nebo jedné z nich, tlak byl konstatní 100 Pa) můžeme pozorovat, že se průrazové napětí snižuje až se dostane do jednoho bodu, kde se začne znovu zvyšovat.

4 Shrnutí

Mé měření dokázalo, že Paschenův zákon platí, zjistil jsem, že barvu výboje můžeme měnit změnou plynu a byl jsem svědkem velice zajímavého jevu při experimentování s heliem, které po dosažení určitého napětí místo jednoho výboje, začalo opakovaně pulsovat.

Poděkování

Poděkování patří určitě všem organizátorům Týdne Vědy, panu Ing. Josefu Voltrovi, CSc. za mnoho rad a pomoc při měření a sponzorům, kteří tuto akci umožnili.

Reference

[1] URGOŠÍK, B.: *Fyzika* SNTL, 1981, strany 196-198
[2] Paschen's law http://en.wikipedia.org/wiki/Paschen%27s_law
[3] ŘEHÁK, J.: *Doutnavý výboj*

Měření s polarizovaným světlem

R. Cajzl* J. Schusser† P. Urban ‡

15. června 2010

Abstrakt

Zabývali jsme se pojmem polarizace. Naměřili a potvrdili jsme základní projevy polarizovaného světla – Malusův zákon a existenci Brewsterova úhlu. Polarimetricky jsme potvrdili přítomnost cukrů v Coca-Cole.

1 Úvod

S polarizací se můžeme setkat v každodenním životě. Většina z Vás používá LCD displej, mnoho z Vás bylo jistě v 3D kině. Kdo z Vás ale tuší, co se za tím vším skrývá?

2 Teorie

Světlo je elektromagnetické vlnění. Prostorem se šíří jako postupná vlna. Vektor elektrické intenzity $\vec{E}$ může kmitat ve všech směrech v rovině kolmé na směr šíření. V případě monochromatické vlny šířící se ve směru osy z můžeme vektor elektrické intenzity $\vec{E}$ rozložit do dvou navzájem kolmých směrů např. ve směru osy x a y

$$E_x(t,z) = E_1 \cos(\omega t - kz + \varphi_1) \text{ a } E_y(t,z) = E_2 \cos(\omega t - kz + \varphi_2),$$

kde t je čas, E_1, E_2 amplitudy, ω úhlová frekvence, k velikost vlnového vektoru, φ_1, φ_2 počáteční fáze. Vektor elektrické intenzity může kmitat několika způsoby

- kruhově: $|\varphi_1 - \varphi_2| = \frac{\pi}{2}$ a $E_1 = E_2$
- elipticky: $|\varphi_1 - \varphi_2| \in (0, \pi)$
- lineárně: $|\varphi_1 - \varphi_2| = 0$ nebo π

V případě polychromatického světla se může stát, že po naměření hodnot nemůžeme určit rozdíl fázových konstant. Jedná se o světlo, k jehož popisu nemůžeme použít výše zmíněný model a nazýváme ho úplně nepolarizovaným světlem.

*Gymnázium Vincence Makovského, Nové Město na Moravě, email: radim.cajzl@gmail.com
†Gymnázium Broumov, email: schusserj@seznam.cz
‡Gymnázium Nad Štolou, Praha, email: patrik.urb@gmail.com

Polarizace průchodem

Prochází-li nepolarizované světlo mřížkou složenou z např. makromolekulárních lineárních řetězců, mohou se elektrony pohybovat pouze ve směru těchto řetězců. Pokud vektor elektrické intenzity míří tímž směrem, tak jsou elektrony podle Newtonova pohybového zákona urychleny Lorentzovou silou a energii vlnění spotřebují na svůj pohyb, tato složka tedy neprojde. Projde pouze složka kolmá na řetězce makromolekul a vzniká lineárně polarizované světlo (tomuto směru říkáme osa propustnosti). Pokud toto světlo necháme procházet dalším polarizačním filtrem, konečná energetická intenzita (tj. kvadrát velikosti vektoru elektrické intenzity) světla se řídí Malusovým zákonem

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

kde I_0 je intenzita, která projde při shodné orientaci polarizátorů, θ je úhel, který svírají polarizační roviny polarizátorů, I je intenzita prošlého světla.

Polarizace odrazem

Dopadá-li světlo na odrazivou plochu, tak se podle Fresnelových vzorců rozdělí se na dvě části – jedna projde skrz a řídí se Snellovým zákonem lomu, druhá se odrazí a řídí se zákonem odrazu. Část, která se odrazí, je částečně lineárně polarizovaná v rovině dopadu. Z Fresnelových vzorců taktéž plyne, že existuje úhel, při kterém je odražená vlna úplně polarizovaná. Tento úhel nazýváme Brewsterův.

Polarizace dvojlomem

Existují látky, ve kterých se různým směrem elektromagnetické vlnění šíří různou rychlostí a při průchodu paprsku touto látkou se paprsek rozdělí na dva – řádný a mimořádný, které jsou navíc lineárně polarizované a roviny polarizace těchto paprsků jsou na sebe kolmé. Řádný se řídí Snellovým zákonem, mimořádný nikoliv. Rozdíl rychlosti šíření se projevuje zpomalením mimořádného paprsku. Pokud se nám podaří nalézt úhel dopadu světla, ze kterého se řádný i mimořádný paprsek láme stejně, využíváme pouze posun fází těchto dvou paprsků.

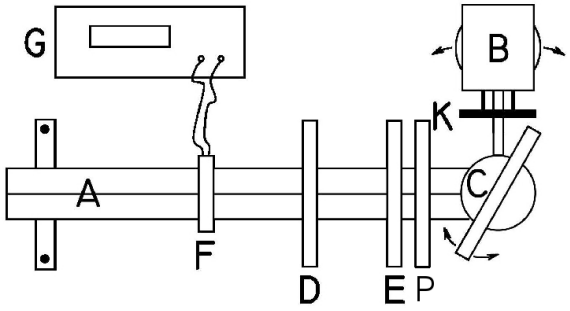
3 Experimentální uspořádání

Brewsterův úhel

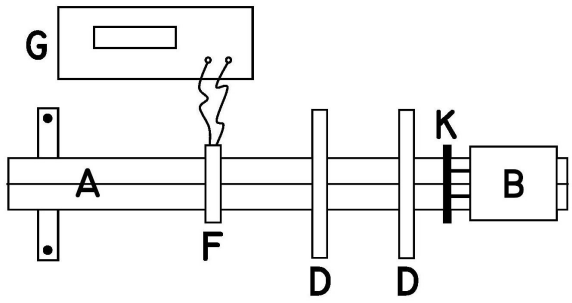
Schéma experimentálního uspořádání je na obr. 1. Ze zdroje světla B vychází přes matinici K bílé světlo, které se odráží na černém zrcadle C. Světlo pak prochází irisovou clonou P a polarizačním filtrem D, v posledním uspořádáním i čtvrtvlnnou destičkou E. Signál je snímán fotočlánkem F a hodnoty odečítáme z multimetru G.

Malusův zákon

Schéma experimentálního uspořádání je na obr. 2. Před zdroj B vložíme polarizátor D, který vytvoří z nepolarizovaného lineárně polarizované světlo. Malusův zákon ověřujeme pomocí průchodu tohoto světla dalším polarizátorem D, u kterého měníme orientaci, umístěným před měřící fotočlánek F.



Obr. 1: Uspořádání při měření polarizace odrazem – určování Brewsterova úhlu: A – optická lavice, B – světelný zdroj, C – otočné černé zrcadlo, D – polarizační filtr, E – čtvrtvlnná destička, F – fotočlánek, G – multimetr, K – matnice, P – irisová clona



Obr. 2: Uspořádání při měření Malusova zákona: A – optická lavice, B – světelný zdroj, K – matnice, G – multimetr, D – polaizační filtr, F – fotočlánek

Stáčení roviny polarizace

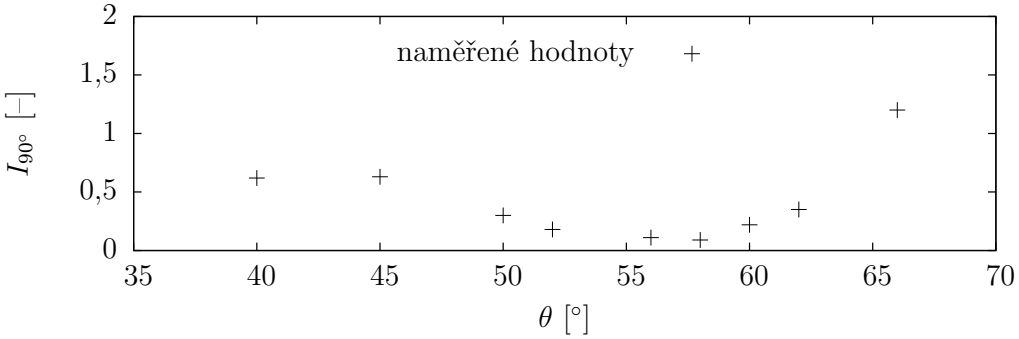
Ze sodíkové lampy přes barevný filtr a polarizátor prochází lineárně polarizované světlo do nádoby se vzorkem, který stáčí rovinu polarizace. Úhel stáčení změříme dalším polarizačním filtrem jako úhel, pod kterým vidíme vzorek nejtmavší, neboť pak jsou analyzátor a polarizátor „zkřížené“.

4 Výsledky a diskuze

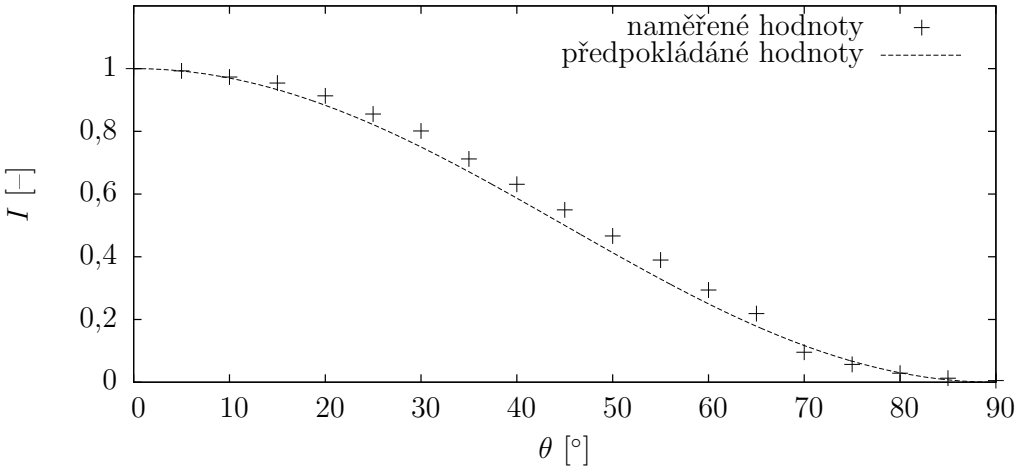
Při měření intenzity světla I_{90° odraženého od černého zrcadla v závislosti na úhlu dopadu θ jsme pro vlnu polarizovanou v rovině kolmé na rovinu dopadu naměřili hodnoty uvedené na obr. 3. Je vidět, že pro úhel cca 58° jsme obdrželi nejmenší intenzitu, tj. odražené světlo bylo téměř úplně polarizované v rovině dopadu, což odpovídá Brewsterově úhlu a shoduje se s teoretickou předpovědí.

