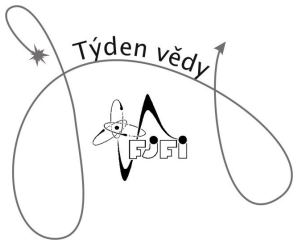


Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2011

Týden vědy na Jaderce

Sborník příspěvků

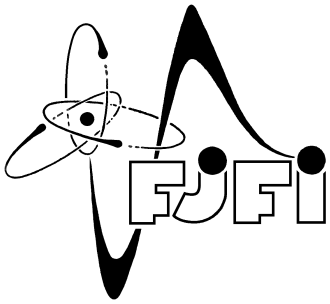
19.-23.červen 2011

"Údajný vědecký objev nemá význam, pokud ho nedokážete vysvětlit barmance.."
Ernest Rutherford (100 let od objevu atomového jádra)

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



Slovo úvodem

Minulý rok jsme přejmenovali Fyzikální týden na Týden vědy, takže tu máme buď třináctý, nebo druhý ročník naší akce pořádané pro vědychtivé středoškoláky. Úvodní den mi vzal v dobrém slova smyslu dech, je zajímavé sledovat stálý vývoj této na první pohled stejné akce. Není tomu tak. Ti, co přijíždí podruhé, potřetí (je tu případ i popáté), postupně mění tvář této akce. Je tu zřejmý posun, mezi dnešní podobou a podobou z před, řekněme, 7 let. Letos jsem si osobně po létech užil i syrového měření na miniprojektu v perfektní atmosféře, za kterou díky všem zúčastněným na tokamaku GOLEM.

Dovolte mi tradičně poděkovat na tomto místě jmenovitě Monice Mikšovské, Ondřeji Kudláčkovi, Tomáši Markovičovi, 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 .

22. června 2011

S pozdravem, Vojtěch Svoboda

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní TV.

Očekávání:

- Že se něco nového dovím.
- Strahovské zábavy.
- Seriózní vědecká práce.
- Moderní pracoviště.
- Spolupráce s odborníky.
- Že budu za blbce.
- Že poznám nové lidi.
- Že získám erdosovo č..
- Že zvítězím na WP.
- Z uspávače hadů Svobody.

Obavy:

- Krušná rána.
- Příliš seriózní vědecké přednášky.
- Z deadline.
- Z prezentace.
- Z mnoha obav.
- Z WP.
- Ze splněných očekávání.
- Z kokokkoktání.
- Z pražáků.
- Z vidláků.

Obsah

Poděkování **3**

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

Program Týdne vědy 2011 **8**

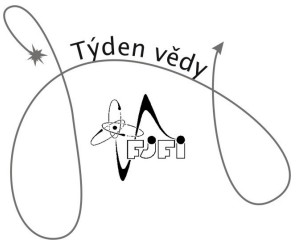
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů **9**

Příspěvky **15**

e/m - měření měrného náboje elektronu (Radek Galabov,Ráchel Sgallová,Vojtěch Fišer) . 15
Dualismus vln a částic (Marek Wojtowicz,Petr Morávek,Jan Píro,Michal Farník,Martin Valko) 18
Mikrovlny (Daniel Jurda,Jakub Procházka,Jakub Stuchlý,Šárka Batková) 22
Spektrometrie záření gama (Jan Hrach,Lukáš Novák) 25
Zeemanův jev (Jan Stopka,Jan Homola) 29
Základní experimenty s lasery (Radim Homolka,Ondřej Hladík,Vladimír Žitka,Jan Kadlčík) 33
Měření rychlosti světla (Ondřej Vicenec,Filip Horák,Lukáš Černý,Tomáš Malínský) 38
Balmerova série vodíku (Jakub Slížek,Adam Mrkvička,Zora Venerová) 41
Studium ultrazvukových vln (Denisa Gottvaldová,Tereza Pojezná,Tereza Kurimaiová) . . . 45
Termodynamické zákony v praxi (František Falta,Marija Šuněvičová,Barbora Bezděková,Jiří Záškodný,Kateřina Jiroušková) 51
Teorie náhodných matic aneb tak trochu jiná statistika (Barbora Vlková,Michal Berg,Břetislav Martínek,Ondřej Švec,Michael Neumann) 55
Modelování materiálů s tvarovou pamětí (Jana Novotná,Martin Mach,Martin Malý,Vojtěch Malý) 61
Dynamická stabilizace polohy plazmatu na tokamaku GOLEM (Peter Švihra,Jakub Veverka,Jakub Kantner,Tomáš Parvíz Mirchi,Jan Dobeš) 65
Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou (Tomáš Novotný,Josef Novák,Václav Mudra,Jakub Kodys,Jan Krivošej,Alena Harlenderová) 69
Učící se algoritmy na tokamaku GOLEM (Vojtěch Stránský,Helena Valouchová) 73
Zjišťování vertikální polohy plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí Mirnovových cívek (Martin Matušů,Leoš Tejkl,Daniel Páral,Denis Dudáš,Ondřej Dvořák,Václav Potužák) 77
Mlžná komora (Drahomíra Gurková,Monika Fürstová,Jan Schäfer,Michal Marko,Anna Hrubá) 81
Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů (Jiří Beran,Libor Martínek,Oldřich Vlašic,Petr Vaněk) 85
Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření (Jiří Záhora,Birivan Nabová,Kristýna Dvořáková) 89
Urychlování částic pomocí laseru (František Navrkal,Tomáš Novotný,Pavel Berger,Lukáš Krotovič) 92
Keplerova úloha o dělových koulích (Dominik Tělupil,Dominik Vít,Marcel Rodák) 95
Nebojte se variačních úloh (Lenka Stará,Miroslav Hanzelka,Jiří Nárožný) 100
Simulované žíhání jako nástroj k hledání optimálního řešení (Michal Pokorný) 105
Seznamte se s polarizací! (Zdeňka Špačková,Jakub Klinkovský,Nikola Závadská) 110
Měření charakteristik pevnolátkového infračerveného Er:YAG laseru (Ondřej Ticháček,Jan Škařupa) 114

Poškození DNA účinkem ionizujícího záření (Martin Caha,Boris Odložilík,Natalie Stoklasová,Lukáš Filipov,David Mařák) . . . 119
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I (Dominik Miketa,Jan Hájek,Jakub Náplava) . . . 123
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II (Ondřej Borovec,Jan Krejčí) 127
Měření kosmického záření (Jan Baborák,Lukáš Vacek,Jan Kotrbatý,Lukáš Běhounek) . . . 132
Počítačová grafika - pohled pod pokličku (Tomáš Brzák,Jan Tomsa,Petr Kobrle,Adam Svoboda,Michaela Machová) . . . 136
Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop (Kristína Nešporová,Tomáš Pikálek,Vít Kanclíř) . . . 141
Počítačové zobrazování fraktálních množin (Michal Olbrich,Jiří Bednář,Veronika Chloubová,Jakub Krásenský,Aneta Šťastná) . . . 147
LINUX Lab (Petra Pelikánová,Čeněk Škarda,Václav Kučera) . . . 151
Ramseyova teorie aneb příklady, které jsou pro počítače moc složité (Jakub Schusser,Eduardd Šubert,Aranka Hrušková,Vladislav Matúš,Martin Töpfer) . . . 155
Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn (Andrea Hladíková,Jan Vaňourek,Helena Brandejská,David Valko,Tomáš Pfohl) . . . 160
Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením (Patrik Urban) 167
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (Mikuláš Dítě,Tereza Konečná) . . . 171
Šifrování (Jiří Kapr,Jan Fejtek,Anita Hrubešová,Michael Jelínek,Jakub Štula) . . . 182
Kvantový Hallův jev (Tomáš Bárta,Martin Ševčík,Lukáš Buchta,Jiří Jelínek,Zuzana Bobková) 186
Holografie - realizace reflexního hologramu (Matouš Vozák,Vojtěch Klimša,Tomáš Zikmund,Klára Chalupecká) . . . 190
Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek (Petr Koza,Eva Hrdličková,Adéla Hrdličková) . . . 193
Jak poznat dávku z barvy gelu? (Barbora Dršková,Michal Račko,Jiří Bárdoš) . . . 199
Termoluminiscenční dozimetrie (Petra Vaníčková,Eva Málková,Ondřej Vrba) . . . 202
Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony? (Vojtěch Veselý,Filip Nedorost,Radim Tichý,Štěpán Holub) . . . 206
Po stopách Isaaca Newtona (Jakub Šindelář,Lukáš Vejmelka,Zuzana Černáková,Hana Nováková) 210
Bioinformatika - porovnávání sekvencí DNA (Anna Smejkalová,Martin Volek,Michal Chobola) . . . 216
Causality and Quantum Theory (Jaroslav Kňap,Václav Otruba,Jakub Smrček) . . . 220
Ochrání alkohol DNA před zářením? (Jan Vondráček,Gabriela Krejčíková,Marie Bulínová,Martina Grunerová) . . . 224

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT **228**



Týden vědy na FJFI ČVUT Praha 2011

Program Týdne vědy 2011

- Neděle 19.6.

  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 20.6.

  9-16.30 Miniprojekty (seznámení, rešerše, příprava, realizace).
  16.30-18.00 Jak prezentovat I (publikace) - posluchárna 103.
  16.30-18.00 Alternativní přednáška: prof. Petr Kulhánek: 'Příběh umírající hvězdy Betelgeuse'

- Úterý 21.6.

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

- Středa 22.6.

  9.00-10.30 prof. Tomáš Čechák: První byl Ernest Rutheford .., a co bylo dál?
  11.00-12.30 Jak prezentovat II (ústní vystoupení).
  11.00-12.30 Alternativní přednáška: RNDr. Jan Proška: Samouspořádání - exkurze na pomezí fyziky a biologie
  11.00-12.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků TV@J: 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 23.6.

  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 TV@J.