Zkoumali jsme intenzitu světla I procházející přes polarizátor a analyzátor v závislosti na vzájemném stočení os propustnosti θ. Naměřené hodnoty jsou na obr. 4. Zjistili jsme, že naměřená data odpovídají velmi dobře teorii.

Snažili jsme se ověřit stáčení polarizační roviny cukernatým roztokem. Pro tento účel jsme se pokusili odbarvit Coca-Colu pomocí aktivního uhlí. Odbarvenou Coca-Colu jsme vložili mezi dva polarizační filtry. Srovnávali jsme minimum intenzity světla prošlého zkříženými polarizátory pro průchod vzduchem a pro průchod Coca-Colou a zjistili jsme, že v našem roztoku dochází k otočení o cca 2° levotočivě.



Obr. 3: Závislost intenzity $I_{90°}$ odraženého světla polarizovaného v rovině kolmé na rovinu dopadu na úhlu dopadu θ



Obr. 4: Ověřování Malusova zákona – závislost relativní intenzity I na úhlu θ stočení analyzátoru vůči polarizátoru

5 Shrnutí

Ověřili jsme Malusův zákon a existenci Brewsterova úhlu. Polarimetricky jsme potvrdili přítomnost cukrů v Coca-Cole.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za organizaci Týdne vědy na Jaderce 2010. Dále děkujeme garantovi našeho miniprojektu Jiřímu Slabému za objasnění teoretických i praktických podkladů k zajímavé úloze.

Použitá literatura

[1] Kolektiv katedry fyziky *Úlohy fyzikálních praktik – Měření s polarizovaným světlem* http://praktika.fjfi.cvut.cz/Polarizace/

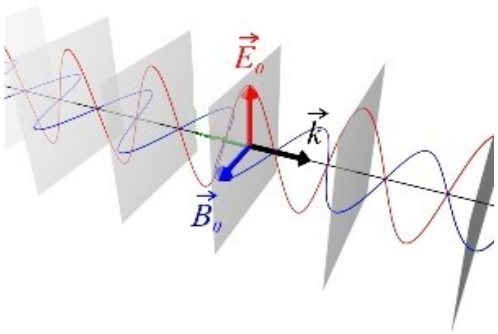
Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce

J. Kodys, F. Nedorost, J. Řehák

Abstrakt:

Na pracovišti KFE jsme zkoumali difrakci laserového záření na různých malých objektech. Výsledkem efektu difrakce jsou světelné difrakční obrazce, jejichž rozložení úzce souvisí s tvarem zkoumaných objektů. Zejména jsme se zabývali difrakcí na štěrbině, drátu, mřížce, motýlím křídle.

1 Úvod



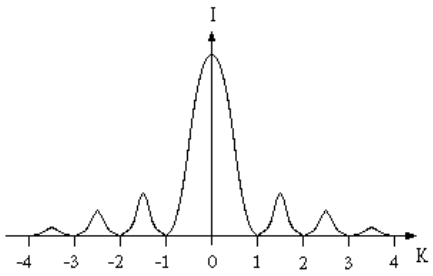
Obr 1: Světlo jako EM vlna, Eo - elektrické pole, Bo - magneticé pole, k - směr šíření vlny

Světlo se dá považovat za proudění částic, fotonů, nebo elektromagnetické vlnění. Elektromagnetické vlnění se skládá z elektrické a magnetické složky vlnění. Pro difrakci světla se používá teorie elektromagnetického vlnění, když se světlo nešíří přímočaře, ale za překážkami zahýbá. Vzniká interferencí jednotlivých vlnění, které se objevují za překážkou. Některé vlny se sečtou, jiné odečtou a důsledkem toho vznikají místa s různou intenzitou svitu. Difrakci pozorujeme zejména při dopadu světla na malé objekty. Při našem výzkumu jsme vyzkoušeli difrakci na různých jednoduchých i složitějších objektech. Jmenovitě: drát, nastavitelná štěrbina, čtverec, pěticípá hvězda, pětiúhelník, různé mřížky.

2.1. Difrakce na štěrbině a na drátu

Jeden z našich pokusů bylo vložení štěrbiny do dráhy laserového paprsku. V tomto pokuse jsme zjistili, že k difrakci dochází v kolmém směru na hranu vloženého objektu. Ze vzorce popisujícího rozložení difrakčního pole ve vzdálené oblasti jsme si odvodili podmínku pro polohy difrakčních minim(viz obr.2) a z této podmínky jsme si určily šířku štěrbiny.

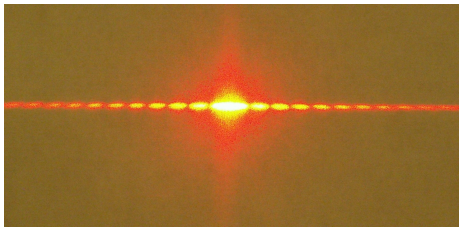
Zjištění velikosti štěrbiny výpočtem je mnohem přesnější (nm) než změření pomocí mikrometru(μm).



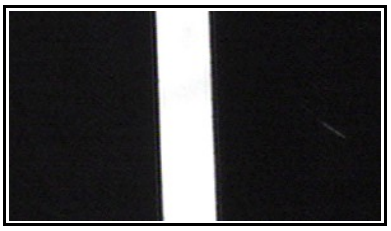
Obr 2: Průběh intenzity difrakčního pole za štěrbinou

$$I \propto sinc^2 \frac{ax}{\lambda z}, \quad \frac{ax}{\lambda z} = k\pi \rightarrow a = \frac{kz\lambda}{x}$$

I – intenzita světla
z – vzdálenost objektu od stínítka
x – souřadnice na stínítku (od počátku)
a – šířka štěrbiny
λ – vlnová délka
k – difrakční minima

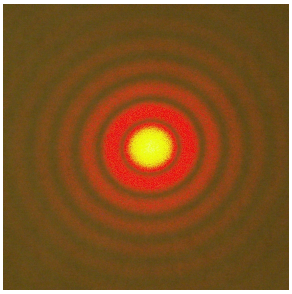


Obr 3: Difrakce na štěrbině



Obr 4: Snímek štěrbiny z mikroskopu

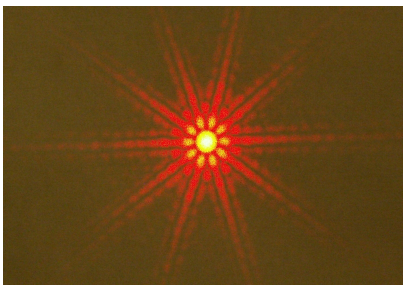
2.2 Další tvary objektů vložených do cesty laseru



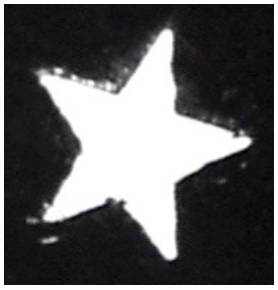
Obr 5: Difrakce na kruhové apertuře

Obr 6: Snímek kruhové apertury

Pozorovali jsme difrakci na kruhovém otvoru (viz. Obr.6). Na Obr. 5. Jsou zobrazeny Airyho soustředné kružnice.



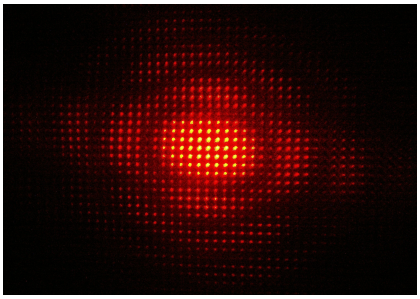
Obr 7: Difrakce na pěticípé hvězdě



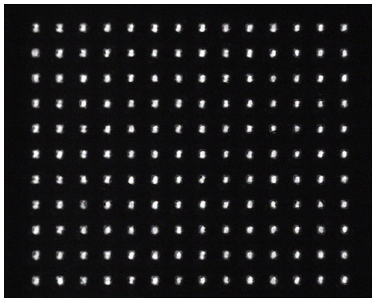
Obr 8: Snímek hvěrdicové apertury

Na každé hraně pěticípé hvězdy došlo k ohybu světla, což se projevilo v difrakčním obrazci rozmáznutím ve směru kolmém na tuto hranu. Všimli jsme si, že pěticípá hvězda není středově symetrický objekt, ale vzniklý obrazec už středově symetrický je.

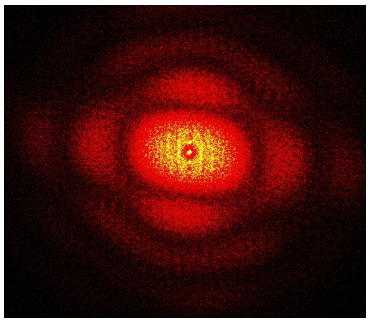
Pokud se jedná o pravidelnou 2D mřížku jsou zde pozorovatelné difrakční řády (body). V případě, že se jedná o strukturu nepravidelnou difrakční řády se neobjevují a pozorujeme pouze difrakční pole elementárního objektu.



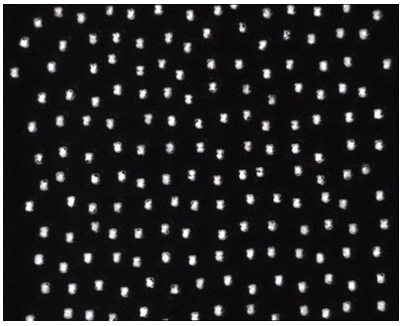
Obr 9: Difrakce na 2D mřížce



Obr 10: Snímek pravidelné 2D mřížky



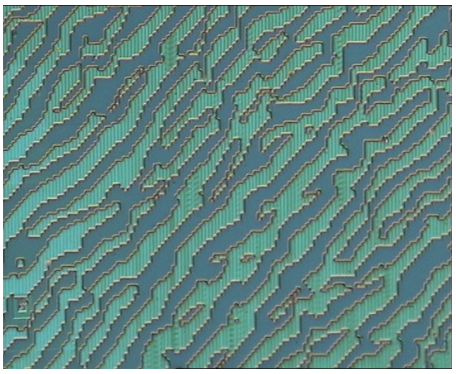
Obr 11: Difrakce na nepravidelné mřížce



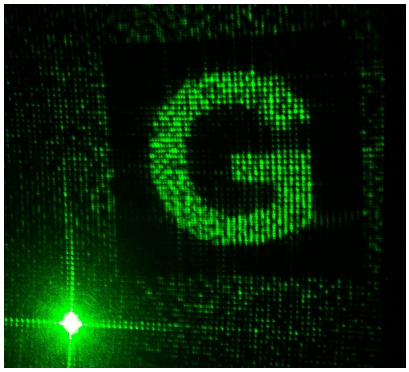
Obr 12: Snímek nepravidelné mřížky

2.3 Hologramy

Hologramy vznikají optickým záznamem interferenčního pole dvou vln – signální a referenční. Při jejich rekonstruování se uplatňuje jev optické difrakce. U některých hologramů jsou pak výsledné obrazce Fourierovou transformací prosvětlené struktury hologramu. Pomocí zpětné Fourierovy transformace výsledného obrazce jsme schopni vypočítat tvar této struktury. Vypočtená struktura takového obrazce nemusí vůbec připomínat původní objekt, vypadá podobně jako struktura na obr. 13.

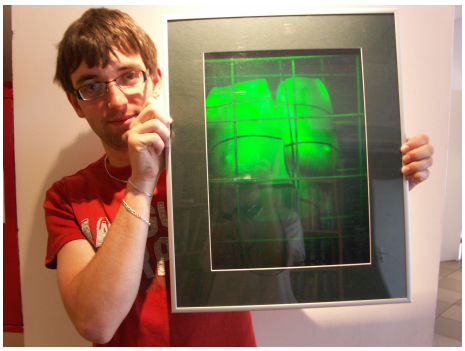


Obr 13: Počítačem generovaná difraktivní struktura



Obr 14: Rekonstruovaný hologram

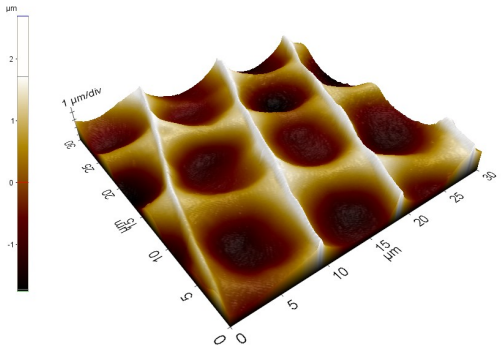
Obr 15: Hologram bez nasvícení



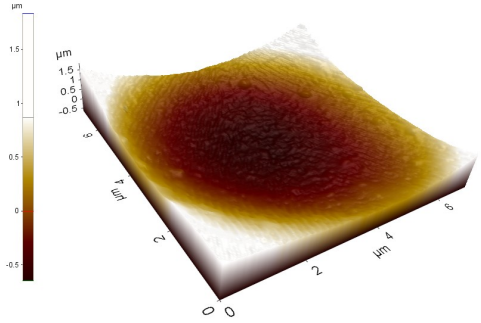
Obr 16: Spolupracovník (držák) F. Nedorost s nasvíceným hologramem

2.4. Difrakční mřížky v přírodě

Optickou difrakci lze pozorovat i v přírodě, konkrétně na křídlech některých druhů motýlů a na broucích. Tyto struktury jsou tak složité, že člověk zatím není schopen je napodobit a vyrobit, může je pouze zkoumat. Snímky na obrázcích 17,18 byly pořízeny pomocí AFM mikroskopu.



Obr 17: mřížka na šupině ze křídla motýla(Papilio palinurus)



Obr 18: jeden díl mřížky na šupině ze křídla motýla(Papilio palinurus)

3 Závěr

Na světlo se dá pohlížet jako na elektromagnetické vlnění nebo proud částic fotonů. Teorie o elektromagnetickém vlnění se používá při difrakci světla neboli ohybu světla, když se světlo nešíří přímočaře, ale za překážkami zahýbá. K difrakci světla dochází např. při pozorování hologramů, v přírodě na křídlech motýlů. S hologramy se dnes můžeme setkat nejčastěji na samolepkách a ochranných prvcích proti padělání. Po seznámení se s difrakcí jsme nyní schopni usoudit na základě tvaru promítnutého obrazce jak vypadá objekt, na který dopadá světlo.

Poděkování

Děkujeme pořadatelům a sponzorům Týdne vědy za možnost bádání nad tímto velmi zajímavým tématem. Dále pak supervizorům M. Květoňovi a D. Najdkovi.

Reference:

[1] FYZMATIK.PISE.CZ.: *Přenos energie em. vln* 22.10.2009

[2] P. MALÝ, *Optika* nakladatelství Karolinum 2008 strana:109-115

[3] IDAV.UCDAVIS.EDU *Sampling Theory 101*

Holografie

Zdeňka Špačková –spackova.zdenka@centrum.cz
Gymnázium Lipník nad Bečvou, Lipník nad Bečvou
Lenka Caletková – lenishka@seznam.cz
Gymnázium Botičská, Praha 2
Jan Hájek – bubo.hajek@gmail.com
Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná hora

Abstrakt:

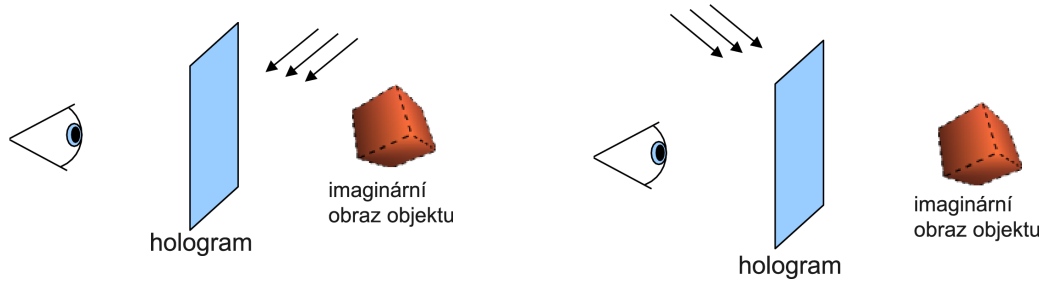
Cílem projektu bylo seznámení se se základními principy holografického záznamu obrazu a vybranými typy hologramů. V experimentální části jsme se zabývali realizací reflexního hologramu, který jsme zkopírovali z transmisního masteru pomocí koherentního světelného zdroje.

1 Úvod

První myšlenku holografie přivedl na svět roku 1947 Denis Gabor, když se snažil zvýšit rozlišení elektronového mikroskopu. Největší rozvoj nastal však v 60. a 70. letech po vynálezu laseru – koherentního světelného zdroje. Pomocí holografie získáváme analogický zápis obrazu podobný jako je fotografie, ale s komplexním zaznamenáním vlnoplochy tzn. jak amplitudy, tak i fáze světla. Tímto způsobem jsme schopni zaznamenat 3D obraz. V dnešní době se holografie využívá například pro ochranu dokumentů, optické paměti a v optických komunikacích.

2 Rozdělení hologramů

Hologramy dělíme na trasmisní a reflexní *(Obr. 1)*, které se liší tím, jak je pozorujeme. U transmisního hologramu je rekonstrukční zdroj za hologramem. Lze rekonstuovat pouze pomocí laserového záření, což je jeho hlavní nevýhoda. V bílém světle dochází k barevnému rozmazání rekonstruovaného objektu v důsledku disperze světla. Naproti tomu u reflexního hologramu dochází k selekci vlnové délky, takže je i v bílém světle jednobarevný, ale ostrý. Transmisní hologramy se využívají především jako mastery pro vytváření reflexních hologramů.



Transmisní hologram Reflexní hologram

Obr. 1

3 Experiment

K realizaci naše úkolu jsme potřebovali He-Ne laser o vlnové délce 633 nm s výkonem 15 mW a záznamové medium (Agfa Geavert 8E75), na kterém je z jedné strany halogenostříbrná emulze. Sestavili jsme si aparaturu podle schématu na *obrázku č. 2*. Museli jsme změřit délku signální a referenční větve a zajistit, aby jejich rozdíl nepřesáhl tzv. koherentní délku – jinak by nedošlo k interferenci. Z toho vyplývá, že ramena obou svazků by měla být stejně dlouhá. V signální větvi jsme vytvořili kulovou vlnu pomocí mikroskopového objektivu. Tu jsme následně kolimovali spojnou čočkou, která měla ohnisko společné s mikroskopovým objektivem. Referenční vlnu jsme použili kulovou, s velkým poloměrem křivosti. Fotografie experimentálního schématu je na *obrázku č. 3*. Změřili jsme hustotu výkonu v signálním (P^s=10 μW/cm^2) a referenčním svazku ($P_\perp^r$=32 μW/cm^2) a nastavili jsme poměr mezi těmito dvěma hodnotami 1:3. Změřili jsme také úhel dopadu referenčního svazku na záznamové médium, který činil 48°. Hustota expoziční energie desky Agfa je E = 600 μJ/cm^2. Nasledně jsme si vypočítali expoziční čas pomocí těchto vzorců:

$P_\perp^r = 32\ \mu W/cm^2$

$P^s = 10\ \mu W/cm^2$

$\alpha^r = 48°$

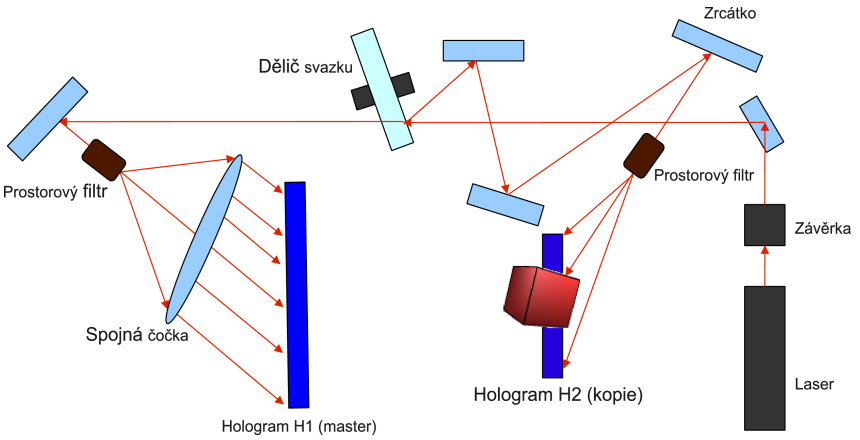
$E = 600\ \mu J/cm^2$

$P = P_\perp^r \cdot \cos\alpha^r + P^s$

$P = 31{,}4\ \mu W/cm^2$

$t = E/P$

$t = \underline{19{,}1\ s}$



Obr. 2

Následně jsme zhasli zářivky a rozsvítili ochranné světlo, abychom neznehodnotili záznamové medium. To jsme vložili do stojanu emulzí směrem k referenčnímu svazku. Kolem stolu jsme zatáhli závěsy, abychom zamezili proudění vzduchu nad optickým stolem. Celou aparaturu jsme nechali cca 8 minut relaxovat, abychom se zbavili zbytkových vibrací. V mezičase jsme se odebrali do temné komory a připravili jsme si roztoky, které jsme potřebovali k vyvolání našeho hologramu – přesněji vývojku, běličku a smáčecí roztok. Vrátili jsme se do laboratoře a dvě až tři minuty jsme ještě čekali na utlumení vibrací. Pak jsme otevřeli závěrku a exponovali 20 sekund. Poté jsme stále ve tmě vyjmuli destičku ze stojanu a přešli do temné komory, kde jsme ji emulzí nahoru rychle vložili do vývojky a dvě minuty jsme ji vyvolávali. Po vyprání v tekoucí vodě jsme zčernalou destičku vložili do běličky a nechali ji tam do úplného vybělení. Po dalším vymytí jsme ji na minutu namočili do roztoku vody se smáčedlem, které zabraňuje tvorbě fleků, jež vznikají, když jsou přítomny kapky vody na destičce. Hologram jsme usušili v sušící skříni s proudícím vzduchem a následně zalaminovali z emulzní strany ochrannou černou fólií.