Exkurze

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

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
- Ing. Matěj Navrátil: Ionizující záření v medicíně
- Mgr. Jaroslav Bouda: Jaderná energie v životě člověka
- Ing. Katarína Kittanová: Automobilová doprava pod matematickým drobnohledem
- Prof. Ing. Ladislav Drška, CSc: ELI a nová fyzika

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Petr Gallus: e/m - měření měrného náboje elektronu
- Ing. Jaroslav Adam: Dualismus vln a částic
- Bc.Tomas Markovic: Mikrovlny
- Bc. Filip Mohyla: Spektrometrie záření gama
- Ing. David Tlustý: Zeemanův jev
- Šárka Vondrová: Základní experimenty s lasery
- Ing. Jaroslav Adam: Měření rychlosti světla
- Ing. David Tlustý: Balmerova série vodíku
- Bc. Filip Mohyla: Studium ultrazvukových vln
- Bc.Tomas Markovic: Termodynamické zákony v praxi
- Bc. Martin Veselý: Teorie náhodných matic aneb tak trochu jiná statistika
- Bc. Martin Vlček: Modelování materiálů s tvarovou pamětí
- Ing. Ondřej Kudláček: Dynamická stabilizace polohy plazmatu na tokamaku GOLEM
- Bc. Michal Odstrčil: Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou
- Bc. Michal Odstrčil: Učící se algoritmy na tokamaku GOLEM
- Ing. Ondřej Kudláček: Zjišťování vertikální polohy plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí Mirnovových cívek
- Viktor Löffelmann: Mlžná komora
- Ing. Jaroslav Nejdl, Jan Hřebíček (FZU AV ČR): Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů
- Ing. Jaroslav Nejdl: Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření
- Ing. Miroslav Krůs: Urychlování částic pomocí laseru
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Keplerova úloha o dělových koulích
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Nebojte se variačních úloh
- doc. Ing. Jaromír Kukal, Ph.D.: Simulované žíhání jako nástroj k hledání optimálního řešení
- Jiří Slabý: Seznamte se s polarizací!
- Ing.Michal Němec: Měření charakteristik pevnolátkového infračerveného Er:YAG laseru

- ing. Marie Davidkova, CSc.: Poškození DNA účinkem ionizujícího 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. Ján Kubančák: Měření kosmického záření
- Ing. Pavel Strachota: Počítačová grafika - pohled pod pokličku
- Ing. Zlata Mrázová: Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop
- Ing. Petr Pauš: Počítačové zobrazování fraktálních množin
- Ing. Jan Mach: LINUX Lab
- Ing. Ľubomíra Balková, Ph.D.: Ramseyova teorie aneb příklady, které jsou pro počítače moc složité
- ing. Mojmír Němec, Ph.D.: Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
- Mgr. Aleš Vetešník, Ph.D.: Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením
- Ing. Jan Adámek: Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- Ing. Michal Jelínek: Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund
- Bc. Jana Hradilová: Šifrování
- Ing.Stepan Svoboda: Kvantový Hallův jev
- Jakub Svoboda, Milan Květoň: Holografie - realizace reflexního hologramu
- Ing. Petr Průša: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Ing. Kateřina Vávrů: Jak poznat dávku z barvy gelu?
- Ing. Tomáš Urban: Termoluminiscenční dozimetrie
- Ing. Michal Vajzer: Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?
- Helena Šedováková: Po stopách Isaaca Newtona
- Ing. Tomáš Oberhuber, Ph.D: Bioinformatika - porovnávání sekvencí DNA
- MSc. Aurél Gábris, PhD.: Causality and Quantum Theory
- Ing. Kateřina Pachnerová Brabcová, PhD., Ing. Viktorie Madhusudhan Štísová, PhD.: Ochrání alkohol DNA před zářením?

MINIKONFERENCE - Trojanka, čtvrtek:

Společné přednášky v Aule 101

Chairperson: Jiří Bárdoš
8:00 Dynamická stabilizace polohy plazmatu na tokamaku GOLEM
8:15 Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou
8.30 Počítačové zobrazování fraktálních množin
8:45 Spektrometrie záření gama
9:00 Mikrovlny
9:15 e/m - měření měrného náboje elektronu
9:30 Jak poznat dávku z barvy gelu?

Společné přednášky v Aule 201

Chairperson: Helena Brandejská
8:00 Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření
8:15 Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn
8.30 Šifrování
8:45 Keplerova úloha o dělových koulích
9:00 Studium ultrazvukových vln
9:15 Ramseyova teorie aneb příklady, které jsou pro počítače moc složité
9:30 LINUX Lab

Paralelní přednášky v Aule 101

Chairperson: Ondřej Borovec
10:15 Učící se algoritmy na tokamaku GOLEM
10:30 Zjišťování vertikální polohy plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí Mirnovových cívek
10:45 Kvantový Hallův jev
11:00 Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop
11:15 Termoluminiscenční dozimetrie
11:30 Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením

Paralelní přednášky v Aule 201

Chairperson: Kristýna Nešporová
10:15 Modelování materiálů s tvarovou pamětí
10:30 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
10:45 Teorie náhodných matic aneb tak trochu jiná statistika
11:00 Mikroskopie v materiálovém výzkumu
11:15 Po stopách Isaaca Newtona
11:30 Simulované žíhání jako nástroj k hledání optimálního řešení

Paralení přednášky - seminární místnost 204

Chairperson: Tomáš Pikálek
10:15 Dualismus vln a částic
10:30 Nebojte se variačních úloh
10:45 Měření charakteristik pevnolátkového infračerveného Er:YAG laseru
11:00 Měření rychlosti světla
11:15 Termodynamické zákony v praxi
11:30 Zeemanův jev

Paralení přednášky - seminární místnost 205

Chairperson: Helena Picmausová
10:15 Balmerova série vodíku
10:30 Causality and Quantum Theory
10:45 Ochrání alkohol DNA před zářením?
11:00 Poškození DNA účinkem ionizujícího záření
11:15 Bioinformatika - porovnávání sekvencí DNA
11:30 Mlžná komora

Společné přednášky v Aule 101

Chairperson: Michal Pokorný
12:30 Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů
12:45 Urychlování částic pomocí laseru
13:00 Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund
13:15 Počítačová grafika - pohled pod pokličku
13:30 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II
13:45 Měření kosmického záření

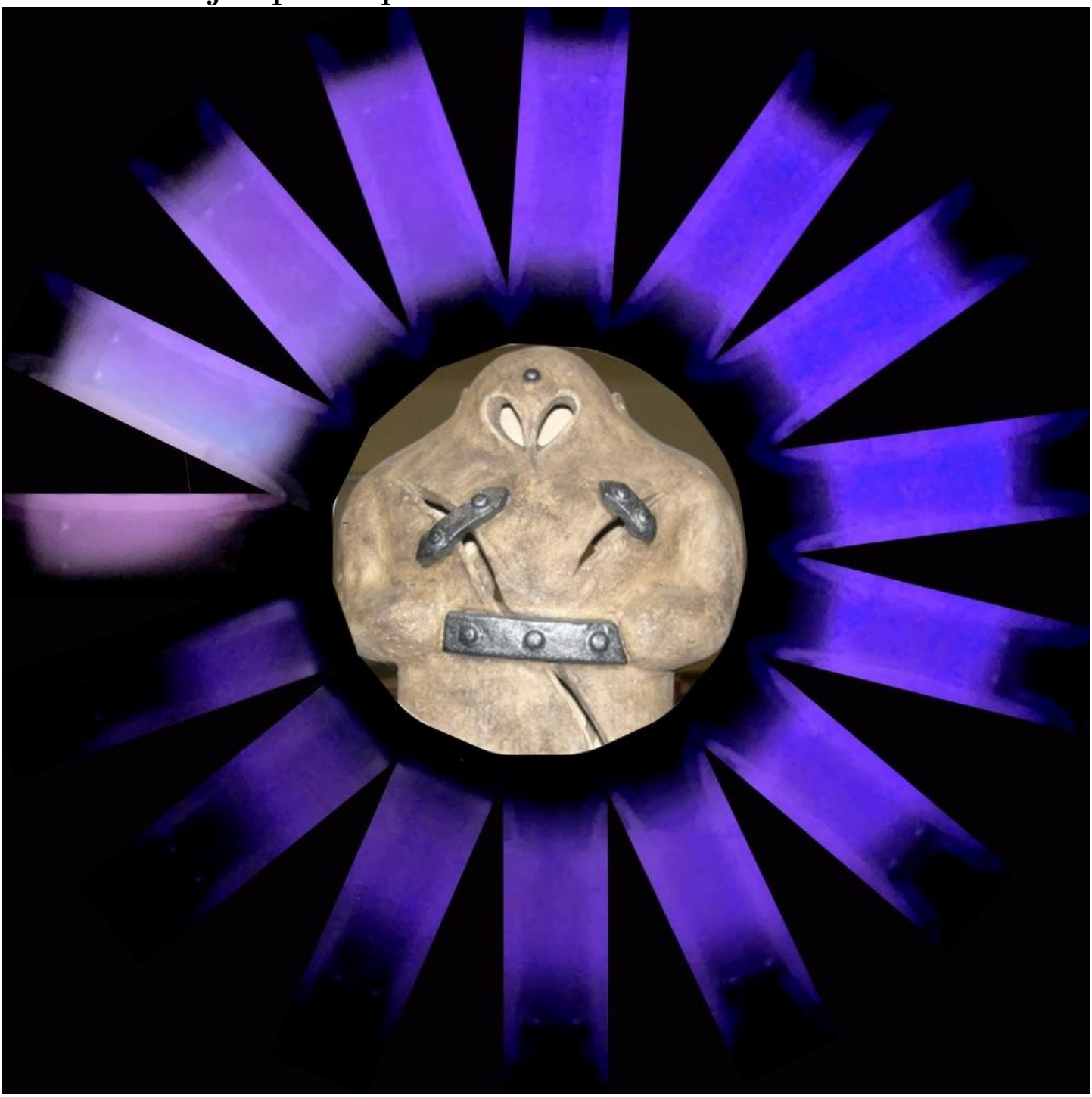
Společné přednášky v Aule 201

Chairperson: Barbora Vlková
12:30 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
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 Seznamte se s polarizací!

Společné přednášky v Aule 101

14:00 zakončení

Letošní TV je opět doprovázen CD.



(Sekvenčně snímaná poloha plazmatu vysokorychlostní kamerou s časovým rozlišením 1 ms. Poděkování skupině Snímání polohy plazmatu vysokorychlostní kamerou na tokamaku GOLEM.)

Měření měrného náboje elektronu

R.Galabov – Gymnázium Česká Lípa, radekgalabov@seznam.cz
R. Sgallová – Gymnázium Ch. Dopplera, rachel.sgallova@centrum.cz
V. Fišer – Gymnázium Elišky Krásnohorské, tydlitele@gmail.com

Abstrakt:
Za cíl jsme si zvolili experimentální změření měrného náboje elektronu (poměr náboje ku hmotnosti). Pro větší přesnost jsme použili dvě různé metody. Obě vycházejí z chování nabitých částic v magnetickém poli.

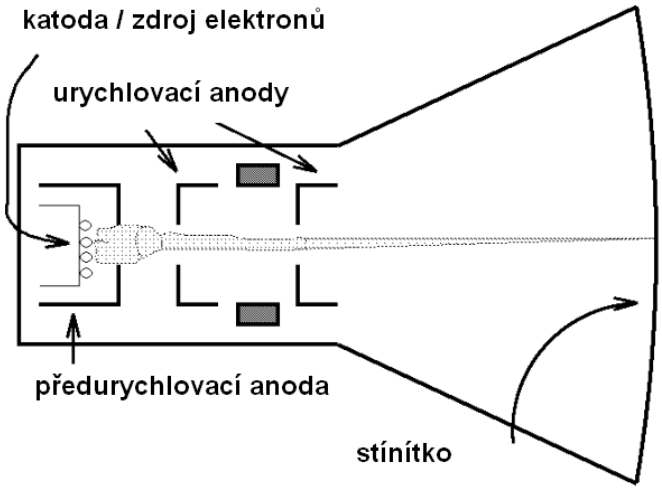
1 Úvod

V roce 1897 objevil elektron J. J. Thomson za použití obrazovky vynalezené K. F. Braunem a zároveň při tom změřil měrný náboj elektronu.

My jsme se rozhodli přeměřit tuto fundamentální konstantu za pomoci metod využívajících interakci elektronu s magnetickým polem. A to v podélném a příčném magnetickém poli. Obě metody využívají zakřivení trajektorie elektronu v závislosti na vzájemném směru rychlosti částice a indukce pole zapříčiněném Lorentzovou silou.

2 Teorie

Měření v podélném magnetickém poli



K tomuto pokusu byla použita osciloskopická obrazovka (viz schéma). Její součástí je rozžhavený drátek, který emituje elektrony směrem do magnetického pole uvnitř cívky. Působí na ně Lorentzova síla, pro níž platí vztah

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

kde e je náboj elektronu, $\vec{v}$ je rychlost elektronu a $\vec{B}$ je indukce magnetického pole. Lorentzova síla vyvolává rotační pohyb elektronu v příčné rovině. Dále na elektron působí elektrická síla, která způsobuje rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb kolmý na rovinu rotace. Složením obou pohybů vzniká pohyb po spirále.

Protože Lorentzova síla působí jako síla dostředivá, můžeme napsat

$$ev_{\perp}B = \frac{mv_{\perp}^2}{r}$$

a pro periodu pohybu potom platí

$$T = \frac{2\pi\, r}{v_{\perp}} = \frac{2\pi}{\frac{e}{m}B},$$

kde e/m je měrný náboj elektronu. Z toho plyne že perioda je pro všechny elektrony stejná, protože závisí pouze na síle magnetického pole.

Elektron získá kinetickou energii z potenciálového rozdílu mezi anodou a katodou. Proto můžeme psát

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}},$$

kde U je rozdíl potenciálů. S touto rychlostí vstupuje do magnetického pole uvnitř cívky.

Protože jsou paprsky málo rozbíhavé, můžeme vektor rychlosti považovat za rovnoběžný se směrem elektrické síly. Pak

$$l = vT = \frac{2\pi\, v}{\frac{e}{m}B}$$

Dosazením za rychlost jsme dostali vzorec pro měrný náboj elektronu.

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

Pro 20 hodnot urychlovacího napětí jsme hledali odpovídající hodnoty proudu indukující magnetické pole tak, aby všechny elektrony dopadaly do jednoho bodu na stínítku. Tedy kdy je magnetické pole tak silné, že elektrony opíší právě jednu otočku.

Měření v kolmém magnetickém poli.

Zařízení se skládá z nádoby se zředěným plynem, uvnitř jsou elektrody emitující elektrony. Magnetické pole zajišťují dvě Helmholtzovy cívky. Elektrony jsme urychlili napětím 226 V a vylétávají otvorem v anodě. Elektrody jsme nastavili tak, aby vektor rychlosti částic byl kolmý na vektor magnetické indukce. Elektrony tudíž vlivem Lorentzovy síly opisovaly kružnici, jejíž poloměr je závislý na síle magnetického pole.

Rychlost, se kterou elektrony vylétávají otvorem v anodě, je dána potenciálním rozdílem mezi elektrodami. Pro velikost i směr Lorentzovy síly platí stejný vztah jako v předchozím případě, působí také jako dostředivá síla. Získali jsme proto vzorec pro měrný náboj elektronu:

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

Provedli jsme celkem 10 měření průměru opsané kružnice pro různé síly magnetického pole.

3 Výsledky

Měřením v podélném magnetickém poli jsme došli k výsledku $(1{,}95 \pm 0{,}05) \cdot 10^{11}\ C \cdot kg^{-1}$.
A při měření v kolmém magnetickém poli jsme naměřili hodnotu $(1{,}94 \pm 0{,}10) \cdot 10^{11}\ C \cdot kg^{-1}$.
Tabulková hodnota je $1{,}76 \cdot 10^{11}\ C \cdot kg^{-1}$, tudíž relativní odchylka při použití první metody činí 10,80%, při použití druhé 10,23%. Měření pomocí podélného magnetického pole považujeme za přesnější, protože bylo méně závislé na pozorovateli.

Poděkování

Děkujeme:

- Supervizorovi miniprojektu Ing. Petru Gallusovi za cenné rady
- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za poskytnutí zázemí
- Organizátorům Týdne vědy

Reference:

[1] http://praktika.fjfi.cvut.cz/edm/ [cit. 21. 6. 2011]
[2] http://www.cs.helsinki.fi/group/goa/hardware/output/lect2a1.html [cit. 21. 6. 2011]
[3] KOŠŤÁL, K.: *Sbírka fyzikálních vzorců a pouček* SNTL, 1970

Dualismus vln a částic

Michal Farník, Petr Morávek, Jan Píro, Martin Valko, Marek Wojtowicz
Gymnázium Vysoké Mýto,Gymnázium Chrisrtiána Dopplera Praha,Gymnázium Chrisrtiána Dopplera Praha,SPSE Olomouc,Gymnázium Chomutov Mostecká 3000
michal.21@seznam.cz, eurea@seznam.cz, jpiro93@gmail.com, participle9@gmail.com, maloyfr3@gmail.com

Abstrakt:

Naším úkolem je prozkoumat vlnově-částicové vlastnosti hmotných částic. Vycházíme z de Broglieho předpokladu, který říká, že hmotné částice se mohou chovat jako vlny. K našemu důkazu využijeme vlnových vlastností elektronů, jejich difrakce a interference po průchodu grafitem.

Úvod

V roce 1924 de Broglie navrhl, že pokud se světlo (vlna) chová také jako částice, mohou se některé částice naopak chovat jako vlny. Definoval vztah pro výpočet vlnové délky v závislosti na hybnosti částice. Jeho hypotéza byla následně roku 1927 dokázána C. Davissonem a L. Germerem při difrakci elektronů na krystalové struktuře Niklu. V našem experimentu budeme znovu ověřovat de Broglieho hypotézu a využijeme práci P. Debaye a P. Scherrera, kteří určovali mřížkovou konstantu krystalů pomocí difrakce rentgenového záření.

Experiment

Vycházíme z de Broglieho vztahu závislosti vlnové délky jakékoli hmotné částice na její hybnosti:

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

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

Hybnost vyjádříme z energetické rovnice elektronu:

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

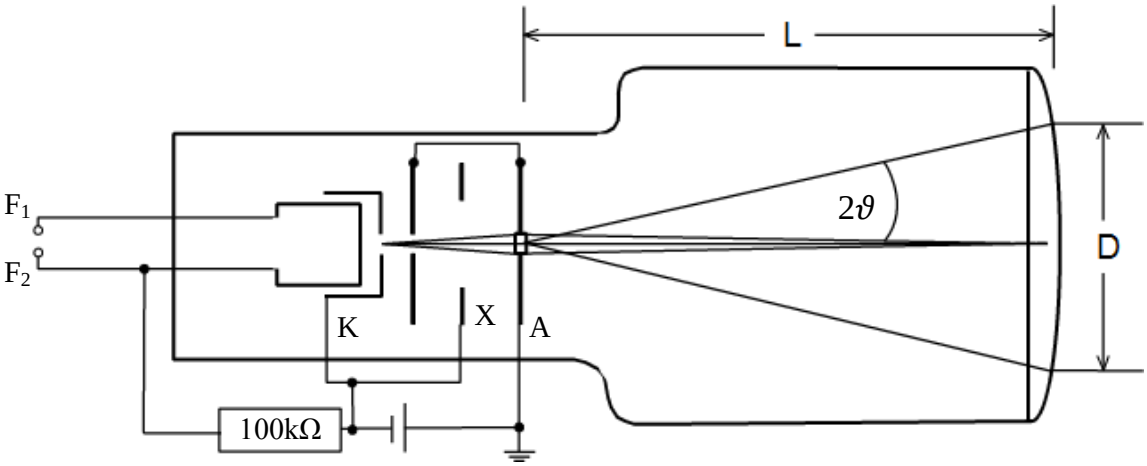
kde e je elementární náboj elektronu ($e = 1{,}6021 * 10^{-19}$), U je napětí urychlující elektron, m je hmotnost částice ($m = 9{,}1091 * 10^{-31}$), $\frac{1}{2}mv^2$ je vzorec pro výpočet kinetické energie a $\frac{p^2}{2m}$ je dosazení potřebné hybnosti. Následně si vyjádříme hybnost:

$$p = \sqrt{2eUm} \tag{3}$$

Po následném dosazení do vztahu (1) získáme rovnici pro výpočet vlnové délky elektronu:

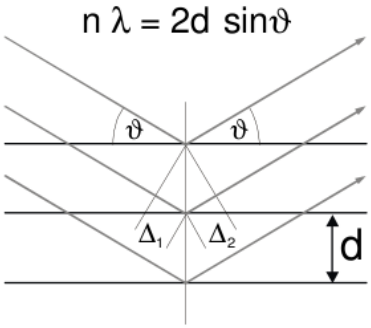
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eUm}} \tag{4}$$

K našemu experimentu jsme využili elektronovou difrakční lampu (obr. 1).