4 Závěr

Při provední jsme se snažili o vytvoření co nejlepších podmínek (např. o eliminaci vibrací z okolního prostředí, které by mohly negativně ovlivnit výsledek naší práce). Výše uvedený postup jsme zopakovali třikrát, abychom všichni mohli mít svůj vlastní hologram členovce na

mlži *(Obr. 4)*. Výsedkem naší práce jsou hologramy červené až oranžové barvy, což je způsobeno použitím červeného laseru a triethanolaminu při přípravě záznamového materiálu. Jsme také moc rádi za vlastní hologramy, které jsme si mohli odnést domů.

Poděkování

- Marku Škereňovi a Jakubovi Svobodovi za obětavou pomoc a pevné nervy
- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za umožnění přístupu do laboratoří
- Organizátorům Týdně vědy

Obr.3

Obr. 4

Reference:

[1]FIALA, P. – RICHTER, I.: *Fyzikální optika, skriptum* ČVUT, 2005.

[2] *Holografie I* http://optics.fiji.cvut.cz.

Příprava zlatých plasmonických nanočástic ve vodném prostředí a jejich základní charakteristika

*Matěj Šebek, **Václav Kučera, ***Jan Kurka
*Gymnázium Jiřího Gutha Jarkovského, Praha 1, **Gymnázium Vysoké Mýto, ***Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora
Mates@namarsu.com, kucera.gvmyto@gmail.com,
kurka.jan@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem práce bylo syntetizovat pokud možno monodisperzní koloidní roztok nanočástic zlata a změřit absorbanci ve viditelné oblasti. Pomocí elektronového mikroskopu je prohlédnout a změřit jejich velikost. Součásti experimentu byla demonstrace interakce plasmonu dvou částic v těsné blízkosti navázáním cystaminu přímo v roztoku.

1 Úvod

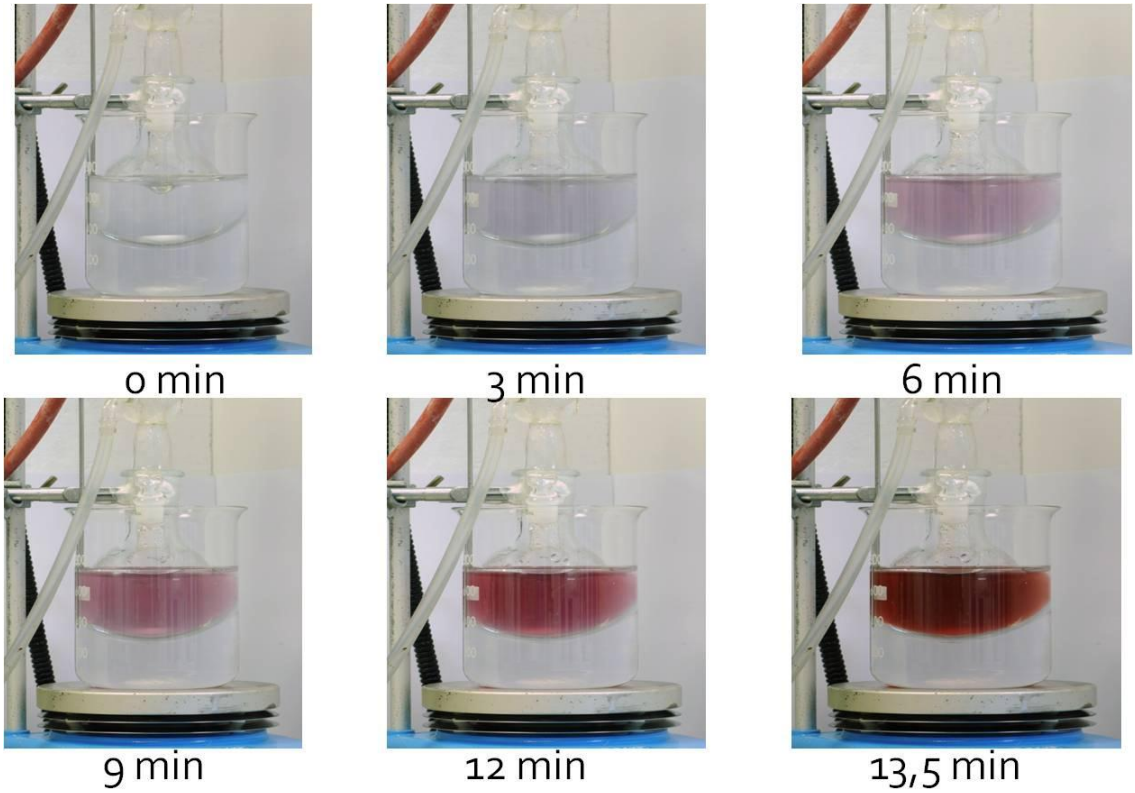
Zlaté nanočástice jsou známy již stovky let. Jsou obsaženy v barevném skle používaném například v oknech kostelů. Až v posledních desetiletích díky rozmachu mikroskopických technik, které umožňují nanočástice pozorovat a charakterizovat, je možno vyrobit tyto částice monodisperzní. Nanotechnologie jsou zajímavé tím, že v rozměrech o řádu nanometrů se projevují jevy, které pozměňují vlastnosti materiálů, jež se v makrosvětě neprojevují (kvantové jevy atd.) Plasmon je jev vznikající na kovové nanočástici, tj. při interakci se světlem osciluje plyn volných elektronů a energie světelné vlny se lokalizuje do těchto kmitů. K lokalizaci dochází na rozhraní kovu a dielektrika. S absorbcí světla souvisí materiálové vlastnosti nanočástice, a proto se se změnou materiálu mění barva kovových nanočástic. Pozorované zlaté nanočástice o průměru kolem 20 nm absorbují elektromagnetické záření o vlnové délce kolem 520 nm, což jim dodává charakteristické červené zbarvení.

2 Turkevichova metoda

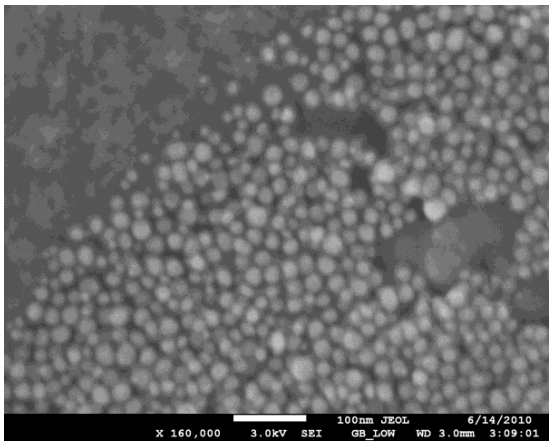
Příprava nanočástic proběhla jednoduchou a známou metodou popsanou v padesátých letech J.Turkevichem a G. Frensem. Ve zkratce: Byl připraven vodný roztok 0.25 mM chloridu zlatitého ($HAuCl_4$) a v baňce ponořen do olejové lázně. Celá emulze byla ohřáta na 100O C. Poté byl přimíchán 5% roztok citronanu sodného ($C_6H_5Na_3O_7$). Ionty zlata se začly redukovat a nukleovat a ionty citronanu je stabilizovaly, čímž došlo k zastavení jejich dalšího růstu. Tím se vytvoří koloidní roztok nanočástic, jejichž velikost zavisí na koncentraci vstupních reaktantů.

3 Charakterizace

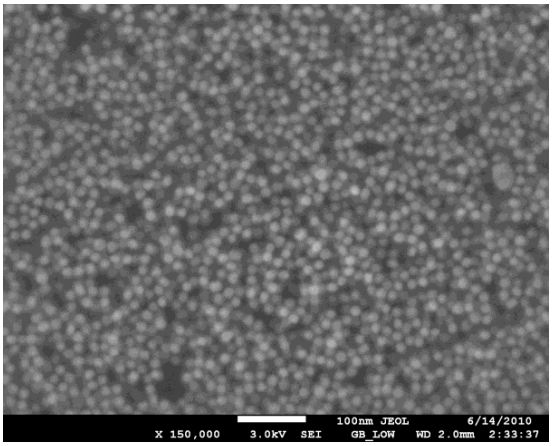
Pomocí spektroskopu byla určena absorbance připravených nanočástic a použitého referenčního roztoku (viz obr č.4). Na elektronovém mikroskopu byl vzorek prohlédnut a ze snímků bylo změřeno více než 400 nanočástic a byla určena hodnota jejich středního průměru a disperze (viz obr č.2). Vzorek byl porovnán s dříve v laboratoři FJFI připraveným vzorkem za stejných podmínek - referenční vzorek (viz. Obr 3,4). U toho bylo také změřeno velikostní rozdělení (viz obr. 5). Poté byl na část vzorku aplikován cystamin $C_4H_{12}N_2S_2$, který způsobí vytvoření dimerů (dvou částic spojených dohromady), plasmon dimerů odpovídá zlatým tyčinkám o poměru stran 1:2. Diky tomu se barva mění z červené na modrou (vis obr. 6).



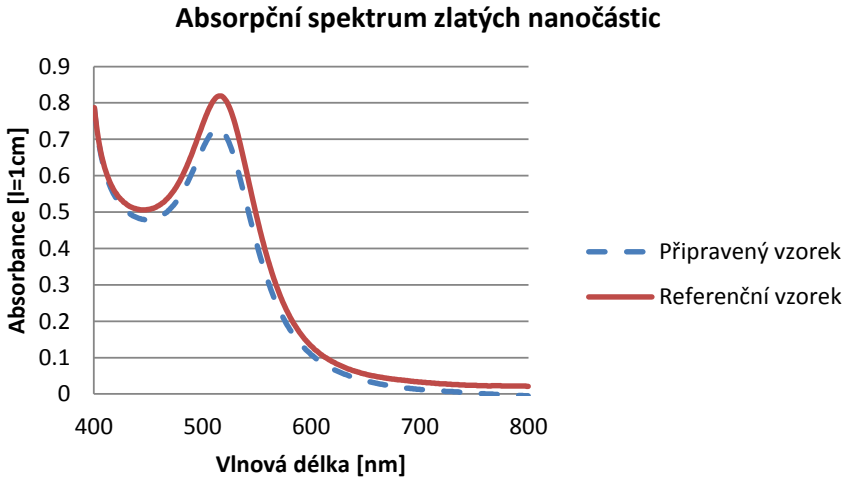
Obrázek 1: průběh syntézy zlatých nanočástic.