Obr. 1 Schématický nákres zobrazující difrakční úhel
F_1, F_2 – zapojení žhavící katody
K – Katoda
X – fokusovací elektroda
A – anoda s polykristalickým grafitem

Při experimentu se na katodě emitují elektrony, které prochází soustavou urychlovacích a fokusovacích elektrod. Nakonec dopadají na několik vrstev grafitu, kde se odráží pod úhlem ϑ, přičemž tento úhel musí splňovat Braggovu podmínku.



(5)

Obr. 2 Braggova podmínka

Následně dopadají na fluorescenční stínítko kde vytvářející 2 zřetelné soustředné kruhy, jsou 2, protože grafit má 2 mřížkové konstanty. Pomocí Braggova vztahu a dříve odvozených vztahů vyjádříme vlnovou délku:

$$\lambda = \frac{dD}{2L} \tag{6}$$

Kde λ je vlnová délka, d je mřížková konstanta, D je průměr kruhu na stínítku a L je vzdálenost grafitu od stínítka.

Výsledky

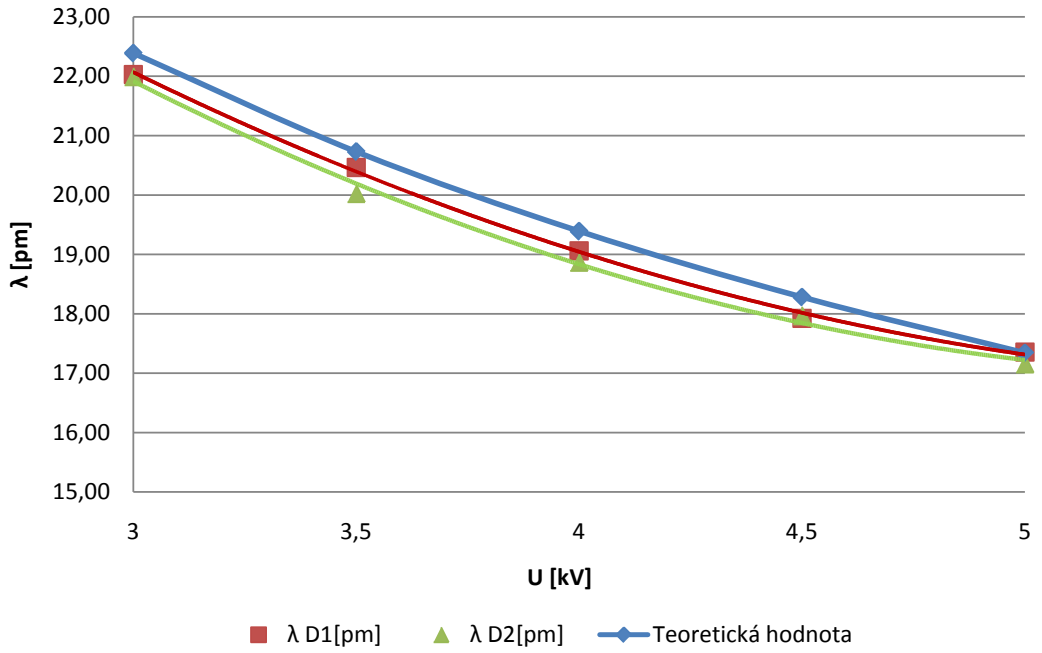
V tabulce 1 jsou naměřené hodnoty průměrů difrakčních kruhů D1 a D2. V tabulce 2 jsou vypočtené hodnoty vlnových délek. λ teor. dle rovnice (1), λ D1 a λ D2 jsou vlnové délky odpovídající naměřením průměrům difrakčních kruhů D1 a D2. Závislost vlnových délek na napětí je na obr. 3.

Tab. 1 Měřené průměry difrakčních kruhů

U[kV]	D1[mm]	D2[mm]
3	27,925	48,28
3,5	25,94	43,96
4	24,16	41,42
4,5	22,72	39,44
5	22	37,66

Tab. 2 vypočtené hodnoty vlnových délek

U[kV]	λ teor. [pm]	λ D1[pm]	λ D2[pm]
3	22,39	22,03	21,99
3,5	20,73	20,46	20,03
4	19,39	19,06	18,87
4,5	18,28	17,92	17,97
5	17,34	17,36	17,16



Obr. 3 Závislost vlnových délek na napětí

Shrnutí

Naměřené hodnoty se po přepočítání přibližují velmi blízko teoretickým hodnotám a poukazují na relativně velkou přesnost našich měření.
Získaná data taktéž potvrzují de Broglieho myšlenky o dualistické povaze vln a částic, výsledky též poukazují na univerzálnost Planckovy konstanty pro použití nejen na fotony, ale i na jiné částice hmoty.

Poděkování

Na konec bychom rádi poděkovali garantovi našeho miniprojektu, členům realizačního týmu týdně vědy na FJFI a všem ostatním, kteří se jakkoli podíleli na organizaci a podpoře týdne vědy

Reference:

[1] Dualismus vln a částic – návod (Leybold)

http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/dualizmus_vln_a_castic_leybold.pdf

[2] Dualismus vln a částic – návod (P. Navrátil)

http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/main.pdf

Mikrovlny

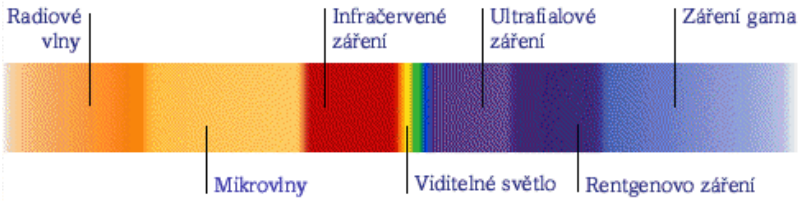
Š. Batková, D. Jurda, J. Procházka, J. Stuchlý
Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám., Gymnázium Velké Meziříčí,
Gymnázium Velké Meziříčí, Gymnázium Šumperk
sarka.batkova@gmail.com, Hmmmmm24@gmail.com,
prochazka.jak@seznam.cz, jakub.stuchly@seznam.cz

Abstrakt:

Tento experiment nás seznámil se základními vlastnostmi mikrovln. Přesvědčili jsme se o podobnosti se světlem pomocí polarizace, ohybu a dalších pokusů. Podařilo se nám stočit rovinu polarizace pomocí opticky aktivního prostředí tvořeného kovovými pružinami s vatou. Částečně jsme se naučili pracovat s programem Gnuplot.

1 Úvod

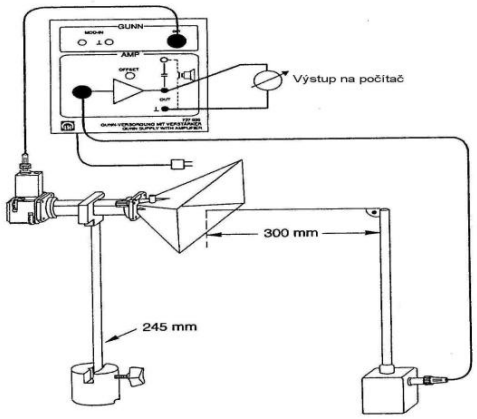
Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny, které mají vlnovou délku 1mm až 1m. Rozsah jejich frekvencí je od 300 MHz až po 300 GHz [1]. Mikrovlny s nižší frekvencí se používají k televizním a rádiovým přenosům. Dále se využívají k ohřevu potravin či vysoušení různých materiálů. V tomto experimentu jsme ověřovali kvazioptické vlastnosti pomocí polarizace a různých stínění. Jejich objevitelem se stal J. C. Maxwell (1886) zcela náhodou[2].



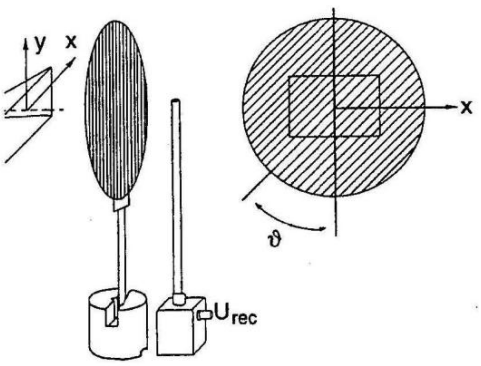
Obrázek 1: Elektromagnetické spektrum [3]

2 Materiály a metody

Naši aparaturu tvořil Gunnův oscilátor (zdroj záření), jehož frekvence je pevně stanovena na 9,4 GHz a výkon na 20 mW, dále sonda elektrického pole, která slouží k detekci záření. Potřeba byl také zdroj se zesilovačem. Zdroj napájel oscilátor a zesilovač zesílil signál asi 100x. K naší aparatuře byl připojen též frekvenční generátor a počítač s reproduktory. Do cesty vlnění jsme stavěli polarizační mřížku. Polarizační mřížka je složená z rovnoběžných kovových proužků umístěných na plastovém kruhu. Vlnění jsme odráželi a částečně jsme mu stínili kovovými deskami. Vedli jsme ho také ohebnou kovovou trubicí, která se chovala jako optické vlákno.



Obrázek 2: Základní aparatura[1]



Obrázek 3: Polarizační mřížka[1]

Stočení roviny polarizace
Zdroj vyzařuje lineárně polarizované vlnění. Abychom se přesvědčili, otáčeli jsme polarizační mřížkou o 10° od 0° do 180°. K analýze jsme použili modifikovaný Malusův zákon.

$$I(\alpha)=I_0 \sin^4 \alpha$$

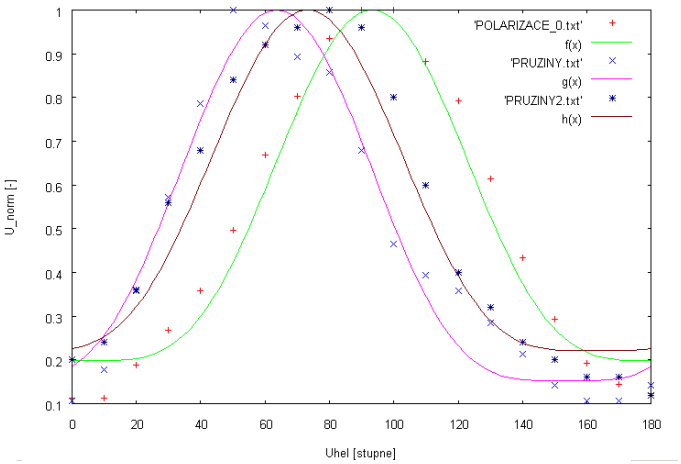
Vytvořili jsme opticky aktivní prostředí pomocí vaty a kovových pružin, které byly poskládány všechny ve směru rovnoběžném se směrem vlnění. Pomocí polarizačního filtru jsme poté měřili o kolik stupňů se stočila polarizační rovina vlnění.

Měření vlnové délky pomocí stojaté vlny
Naproti zdroji záření jsme postavili kovovou desku, která odrazila vlny zpět. Složením odražené a původní vlny vznikla stojatá vlna. Pomocí analýzy dat v programu Gnuplot jsme byli schopni určit vlnovou délku (viz Obrázek 5).

Ohyb vlnění
Mezi oscilátor a sondu el. pole jsme zčásti postavili kovovou desku a posunováním sondy za deskou jsme měřili el. napětí. Měli jsme dokázat platnost Huygensova principu.

3 Výsledky

Stočení roviny polarizace
Na obrázku 4 je graf závislosti normovaného napětí na úhlu pootočení polarizační mřížky. Při měření pouze s polarizační mřížkou jsme dosáhli stočení -3,3°(křivka POLARIZACE_0). Při prvním měření s opticky aktivním prostředím jsme naměřili stočení 26,3°(křivka PRUZINY). Při druhém měření se nám rovina polarizace stočila o 16,8°(křivka PRUZINY2).



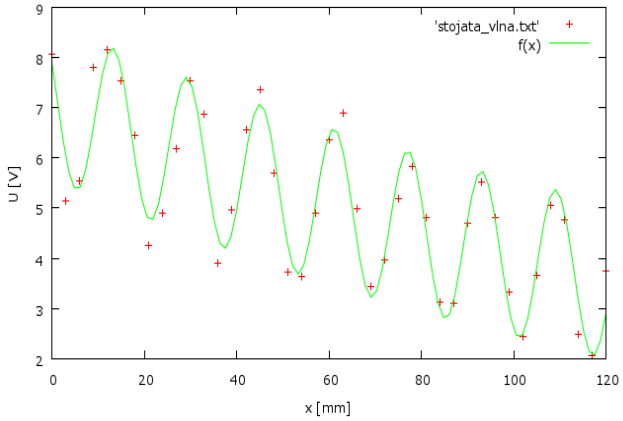
Obrázek 4: Stočení roviny polarizace

Měření vlnové délky pomocí stojaté vlny

Na obrázku 5 je možno vidět prostorovou závislost amplitudy stojatého vlnění. Pomocí analýzy dat v programu Gnuplot jsme určili délku vlnové délky na 31,97 mm s možnou odchylkou 0,16 mm.

Ohyb vlnění

Za překážkou jsme naměřili patrný signál a tím jsme potvrdili pravdivost Huygensova principu.



Obrázek 5: Měření vlnové délky

4 Diskuze

Při měření stočení roviny polarizace nás překvapilo stočení při měření bez opticky aktivního prostředí. Teoreticky nám mělo vyjít stočení nulové, ale i přesto jsme naměřili stočení o 3,3°. Domníváme se, že to bylo způsobeno nepřesností našeho měření. Stočení o 26,3° a 16,8° se povedlo díky kovovým pružinám.

Ohebná kovová trubice se chová jako optické vlákno, protože kov odráží mikrovlny a ty nemají jinou možnost než se dostat z jednoho konce na druhý.

5 Shrnutí

Experimenty se nám povedly, ale bez programu Gnuplot bychom to nezvládli. Někteří z našich řad dokázali pochopit základní principy pracování v něm, bohužel až když bylo hotovo.

Zjistili jsme také podobnost mikrovln se světlem. Povedlo se nám stočit rovinu polarizace, určit vlnovou délku a dokázali jsme Huygensův princip.

Poděkování

Děkujeme svému supervizorovi Bc. Tomáši Markoviči za neochvějnou trpělivost, všem organizátorům Týdne vědy a také Ing. Vojtěchu Svobodovi za příjemně strávená odpoledne-spánkem.

Reference:

[1] FJFI ČVUT, Mikrovlny, [online], [cit. 21. června 2011], http://praktika.fjfi.cvut.cz/Mikrovlny/

[2] Wikipedie, Mikrovlny [online], [cit. 21. června2011], http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrovlny

[3] Elektromagnetické spektrum http://objekty.astro.cz/nase/2301-spektrum

Spektrometrie záření gama

J. Hrach, L. Novák
Gymnázium Přípotoční 1337, Praha 10
Gymnázium Sokolov, Husitská 2053, 356 11 Sokolov
jenda@hrach.eu, novak.lukas@yahoo.es

Abstrakt:

Obsahem práce bylo seznámit se s vlastnostmi záření gama a způsobem jeho detekce. Za tímto účelem jsme pomocí známých zářičů (^{241}Am, ^{137}Cs, ^{60}Co, ^{133}Ba) provedli kalibraci detektoru a posléze detektorem identifikovali spektrum neznámého zářiče. Dále jsme zkoumali zeslabení záření po průchodu látkou.

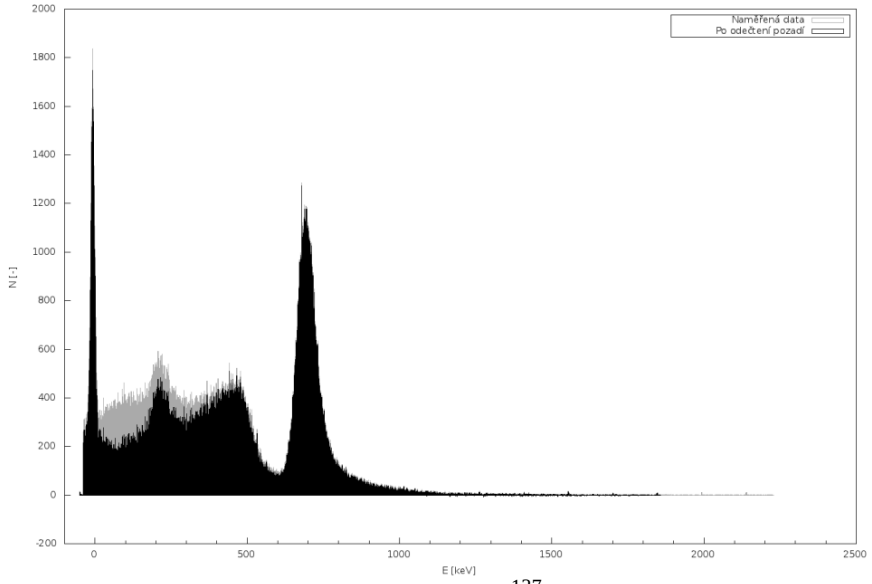
Úvod

Gama záření nás obklopuje neustále, ať už se jedná o radioaktivitu přírodní nebo umělou. Proto je užitečné studovat, jak interaguje s hmotou, jak jej můžeme detekovat a stínit. Prakticky se toto využívá například při datování archeologických nálezů nebo zobrazování měkkých tkání v medicíně.

Teorie

Po radioaktivní přeměně α nebo β může jádro zůstat v excitovaném stavu, z kterého se deexcituje vyzářením fotonu, který nazýváme gama zářením.

Každé jádro září fotony o určitých energiích. K detekci těchto fotonů slouží zařízení, které se nejčastěji skládá ze scintilátoru, fotokatody, fotonásobiče a multikanálového spektrometru. Spektrometr umožňuje určit počet fotonů o dané energii pro širokou oblast energií. Příkladem takového rozdělení je spektrum cesia 137 na obrázku 1.