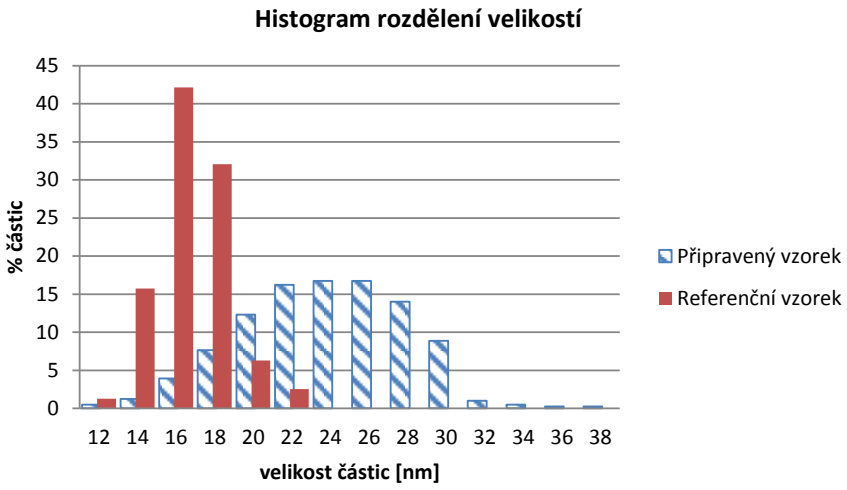
Obrázek 2: SEM snímek připraveného vzorku ZNP



Obrázek 3: SEM snímek referenčního vzorku ZNP



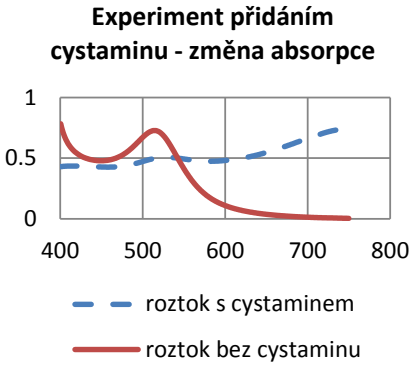
Obrázek 4: Absorční spektra připraveného a referenčního roztoku ZNP



Obrázek 5: Velikostní distribuce připraveného a referenčního vzorku ZNP

4 Vyhodnocení

Podařilo se nám připravit $6.89x10^{11}$ nanočástic/ml se středním průměrem 22.89 nm. Standartní odchylka je 4.21 nm. Pro porovnání jsme měli starší vzorek, jehož průměrná velikost částic činí 15.77 nanometrů a standartní odchylka 1.72 nm. Naše nanočástice mají tedy poměrně velkou disperzi. Byla zpusobena nedostatečným promytím skla před syntézou.



Obrázek 6: experiment s použitím cystaminu

5 Použití nanočástic

Jedna z možných aplikací je při magnetické hypertermii, kdy jsou nanočástice vpraveny do nádoru a elektromagneticky zahřívány, čímž dojde ke zničení nádorových buněk. Další možnosti využití v medicíně (většinou zatím ve fázi in vivo a in vitro testů) jsou při léčení Alzheimerovy choroby, revmatiodní artritídy, nebo jako nosiče léku Paclitalexu. Dalším možným použitím je výroba velice citlivých detektorů organických látek, jelikož zlaté nanočástice jsou schopny na sebe vázat specifické molekuly organických látek. Aplikace je však použitelná i v oboru nanoelektroniky, případně u optických vláken. Zajímavé je rovněž studium interakce plasmonu v základním výzkumu.

6 Závěr

Nepodařilo se nám připravit zcela monodisperzní částice, disperze je poměrně veliká. V koloidní chemii záleží na spoustě faktorů a které nejsou na první pohled zcela zřejmé. Je však možné, že se nám do roztoku dostala část olejové lázně, která ovlivnila proces nukleace částic.
Díky svým unikátním vlastnostem mají nanočástice do budoucna široké využití a možnosti aplikací.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu garantovi ing. Filipovi Novotnému a Filipovi Havlovi za ochotu a pomoc, FJFI ČVUT za umožnění celé akce, ing. Vojtěchovi Svobodovi za organizování Týdne vědy 2010.

Reference:

[1] Bartovská Lidmila - Šišková Marie.: Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav 5th ed. Praha : VŠCHT Praha, 2005

[2] Kimling J, Maier M, Okenve B, Kotaidis V, Ballot H, Plech A.: Turkevich method for gold nanoparticle synthesis revisited, J Phys Chem B. 2006 Aug 17, 110(32):15700-7

[3] Maier Stefan A.: Plasmonics: Fundamentals and Applications, 2007, ISBN: 978-0-387-33150-8

Počítačové simulace fyzikálních problémů

Martina Štarhová	Gymnázium Šumperk	starhova.Martina@seznam.cz
Ondřej Borovec	Gymnázium Vysoké Mýto	o.borovec@gmail.com
Michal Roubalík	Gymnázium Olomouc – Hejčín	roubalikm@seznam.cz

Abstrakt:

Počítačové simulace jsou již řadu let významným prostředkem pro pochopení fyzikálních procesů. V projektu jsou simulovány šikmé vrhy s různými vlivy prostředí. Cílem projektu je ukázat možnosti simulací na jednoduchém problému pro analogickou představu o jejich využití ve vědě či technice.

1 Úvod

Náplní projektu bylo zpracování čtyř úloh popisujících šikmý vrh v různých podmínkách, první úloha popisovala pohyb bez vlivu prostředí, tak jak ho známe z lavic středních škol. Druhá úloha popisovala daný pohyb v prostředí s vlivem odporové síly, ve třetí úloze byly zohledněny náhodné síly ovlivňující let daného tělesa. Ve čtvrté úloze byly zohledněny všechny výše zmíněné vlivy. Výpočty byly prováděny v simulačním programu připraveném naším supervizorem Ing. Hynkem Lavičkou PhD. Program jsme z časových dúvodů nemohli vytvořit sami, proto jsme mnoha pokusy testovali chování daného procesu při změnách vstupních parametrů (úhlu α, rychlosti *v*, odporové síly r a fluktuačních sil *f*).

2 Modely a jejich funkce

Modely dané úlohy počítaly Eulerovou metodou řešení diferenciálních rovnic, obecně se dá říci, že tato metoda daný proces rozdělí na malé části během kterých se vlastnosti procesu změní jen zanedbatelně,ve skutečnosti se vlastnost téměř nepozorovatelně změní, s rostoucím počtem takových dílků však chyba narůstá. Elementárním vztahem popisujícím tento problém je rovnice F = dp/dt která je derivací hybnosti (p) podle času (d)

První model je řešen jednoduše podle vrozce(1), který je znám již ze střední školy.

$$d = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \qquad (1)$$

Pro názornost můžeme dosadit hodnoty α=45˚ a v_0 =100m/s a dostaneme přibližně d=1020 m

Druhý model, jak již bylo řečeno, zohledňuje odporovou sílu prostředí (např.vzduchu), tato síla je vyjádřena vztahem (2). Odporové síly prostředí způsobují, že trajektorie letu tělesa je kratší z důvodu ztráty energie při interakcích s molekulami okolního prostředí(např. vzduchu).

$$F = \frac{1}{2} S \rho v^2 \qquad (2)$$

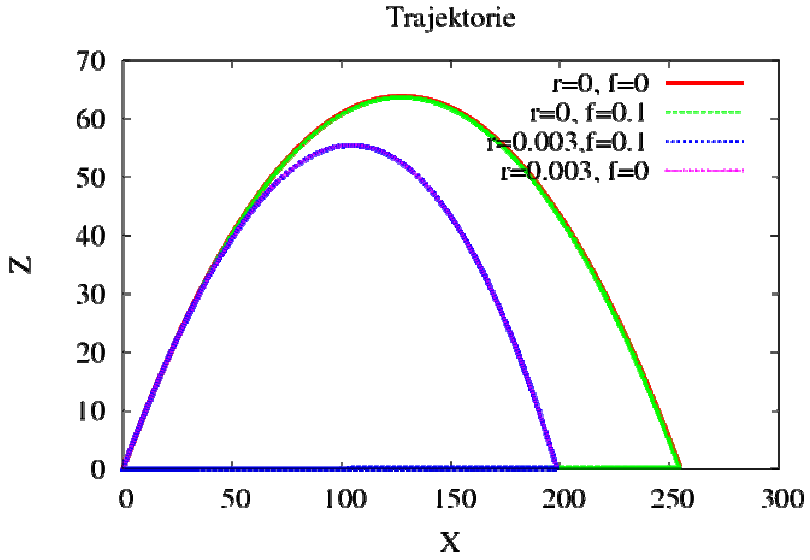
Přičemž máme zadán parametr r = $C_x {}^1/_2 \rho S$

Ve třetím modelu byly zohledněny takzvané fluktuační síly, které v modelu mají náhodnou velikost a směr, a v každé části výpočtu se mění. Tyto síly ovlivňují trajektorii tělesa a mění její tvar i délku (viz obr 1).

Čtvrtý model propojuje předchozí tři a vytváří simulaci, která se už realitě velmi blíží.