Obr. 1: spektrum ^{137}Cs

Ve spektru je v nejnižších energiích vidět tzv. RTG peak, pokračuje Comptonovo kontinuum a nejvýraznější peak je samotný peak cesia. Příčiny vzniku všech těchto artefaktů na spektru blíže popisuje [1].
Naše detekční aparatura byla vyrobena firmou PHYWE a scintilátor byl anorganický krystal NaI dopovaný Tl. Spektrometr rozděluje dopadající záření do tzv. kanálů, a proto je nutné přiřadit kanálům hodnoty energie. Tomuto procesu se říká kalibrace.
Kalibrovali jsme pomocí zářičů ^{241}Am, ^{137}Cs, ^{60}Co, ^{133}Ba; energie jimi vyzařovaných fotonů byly nalezeny v [2]. Pozice peaku v kanálech se určila pomocí fitování fotopeaku Gaussovou křivkou.
Naměřené hodnoty a hodnoty dopočítané dle Gaussova rozdělení (viz [3]) jsou v tabulce 1.

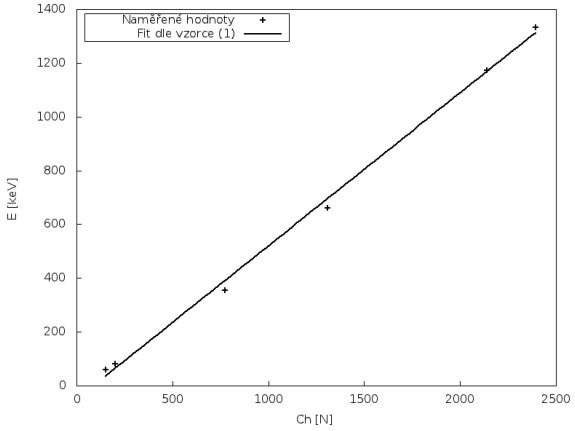
zářič	Ch [-]	σ [-]	$\Gamma_{1/2}$[-]	$\Gamma_{1/2}$ [keV]	E [keV]
^{241}Am	252	14,5	34,1	19,4 ± 0,3	59,5
^{137}Cs	1307	45,9	108,1	61,6 ± 0,8	662,0
^{60}Co	2141	53,1	125,0	71,2 ± 1,0	1173,0
	2392	76,1	179,2	102,1 ± 1,4	1333,0
^{133}Ba	202	16,9	39,8	22,7 ± 0,3	80,0
	773	33,7	79,4	45,2 ± 0,6	356,0
^{22}Na	1024	41,3	97,3	55,4 ± 0,8	511,0
	2283	75,5	177,8	101,3 ± 1,4	1274,0

Tab. 1: hodnoty pro zářiče
(Ch – kanál, $\Gamma_{1/2}$ – položířka peaku, E – energie záření peaku)

Nyní je potřeba získat relaci mezi naměřeným číslem kanálu a tabulkovou hodnotou energie fotonů. Je předpokládána lineární závislost, proto jsme fitovali dle vzorce:

$$f\ x\ = ax + b \qquad (1)$$

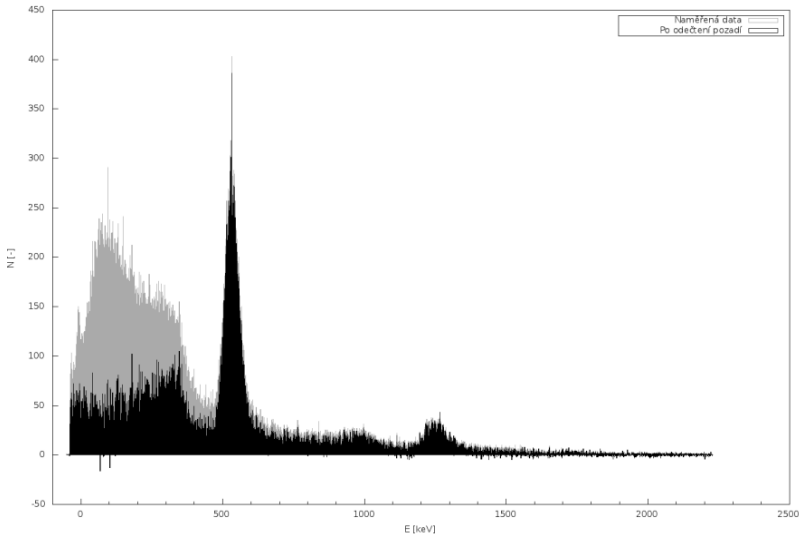
Z fitu jsme získali hodnoty $a = 0{,}57\ \pm 0{,}01$; $b = -51 \pm 20$.
Výsledná kalibrační křivka je zobrazena na obrázku 2.



Obr. 2: kalibrační křivka multikanálového spektrometru

Měření spektra neznámého zářiče

Pomocí takto zkalibrovaného spektrometru bylo naměřeno spektrum neznámého zářiče, viz obrázek 3.



Obr. 3: spektrum neznámého zářiče

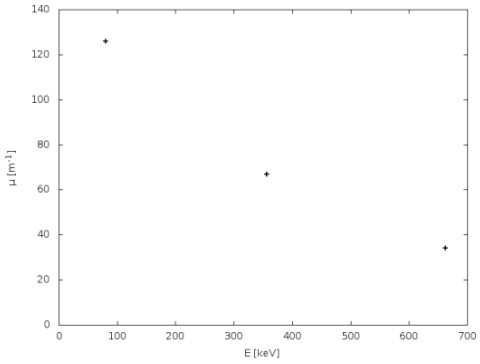
Jelikož jsme detekovali značné radiační pozadí, především v nízkých energiích (do 400 keV), bylo třeba naměřit pozadí samostatně a od získaného spektra jej odečíst. Tento postup jsme použili i na obrázku 1. Na některých místech tak došlo k podtečení počtu zaregistrovaných částic pod 0, čitelnost grafu se však velmi zlepšila. Peak byl určen na (532 ± 30) keV z dostupných zářičů tomu odpovídá nejlépe sodík 22 (511 keV, poločas rozpadu 2,6 roku).
Z důvodu fitování mírně nelineární odezvy detektoru lineární funkcí se ve vypočteném spektru objevují i energie nižší než 0. Bylo by vhodné použít pro kalibraci i zářiče s nižší energií záření a pokusit se s pomocí takto naměřených dat lépe vystihnout charakteristiku detektoru.

Stínění gama záření olověnou deskou

Intenzita záření se při průchodu látkou snižuje. Schopnost pohlcovat záření můžeme pro konkrétní prvek a energii záření vyjádřit koeficientem μ nazývaným lineárním koeficientem útlumu, tento je dán rovnicí:

$$\mu = -\ln^{d} \frac{\overline{I\ d}}{I_0} \tag{2}$$

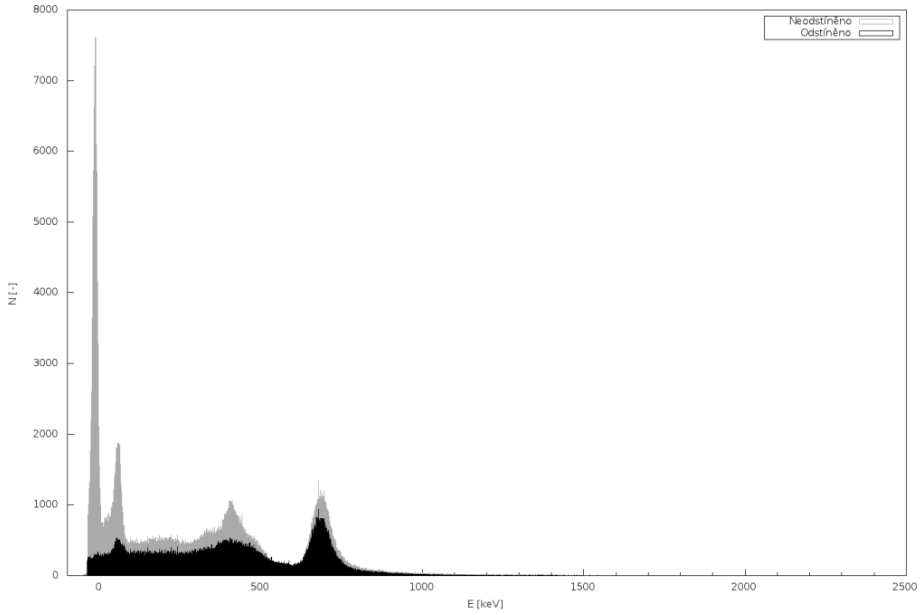
kde d je tloušťka materiálu, I_0 původní intenzita svazku a $I(d)$ intenzita svazku po průchodu překážkou.



Obr. 4: hodnota μ koeficientu

Nejprve byla měřena intenzita záření bez stínění a potom byla mezi zářiče a detektor vložena olověná destička s tloušťkou přibližně 9 mm (destička byla zvlněná). Hodnoty koeficientu μ pro různé energie získané analýzou naměřených dat zobrazuje obrázek 4.

Naměřené spektrum směsi ^{133}Ba a ^{137}Cs se stíněním a bez stínění zobrazuje obrázek 5. Z tohoto obrázku je vidět, že záření s vyšší energií prostupuje hmotou mnohem snáze.



Obr. 5: spektrum se stíněním a bez stínění směsi

Shrnutí

I přes nelinearitu odezvy se nám podařilo spektrometr zkalibrovat, a tak identifikovat neznámý zářič jako sodík 22. Ověřili jsme, že se intenzita záření po prostupu hmotou snižuje podle lineárního koeficientu útlumu a že tvrdé záření prostupuje látkou lépe než měkké. Pokud bychom měli více zářičů a dostatečně rovné olověné destičky, mohli bychom zjistit i přesnější pravidla této závislosti.

Poděkování

Autoři by chtěli poděkovat supervizorovi Bc. Filipu Mohylovi za vysvětlení problematiky a pomoc s experimenty, organizátorovi Týdne vědy na Jaderce Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. a FJFI ČVUT v Praze za zastřešování akce.

Reference:

[1] Ullmann, V.: *Detekce a spektrometrie ionizujícího záření*. http://www.sweb.cz/AstroNuklfyzika/DetekceSpektrometrie.htm
[2] Firestone, R. B.: *Table of Isotopes*. John Wiley & Sons, Inc., 1996
[3] Nave, C. R.: *Halfwidth of a Gaussian Distribution*. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/math/gaufcn2.html

Zeemanův jev

Jan Stopka, Jan Homola
Gymnázium Brno, tř. Kpt. Jaroše 14
honza.stopka@gmail.com, jan.homola6@gmail.com

Abstrakt

Tento článek se zbývá Zeemanovým jevem, který se projevuje na atomech ve vnějším magnetickém poli, a způsobuje rozštěpení spektrálních čar. Během naší práce jsme díky tomuto jevu změřili velikost fyzikální konstanty Bohrův magneton za použití kadmiové výbojky a Fabry-Pérotova etalonu.

1 Úvod

Spektrometrie nám pomáhá získat informace o povaze elektronů uvnitř atomů. Při přechodu elektronu mezi energetickými hladinami je vyzářena energie ve formě fotonů. Tato energie je kvantována a její množství odpovídá vlnové délce emitovaného záření. Při působení magnetického pole se hladiny, kterým odpovídá více vlnových funkcí, mohou rozštěpit a my jsme schopni díky Fabry-Pérotově etalonu toto štěpení měřit. Pak můžeme pozorovat závislost tohoto rozštěpení na intenzitě magnetického pole. Tato závislost je lineární a konstantou přímé úměrnosti je tzv. Bohrům magneton. Cílem měření je tuto konstantu určit.

2 Stavba atomu

Atom se skládá z kladně nabitého jádra a záporně nabitých elektronů v jeho obalu. Elektrony jsou rozloženy do jednotlivých energetických hladin podle Hundových pravidel. Každý má elementární náboj a dá se charakterizovat orbitálním momentem hybnosti a jeho vnitřním momentem hybnosti – spinem. Pokud je orbitální moment hybnosti nenulový, nábitý elektron vytváří magnetické pole a můžeme tedy určit magnetický moment μ.

$$\vec{\mu} = I\vec{A} = I\pi r^2\vec{n} = \frac{evr}{2}\vec{n}$$

Energetické hladiny můžeme popsat termem

$${}^{2S+1}L_J$$

Multiplicita $2S + 1$ je dána celkovým spinem S. L je orbitální moment hybnosti a J je celkový moment hybnosti. Valenční elektrony nejdříve zaplňují hladiny s nižší potenciální energií, což popisují Hundova pravidla.

3 Atom kadmia

Cadmium má elektronovou konfigurace $[Kr]\,5s^2\,4d^{10}$. Při přechodu elektronů mezi energetickými hladinami je důležitý přechod ${}^1D_2 \longleftrightarrow {}^1P_1$. Tento přechod je často pozorován, protože září intenzivně vůči ostatním, vlnová délka je v oboru viditelného spektra ($643,8\,\mathrm{nm}$) a přechod je jen mezi singlety. To znamená, že celkový spin obou stavů je nula. Vlnočty energetických hladin 1D a 1P jsou $\sigma_{1D} = 4369238\,\mathrm{m}^{-1}$ a $\sigma_{1P} = 5921973\,\mathrm{m}^{-1}$. Můžeme tedy spočítat vlnovou délku záření emitovaného tímto přechodem. Limitní vlnočet kadmia je $\sigma_L = 7254007\,\mathrm{m}^{-1}$. Z toho $E_0 = hc\sigma_L = -1,440969 \cdot 10{-}18\,\mathrm{J}$. Dále můžeme spočítat energii přechodu jako $\Delta E = E_P - E_D = \frac{\sigma_P}{\sigma_L}E_L - \frac{\sigma_D}{\sigma_L}E_L = 3,08442355 \cdot 10^{-19}\mathrm{J}$. To převedeme na vlnovou délku $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 644\,\mathrm{nm}$.

4 Zeemanův jev

Nachází-li se atom v magnetickém poli $\vec{B}$, interaguje s magnetickým momentem elektronů, což způsobuje změnu potenciální energie a rozštěpení energetických hladin. Při působení magnetického pole pak pozorujeme změnu spektrálních čar, respektive jejich rozštěpení. Toto se nazývá Zeemanův jev. Změna potenciální energie elektronu v magnetickém poli je dána vztahem

$$\Delta E = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = \frac{e\vec{v}r}{2}\vec{B} = \frac{e}{2m_e}\vec{l}\vec{B},$$

označíme-li směr magnetického pole $\vec{B}$ jako osu z, pak platí $l_z = m_l \cdot \hbar$ a tedy můžeme psát

$$\Delta E = \frac{e\hbar}{2m_e}m_l\vec{B} = \mu_B m_l \vec{B} \tag{1}$$

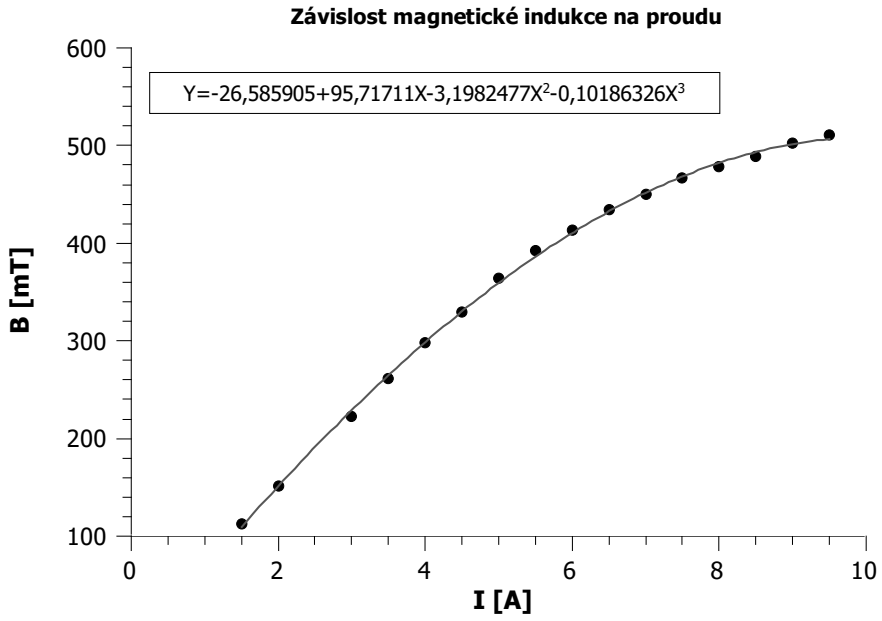
kde konstanta $\mu_B = \frac{q\hbar}{2m_e}$ je nazývána Bohrův Magneton. Magnetický moment částic je obvykle udáván v těchto jednotkách.
Ne všechny přechody mezi hladinami probíhají, protože kvůli zákonu zachování momentu hybnosti jsou povoleny jen přechody při nichž je změna spinu $\Delta S = 0$, změna hlavního kvantového čísla je $\Delta L = 0$ (lineární polarizace π) nebo $\Delta L = \pm 1$ (kruhová polarizace $\sigma^{\pm}$) a změna $\Delta J = 0; \pm 1$.

5 Manuální měření Bohrova magnetonu

K experimentu byl použit Fabry-Pérotův etalon, protože rozštěpení energetických hladin je příliš malé pro běžné hranoly – Zeemanův jev způsobený bežnými elektromagnety není dostatečně výrazný. Sestava aparatury se sestává z kadmiové výbojky, dvou čoček, které slouží k zesílení intenzity záření, polarizačního filtru, který propuští jen σ^+ a σ^- části spektra, barevného filtru propouštějícího pouze úzký pás frekvencí okolo $643,7\,\mathrm{nm}$ a mikroskop se stupnicí umožňující pozorování pouhým okem.

5.1 Měření indukce magnetického pole v závislosti na proudu

Pomocí Hallovy sondy jsme měřili intenzitu magnetického pole v místě kadmiové výbojky v závislosti na proudu protékajícího cívkami elektromagnetu. Výsledná data jsme proložili regresní křivkou třetího řádu.



5.2 Měření velikostí interferenčních kroužků bez magnetického pole

Pomocí stupnice v mikroskopu lze měřit vzdálenosti mezi interferenčními kroužky. Kvadráty těchto hodnot jsme nanesli do grafu a proložili regeresní přímkou, abychom zjistili směrnici této přímky, kterou použijeme později ve výpočtech. (Označme ji Δ.)

5.3 Měření velikostí vnitřních interferenčních kroužků v magnetickém poli

Měřili jsme velikost vnějších interferenčních kroužků a postupně jsme zvětšovali proud procházející cívkami, čímž se zvětšovala i magnetická indukce pole.

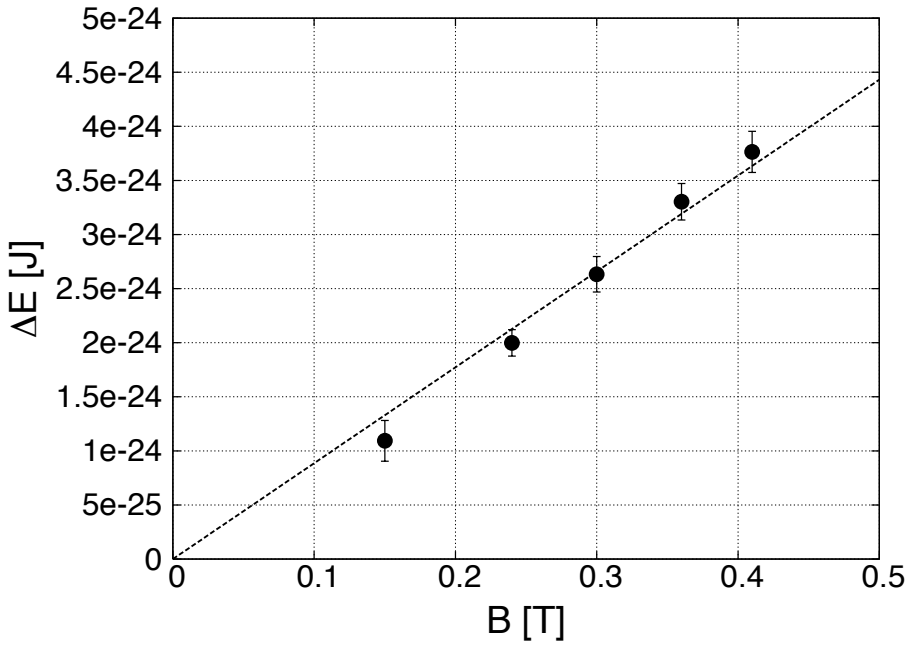
5.4 Výpočet Bohrova magnetonu pomocí naměřených hodnot

Rozdíl frekvencí emitovaného světla z rozštěpených hladin se dá spočítat pomocí následující rovnice: $\Delta\nu = \frac{c}{2dn} \cdot \frac{\delta}{\Delta}$, kde d je tloušťka a n index lomu Fabry-Pérotova Etalonu a $\delta = r^2 - R^2$, kde r je poloměr vnějšího kroužku se zapnutým magnetickým polem a R je poloměr stejného kroužku bez zapnutého magnetického pole. Potom rozdíl frekvence převedeme na rozdíl energie pomocí vztahu $\Delta E = \Delta\nu \cdot \hbar$. Tyto výsledky vyneseme do grafu v závislosti na indukci, neboť známe velikost proudu, který procházel cívkami i regresní vztah získaný v prvním měření. Koeficient u regresní přímky odpovídá Bohrovu magnetonu, protože platí vztah (1).