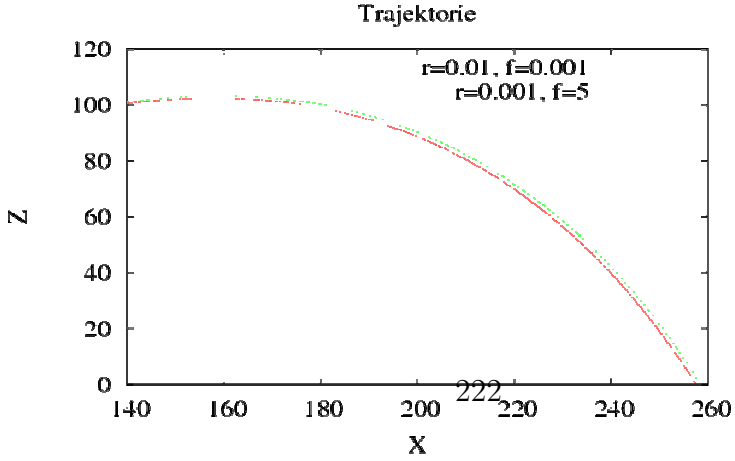
Při zadání parametru 0,03 pro odpor vzduchu do modelu s pouze odporem vzduchu zjistíme, že se dráha i délka vrhu razantně změnila. Při znázornění trajektorie do stejného grafu zjistíme, že odpor vzduchu způsobil, že délka je menší a od poloviny letu se dráha zásadně liší od předchozí paraboly. (viz obr1)

Obr 1



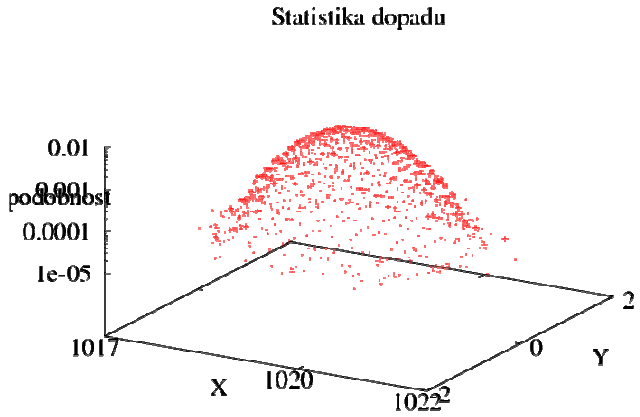
Obecně tedy můžeme žíct, že odpor vzduchu zkracuje dostřel a to tak, že snižuje rychlost ve směru osy x i osy y.

Při použití simulace s vlivem fluktuace vzduchu byla zadána hodnota f = 0.1. Dopadová plocha je rozdělena na malé čtverce o straně 0.1 m. Možná odchylka od základní dráhy letu je zvětšuje s dobou letu, protože těleso je delší dobu vystaveno působení sil ovlivňujících jeho trajektorii. Na obrázku 2 je možné pozorovat malý výřez z dráhy letu šikmého vrhu, kde je dobře viditelná odchylka způsobená fluktuací vzduchu, která ovlivní výslednici i v ose y, proto je přiložen histogram dopadu (viz Obr 3), na kterém osy x a y reprezentují plochu dopadu a osa z pravděpodobnost, s jakou těleso dopadne právě do dané oblasti.



Obr 2

Obr 3

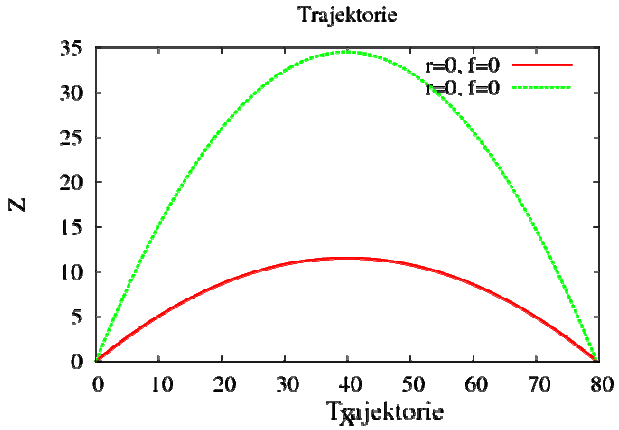


3 Třicet a šedesát stupňů

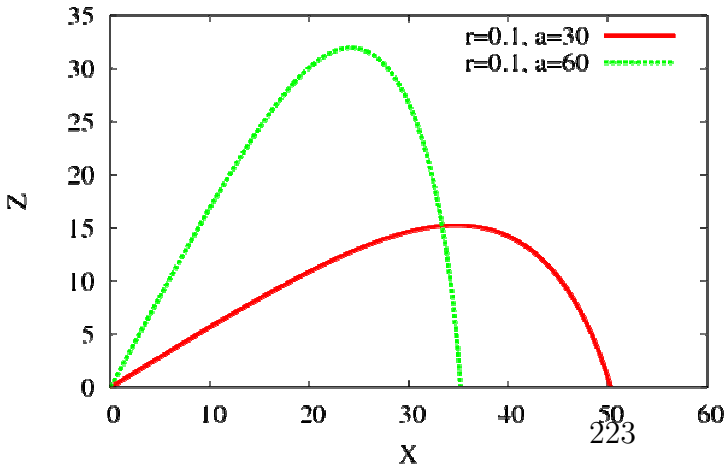
Zajímavý vztah platí mezi šikmými vrhy pod třiceti a šedesáti stupni. Pro základní výpočet bez odporových sil či fluktuace vzduchu platí vztah (1). A protože platí, že

$$\text{Sin } 2 \times 30^{\circ} = \text{Sin } 2 \times 60^{\circ},$$

Je dostřel pro oba úhly shodný. V případě, že počáteční rychlost bude u obou vrhů totožná(Obr 4).



Obr 4



Obr 5

Ovšem jakmile použijeme model s odporem vzduchu, zjistíme, že to co jsme zjistili na střední škole neplatí, protože vrh pod úhlem třiceti stupňů letí dál, ale kratší dobu, a u šedesáti stupňového vrhu je to naopak(Obr 5).

Při použití třetího modelu s využitím pouze fluktuace vzduchu zjistíme, že dopadnou na stejné přibližně stejné místo, ale s pouze malou pravděpodobností, že dopadnou na totožné místo. Místo dopadu bude označeno dvěma histogramy kde histogram šedesátistupňového vrhu bude větší.

Nakonec když použijeme reálný model zjistíme, že kvůli odporu vzduchu jsou opět místa dopadu dál od sebe, ale při počáteční rychlosti nepřesahující rychlost XX(kterou jsme zjistili experimentálně) je stále malá šance, že tělesa díky fluktuaci vzduchu dopadnou na sebe. Tato šance se zmenšuje se zvyšující se počáteční rychlostí.

Shrnutí

Na výše zmíněných příkladech byly ukázány nejrůznější možnosti využití simulačního programu pro jeden problém, které obecně daný problém upřesnily v teoretické rovině a statisticky vyjádřily možnosti průběhu popisovaného problému, což hraje velkou roli hlavně ve vědě, technice, ekonomii a všech dalších oborech, ve kterých matematika má nezastupitelnou úlohu.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Ing. Hynkovi Lavičkovi za pomoc při realizaci projektu a hlavně za přípravu simulačních programů, na kterých byl problém simulován.

Určení množství uranu v neznámém vzorku

J. Čeřovská, Gymnázium Česká Lípa, julinka.c@seznam.cz
M. Klimčáková, GSOŠ Klášterec nad Ohří, miskaklim@centrum.cz
V. Hons, Gymn.. Jiřího Gutha Jarkovského Praha, voja13@seznam.cz
T. Grabec, Mendelovo Gymnázium Opava, t.grabec@gmail.com

Abstrakt:
Využívajíce jaderného reaktoru VR-1 Vrabec zjistíme množství uranu v neznámých vzorcích pomocí detekce zpožděných neutronů.

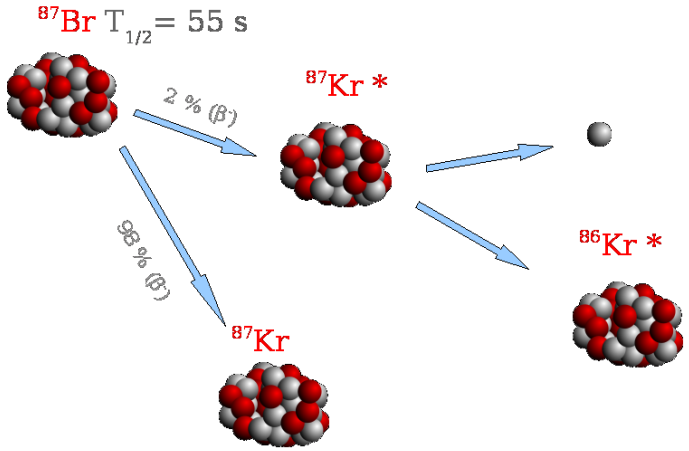
I. Úvod

Metoda detekce zpožděných neutronů má široké uplatnění. Využijeme ji nejen při stanovování kvality uranové rudy nebo při určení obohacení jaderných paliv, ale i při identifikaci nebezpečných či zneužitelných materiálů. Našim cílem bylo využít tuto metodu pro stanovení množství štěpitelného materiálu (uranu) v neznámých vzorcích.

II. Teorie

Štěpná řetězová reakce nastává při kolizi neutronu s jádrem štěpného materiálu. Následně vznikají štěpné produkty (atomy prvků s protonovým číslem nižším než má štěpný materiál), neutrony a dochází k uvolnění energie. Tyto neutrony mohou rozbíjet další jádra štěpného materiálu a nazýváme je neutrony okamžité. Vzniklé štěpné produkty jsou zpravidla nestabilní a dále se rozpadají; některé z nich při tom mohou emitovat neutrony, které nazýváme neutrony zpožděné.

Zpožděné neutrony mají oproti neutronům okamžitým (2 MeV) menší energii (0,5 MeV). Ze všech neutronů vzniklých při štěpení je pouze 0,7 % zastoupeno zpožděnými neutrony. Každý štěpitelný materiál při svém rozpadu uvolňuje zpožděné neutrony, čehož lze využít ke stanovení jeho množství v neznámém vzorku. K vyvolání štěpné reakce je zapotřebí zdroj neutronů; množství štěpitelného materiálu lze poté určit naměřením počtu zpožděných neutronů po ukončení ozařování vzorku.



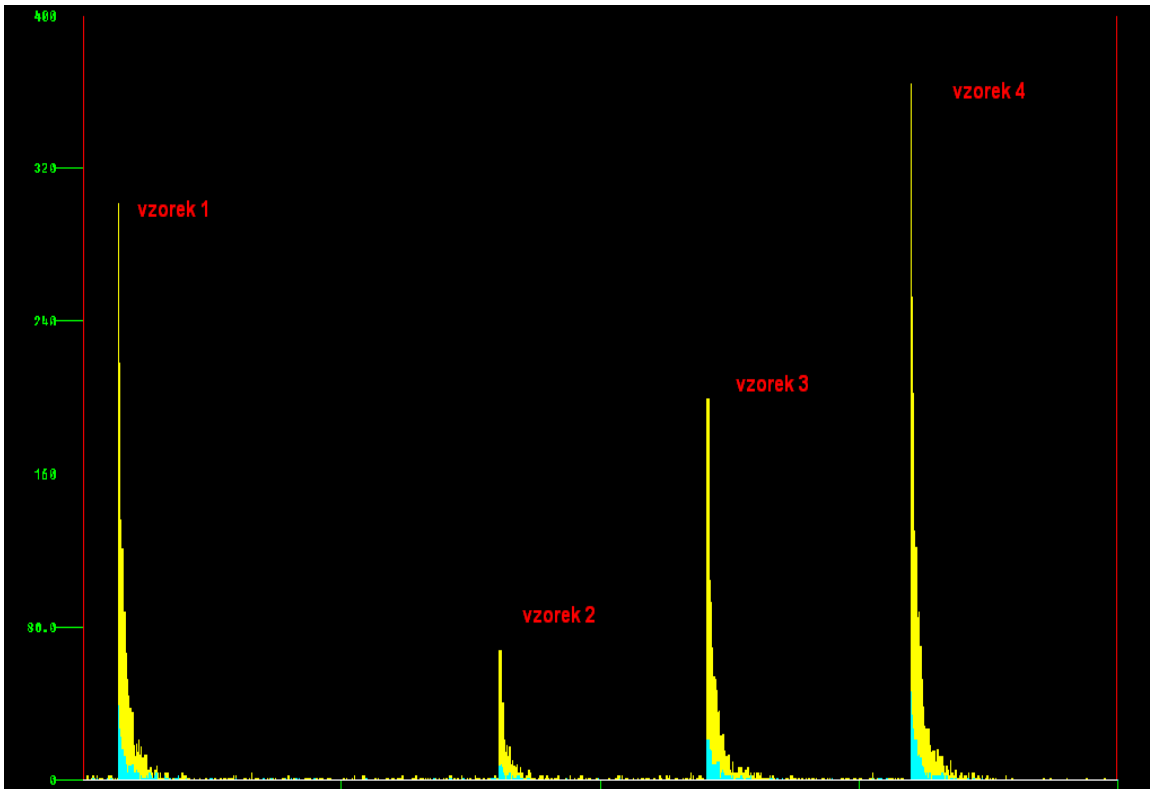
Rozpad štěpného produktu a uvolnění zpožděného neutronu

III. Experiment

Celá práce probíhala na reaktoru VR-1, který nám sloužil jako zdroj neutronů. Jako štěpný materiál jsme použili přírodní uran. Vzorek jsme spustili do aktivní zóny reaktoru, zde jsme jej nechali 400 sekund ozařovat. Poté jsme jej vytáhli a pomocí dvou detektorů naměřili počet zpožděných neutronů za 200 sekund (po této době již vzorek nevykazoval žádnou aktivitu).

IV. Analýza

K dispozici jsme měli čtyři vzorky – dva se známou a dva s neznámou hmotností. Postupně jsme změřili hodnoty zpožděných neutronů všech vzorků. Z hodnot, naměřených u známých vzorků, jsme stanovili rovnici závislosti počtu detekovaných zpožděných neutronů na hmotnosti štěpitelného materiálu ve vzorku. S pomocí této rovnice jsme poté určili hmotnost štěpitelného materiálu v neznámých vzorcích.



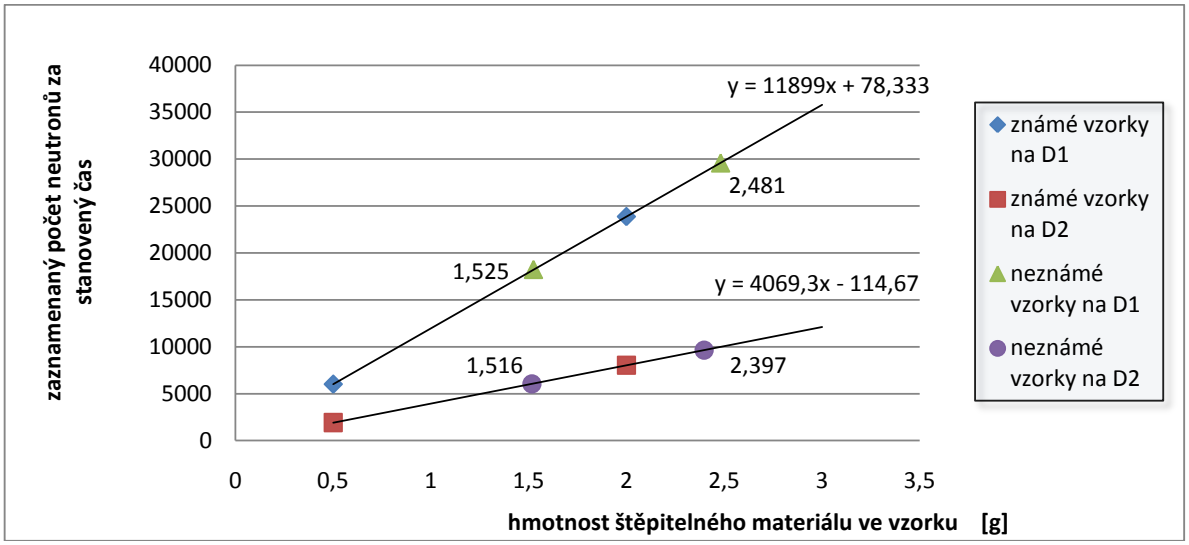
Záznam měření na detektoru 2

V. Výsledky

	hmotnost na D1	hmotnost na D2	Detektor 1 *	Detektor 2 *
vzorek 1	2	2	23877	8024
vzorek 2	0,5	0,5	6028	1920
vzorek 3	1,525	1,516	18229	6054
vzorek 4	2,481	2,397	29603	9638

* uvedeno již s odečteným pozadím:

	Detektor 1	Detektor 2
pozadí	229	83



VI. Diskuse

Měření je ovlivněno pozadím – detektory zaznamenávají i částice, které nepochází ze vzorku, ale z okolního prostředí. Při závěrečném zpracování se však dá tato chyba eliminovat naměřením průměrné hodnoty rušivých částic a následným odečtením této hodnoty od hodnot naměřených při zkoumání vzorku.

Výsledky jsou ovlivněny také rozložením štěpitelného materiálu ve vzorku, nastavením jednotlivých měřících tras apod.

VII. Závěr

Využití této metody se ukázalo jako relativně snadný a přesný způsob zjištění podílu štěpitelného materiálu v různých vzorcích.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Ing. Ondřeji Humlovi, obsluze jaderného reaktoru VR-1 za trpělivost a také organizátorovi akce Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc.

Poškození DNA vlivem ionizujícího záření

J. Černohorská
Gymnázium Nymburk
jice@seznam.cz

M. Voráčová
Gymnázium J. G. Jarkovského, Praha
voracova.manuela@seznam.cz

Oddělení dozimetrie záření
Ústav jaderné fyziky, AV ČR, v.v.i.
Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 18086

1 Abstrakt

Zkoumaly jsme poškození DNA účinkem ionizujícího záření. Metodou agarozové elektroforézy byl změřen výtěžek jednoduchých a dvojných zlomů v DNA plasmidu pro různé dávky gama záření.

2 Úvod

Makromolekula DNA je nejcitlivější částí buňky pro účinky různých toxinů ze životního prostředí včetně ionizujícího záření. Záření způsobuje celou řadu poškození, z nichž jsou nejdůležitější zlomy dvoušroubovice DNA. Zlomy jednoho řetězce je buňka schopna dobře opravit. Oprava dvojných zlomů je složitější a neopravené zlomy mohou být pro přežití buňky kritické. Pro změření množství zlomů vzniklých gama zářením jsme použily metodu agarózové elektroforézy. Ozářily jsme plazmidovou DNA, která při indukci zlomů řetězce mění svojí původní stočenou konformaci na kruhovou nebo lineární. V elektrickém poli migují tyto konformace každá jinou rychlostí. Výsledky elektroforézy jsme pozorovaly nad UV lampou.

3 Postup

Experimenty jsme prováděly na plazmidech pCDNA3. Ke stanovení koncentrace daného vzorku DNA slouží přístroj spektrofotometr. Změřené hodnotě absorbance 2,3 při vlnové délce 260 nm odpovídá 115 ng/µl DNA.

Příprava gelu

Připravily jsme gel z agarózy, vody a barviva SYBR Green. Tuto směs jsme uvařily, nalily do forem, spacerem vyvořily jamky pro vzorky a gel nechaly ztuhnout.

Vzorky

Nachystaly jsme 6 vzorků o objemu 20 µl, které obsahovaly 3 µl DNA, 1,7 µl fosfátového pufru (1M $K_2HPO_4.3H_2O$ + 1M KH_2PO_4) o koncentraci 100 mM a 15,3 µl vody.

Ozáření

Vzorky jsme ozařovaly dávkami 0-10 Gy pomocí zdroje ^{60}Co. Vzorky byly ozařovány najednou, po ozáření 2 Gy byl vždy jeden vzorek vyndán. Jedna kontrolní zkumavka nebyla ozářena vůbec.

Deponování a elektroforéza

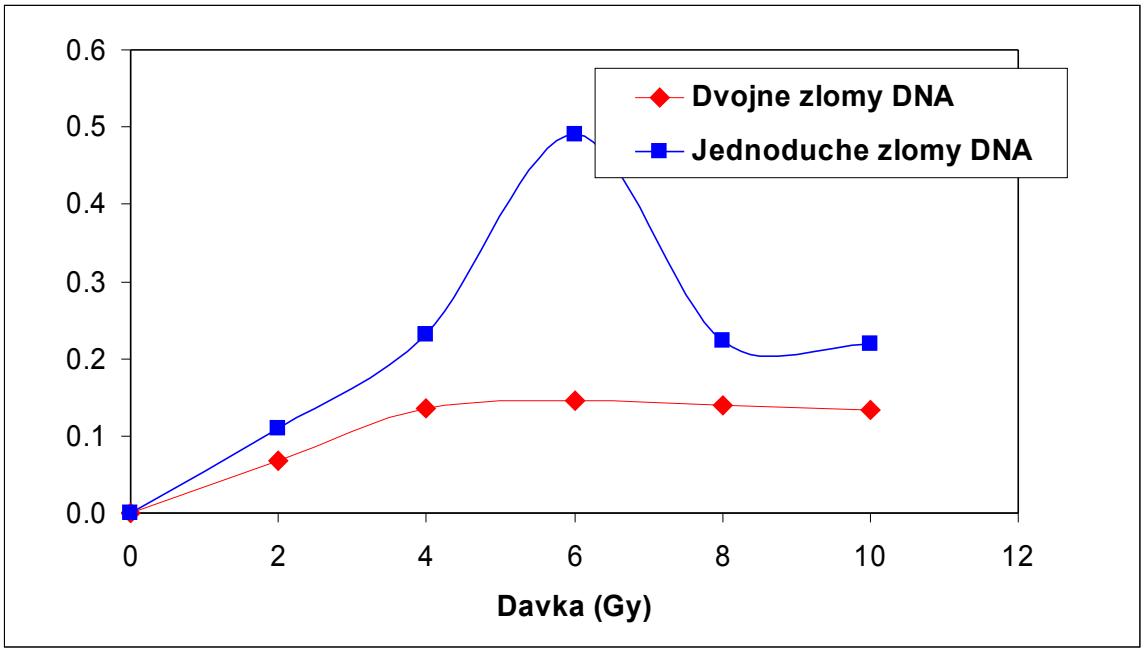
Poté jsme do ozářených zkumavek přidaly fluorescenční barvivo s glycerolem (pro zvýšení hustoty) a vytvořenou směs jsme pomocí pipety deponovaly do jamek v gelu. Gel jsme umístily do elektroforézy a nechaly jí procházet stejnosměrný proud. DNA, nesoucí záporný náboj, začala migrovat ke katodě. Vzorky migrovaly 2 hodiny při napětí 150 V.

Nasvícení UV zářením

Po skončení elektroforézy jsme vzorky prosvítily UV zářením a výsledky nafotily fotoaparátem pro další zpracování na počítači.

4 Výsledky

Na fotografiích bylo vidět několik peaků DNA v závislosti na míře ozáření. Nejdále jamkám byly neporušené plazmidy DNA. Data jsme dokázaly zpracovat pomocí počítačové technologie a v programu Luthien jsme zjistily procentuální zastoupení lineární, kruhové a stočené DNA, vyhodnotily výsledky a z daných hodnot sestavily graf (viz. graf 1). S rostoucím množstvím gama záření rostlo i poškození šroubovice až do hodnoty 6 Gy, jak můžete vidět v grafu níže. Pro větší záření nám hodnoty nevyšly podle předpokladů, což pravděpodobně bylo zapříčiněno špatnou kvalitou fotografických snímků a malým počtem pokusů.



Graf 1: výtěžek jednoduchých a dvojných zlomů DNA

Poděkování

Rády bychom poděkovaly především naší supervizorce Ing. Marii Davídkové za příjemnou spolupráci, dále Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a týmu Týdne vědy.

Reference

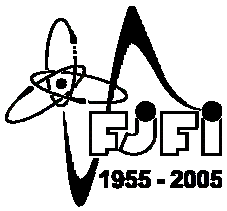
1] ALPEN, E. L.: *Radiation Biophysic,* 2nd edition, ACADEMIC PRESS, 1990

[2] BRAY A., LEWIS J., WALTER R.R.: *Základy buněčné biologie*, 2. vydání, Espero Publishing, s.r.o., 1998

Matematické modelování ***Fyzika v medicíně*** ***Laserová fyzika*** ***Informatika a software***

Jaderná chemie

Fyzikální vlastnosti materiálů ***Elementární částice*** ***Optoelektronika*** ***Jaderná bezpečnost a ekologie***



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Českého vysokého učení technického v Praze

VŠ vzdělání v moderních oborech s tradičně vysokou úrovní

Praktické aplikace přírodních věd

Charakteristika studia na FJFI

- ♣ velmi pestré spektrum oborů a zaměření
- ♣ celou řadu studijních oborů a zaměření lze v ČR studovat výhradně na FJFI
- ♣ zapojení studentů do různých výzkumných projektů a vědeckých týmů
- ♣ výchova k rychlé orientaci v mezioborové problematice a k týmové práci
- ♣ příprava k výzkumné týmové práci a k aplikaci nejnovějších poznatků vědy do praxe
- ♣ spolupráce s ústavy Akademie věd a s dalšími institucemi a univerzitami v ČR i v zahraničí
- ♣ široká nabídka studijních pobytů na zahraničních univerzitách
- ♣ plný přístup k moderním technologiím, k výpočetní technice a Internetu
- ♣ individuální a neformální kontakt studentů s jejich pedagogy, možnost ovlivňovat chod školy
- ♣ pestrá paleta mimostudijních aktivit – společenských a sportovních akcí, apod.
- ♣ možnost studia zrakově postižených, bezbariérový přístup
- ♣ bezproblémové uplatnění absolventů fakulty v zaměstnání

Uplatnění absolventů FJFI

- ♦ absolvent FJFI nemá problém s uplatněním - může měřit laserem vzdálenost od Měsíce či propojovat počítačové sítě mezi mrakodrapy; využít teorie grafů v bankovních operacích, na burze či při mariáši; řídit jadernou elektrárnu; určit příčiny havárií letadel, lodí či plynovodů; detekovat libovolné záření (vhodné při seznamování se); vyučovat matematiku a fyziku kdekoliv; být ministrem zahraničí - nebo dělat úplně něco jiného.

♥ užitečná adresa pro další informace:

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
pedagogické oddělení
Břehová 7, 115 19 Praha 1
tel. 222 310 277, fax: 222 320 861
www.jaderka.cz; www.fjfi.cvut.cz

Zájemce o studium zveme k návštěvě tradičně konaných Dnů otevřených dveří (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F pro přípravu ke studiu na technických VŠ (od listopadu do března).

FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENŘSKÁ
Českého vysokého učení technického v Praze
(FJFI ČVUT)

reprezentuje relativně mladé a dynamické pedagogické a vědecké centrum zaměřené především na hraniční témata mezi moderní vědou a její praktickou aplikací. Skládá se z deseti kateder: matematiky, fyziky, jazyků, inženýrství pevných látek, fyzikální elektroniky, materiálů, jaderné chemie, dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, jaderných reaktorů a katedry softwarového inženýrství v ekonomii.

FJFI byla založena v roce 1955 pod původním názvem Fakulta technické a jaderné fysiky jako součást Univerzity Karlovy v Praze, ale v roce 1959 se stala novou fakultou Českého vysokého učení technického v Praze. Její vznik přímo souvisel se zahájením československého jaderného programu, pro který bylo zapotřebí vybudovat vysoce kvalitní vědecká a pedagogická pracoviště. Brzy se však ukázalo, že jaderná technika není jen záležitost jaderných oborů, ale že vyžaduje úzké propojení přírodovědných oborů, matematiky, fyziky a chemie s technickou praxí. Tak se fakulta dostala na rozhraní našich dvou tradičních vysokých škol, univerzity a techniky, jako fakulta fyzikálně inženýrského charakteru.

V padesátých létech se na fakultě studovaly především jaderné obory – jaderná fyzika, jaderná chemie a jaderné inženýrství, v šedesátých létech byla nabídka přednášených oblastí rozšířena o fyziku pevných látek, fyzikální elektroniku a materiálové inženýrství. Zaměření fakulty se také začalo rozšiřovat o nové fyzikální aplikace, např. o fyziku plazmatu, lasery, kosmický výzkum, atd.

Postupně rostl zájem o matematické aplikace, což v sedmdesátých letech vedlo k založení nového oboru - matematického inženýrství. Poslední desetiletí je potom charakteristické nástupem zájmu o nejrůznější partie informatiky (nový obor inženýrská informatika) a prudkým zvyšováním množství aplikací do zdánlivě vzdálených oblastí (medicína, ekologie, ekonomie, architektura, apod.).

Díky své struktuře, velikosti i personálnímu obsazení dokázala FJFI v průběhu let pružně reagovat na rozvoj vědy, technologií i měnící se požadavky praxe zřizováním nových studijních oborů a zaměření.

Fakulta se postupně stala významným pedagogickým a vědeckým pracovištěm s velmi širokým rozsahem aktivit v oblasti inženýrských aplikací přírodních věd. Je proto jen přirozené, že se při volbě názvu studijního programu, který je na fakultě akreditován, dospělo k názvu Aplikace přírodních věd. Na druhé straně název fakulty zůstává beze změny, přestože již plně nevystihuje zmíněnou širokou paletu různých zaměření. Hlavním důvodem je oprávněná hrdost na trvalou vysokou kvalitu absolventů fakulty, na dobrý zvuk konstatování, že někdo je „jaderňák“. Tradiční název fakulty tak představuje něco jako ochrannou známku.

Fakulta poskytuje vysokoškolské vzdělání formou řádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium - titul bakalář, navazující magisterské studium - titul inženýr). Standardní délka studia je 3 roky v bakalářském programu a 3 roky v navazujícím magisterském programu. Při splnění určitých podmínek je možno absolvovat bakalářský + navazující magisterský program během pěti let. Navazující magisterský program mohou studovat i bakaláři z jiných škol. Kreditní systém umožňuje absolvovat studijní programy i za delší dobu než standardní délka. Hlavními formami studia jsou přednášky, cvičení (seminární, laboratorní), odborné praxe a konzultace. Studium končí státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové (závěrečné) práce. Tato práce má tvůrčí

charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe.

Fakulta dále organizuje doktorské studium (tříleté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků.

Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecko-výzkumná práce. Mezi vědeckou a pedagogickou prací je úzká vazba: přímé zapojení studentů do řešení vědeckých-výzkumných programů a příprava na moderní kolektivní formy vědecké práce dává výuce unikátní rozměr.

Výzkum (a výuka) na fakultě v současné době tématicky pokrývá aplikované jaderné inženýrství (reaktorová fyzika a technika; dozimetrie, radiační fyzika, ochrana a bezpečnost; jaderná chemie), moderní technologické aplikace fyziky (kvantová elektronika a laserové techniky, pevnolátkový a materiálový výzkum) a rychle se rozvíjející oblast matematiky a softwarového inženýrství. Pro fakultu jsou typické interdisciplinární aplikace v ekologii, medicíně, ekonomii, archeologii a v mnoha dalších oborech.

Řešení výzkumných projektů probíhá ve spolupráci s předními domácími i zahraničními pracovišti. Fakulta spolupracuje s více než padesáti zahraničními univerzitami (např. Université de Montréal, Université de Paris, aj.) a vědeckými institucemi z více než dvaceti zemí celého světa a mezinárodními organizacemi typu CERN, ÚJV Dubna apod. Na mnoha těchto aktivitách se podílejí i studenti, a to jak v rámci různých studijních pobytů, tak i při řešení vědeckých projektů.

FJFI disponuje několika unikátními výzkumnými zařízeními – např. školním jaderným reaktorem VR-1, řádkovacími elektronovými mikroskopy, vysokovýkonnými laserovými systémy, speciálními počítačovými laboratořemi, laserovou družicovou zaměřovací základnou v Helwanu (Egypt), apod.

Již řadu let na fakultě působí Studentská unie při FJFI ČVUT. Jedná se o neziskovou organizaci, jejímž cílem je rozvoj studentských aktivit na FJFI. Snaží se především starat o kolegy studenty – organizuje celoškolní anketu týkající se kvality jednotlivých vyučovaných předmětů, spolupracuje na propagaci fakulty a aktivně se podílí na komunikaci studentů s pedagogy. Pro studenty prvního ročníku vydává “Jaderňáckého průvodce po fakultě a okolí”, jenž jim pomáhá v orientaci v novém prostředí. Každoročně také pořádá letní studentskou konferenci TCN. Do vysokoškolského studia se však především snaží vnést i trochu neformálnosti a zábavy. Jmenujme například neoficiální vítací akci pro začínající studenty s názvem “Bažantrikulace” či “Všejadernou fúzi” - sešlost všech bývalých, současných i budoucích “jaderňáků” (ples, jehož součástí je však také amatérské divadelní představení v podání studentů fakulty či soutěž pro všechny účastníky). FJFI vnímá aktivity Studentské unie jako významnou součást své činnosti a snaží se je podporovat.