6 Digitální měření Bohrova magnetonu

Princip měření byl stejný jako u měření pomocí mikroskopu, pouze místo mikroskopu byla použita CCD kamera a výsledky byly zaznamenávány a zpracovávany pomocí PC v

programu VideoCom Intensities. Veškeré výpočty byly prováděny stejně jako v manuálním měření.



7 Shrnutí

Měření ukázaly, že mezi rozdílem potenciální energie a magnetickou indukcí je přímá úměrnost a koeficientem úměrnosti je Bohrův magneton. Tabulková hodnota Bohrova magnetonu je $9,27 \cdot 10^{-24}\,\mathrm{JT}^{-1}$. Námi naměřená hodnota je v prvním případě $9,9 \cdot 10^{-24}\,\mathrm{JT}^{-1}$, v druhém případě $(8,86 \pm 0,46) \cdot 10^{-24}\,\mathrm{JT}^{-1}$. První měření bylo pouze orientační, zatímco druhé měření je v rámci statistické chyby konzistentní s tabulkovou hodnotou.

Poděkování

Děkujeme supervisorovi našeho projektu Ing. Davidu Tlustému, Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za možnost účastnit se tohoto projektu i všem ostatním organizátorům TV @ FJFI ČVUT.

Reference

[1] HAKEN, H. WOLF, H. C., The Physics of Atoms and quanta, Berlin: Springer. 1984.

[2] http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/atomstructcon.html

[3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Bohrův_magneton

Základní experimenty s lasery

O. Hladík[1], V. Žitka[2], R. Homolka[3], J. Kadlčík[4]
Gymnázium Vysoké Mýto[1], Gymnázium Jeseník[2], Gymnázium Botičská[3], SPŠ Třebíč[4]
hlad.on@centrum.cz[1], ladiczitka@gmail.com[2],
radimhomolka@seznam.cz[3], kadlcik.jan@seznam.cz[4]

Abstrakt:

V naší práci jsme se seznámili s principem laseru a věnovali jsme se sestrojení řady zajímavých experimentů. Vyzkoušeli jsme si např. Michelsnův interferometr nebo Galileův a Keplerův dalekohled. Pozorovali jsme difrakci světla a experimentálně zjistili divergenci laserového svazku.

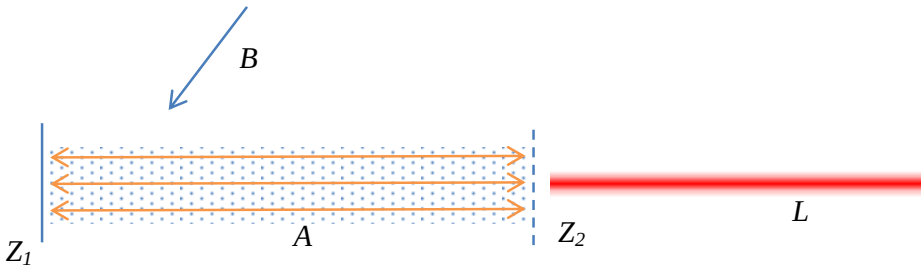
1 Úvod

V naší práci jsme se zabývali především principem laseru, jeho vlastnostmi a využitím. Po teoretické přípravě jsme se s vervou vrhli na experimenty a měření. Mimo jiné jsme realizovali Michelsonův pokus, vyzkoušeli jsme si složitost měření ohniskové vzdálenosti čoček, zkusili jsme si změřit divergenci laserového paprsku a další experimenty s lasery. Ne vždy bylo měření jednoduché, ale drobné nezdary nás neodradily od dalších experimentů.

Co je to LASER?

Zkratka LASER znamená Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. [1] Laser je přístroj, který se skládá ze tří hlavních částí: buzení laseru, rezonátor a chlazení. Princip laserové činnosti je popsán na Obr. 1.

Ke vzniku laserového záření dochází mezi dvěma zrcadly v aktivním prostředí mezi nimi. Prostředím může být velké spektrum látek, od některých plynů (CO_2, He-Ne) až po krystaly (rubín, Nd:YAG) a polovodiče.



Obr. 1: *Princip laserové činnosti*
Z_1 – nepropustné zrcadlo, Z_2 – polopropustné zrcadlo, A – aktivní prostředí, B – buzení, L – laserový svazek

Energie budícího zdroje (*B*) je absorbována aktivním prostředím, kde dojde k inverzi populace hladin, a při průchodu fotonů následně dojde ke stimulované emisi. Vyzařované fotony letící kolmo na zrcadla se odrazí podle zákonu odrazu zpět. Některé z nich se odrazí mimo aktivní prostředí. Ty, které dopadnou kolmo na zrcadla, se odrazí a svým průletem prostředím generují další fotony. Následuje řetězová reakce, vzniká velké množství fotonů a laser začíná pracovat. Počet fotonů mezi zrcadly narůstá. Přesáhne-li energie laseru určitou mez, budou ztráty energie menší než množství energie akumulované v záření – tomuto momentu se říká práh generace, v tuto chvíli už dochází ke generaci laserového záření.

Laserové záření je monochromatické, tj. spektrum je úzké okolo dominantní vlnové délky, a je koherentní (je schopno interferovat). Mezi jeho další vlastnosti patří schopnost svítit s malou divergencí (rozbíhavostí) na velké vzdálenosti a nese velkou energii. Laser může fungovat buď v kontinuálním, kvazikontinuálním nebo v pulzním režimu. Opakovací frekvence laseru může být od nanosekund až po femtosekundy.

Laser má široké pole využití od průmyslového svařování a řezání přes chirurgické zákroky až po velice přesná měření pohybující se v řádech nanometrů.

2 Experimenty

Měření ohniskové vzdálenosti čoček

K tomuto pokusu jsme využili laseru, čoček, stínítka a metru. Laser jsme zaměřili skrz spojky na stínítko a tím jsme pak pohybovali ve směru paprsku, dokud jsme nenalezli místo, kde byl paprsek nejostřejší. Toto místo jsme určili jako ohnisko. Poté stačilo změřit jeho vzdálenost od čočky. Podobným způsobem jsme zjistili i polohu ohniska rozptylek. [2]

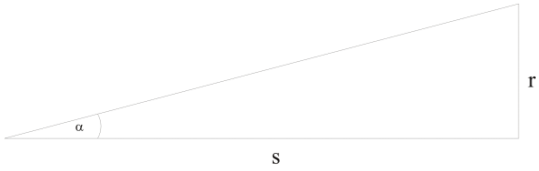
Zjistili jsme, že vzdálenosti ohniska uvedené na držácích čoček nesouhlasí s naměřenými hodnotami. Tato odchylka mohla vzniknout při určování ohniska, protože záření laseru bylo příliš intenzivní a my jsme nebyli schopni přesně rozhodnout, kde je paprsek nejostřejší.

S okalibrovanými čočkami jsme začali sestavovat optické soustavy. Sestavili jsme mimo jiné i Galileův a Keplerův dalekohled.

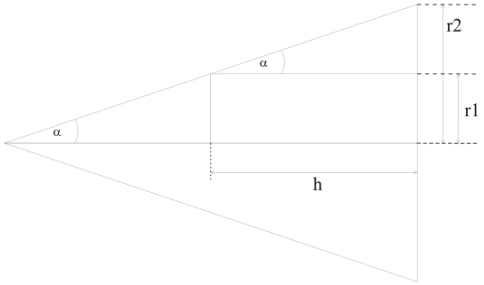
Měření divergence laserového svazku

Laser má oproti jiným zdrojům světla malou rozbíhavost. Každý laser může mít jiný divergenční úhel.

Zjišťovali jsme rozbíhavost He-Ne laseru s vlnovou délkou $\lambda = 543$ nm. Vyzkoušeli jsme dvě metody měření – trojúhelníkovou a lichoběžníkovou – popsané na obrázcích 2 a 3.



Trojúhelníková metoda
α – divergenční úhel, s – vzdálenost laseru od stínítka, r – poloměr svazku na stínítku



Lichoběžníková metoda
α – divergenční úhel, h – vzdálenost dvou stínítek, r_1 – poloměr na prvním stínítku, r_2 – poloměr na druhém stínítku

Trojúhelníková metoda

$r = 0{,}95\ cm$
$s = 2150\ cm$
$\tan\alpha = \frac{r}{s}$

$\alpha = 1' 31''$

Lichoběžníková metoda

$r_2 = 2{,}5\ cm$
$r_1 = 1{,}55\ cm$
$h = 2150\ cm$
$\Delta r = r_2 - r_1$
$\tan\alpha = \frac{\Delta r}{h}$
$\alpha = 1' 31''$

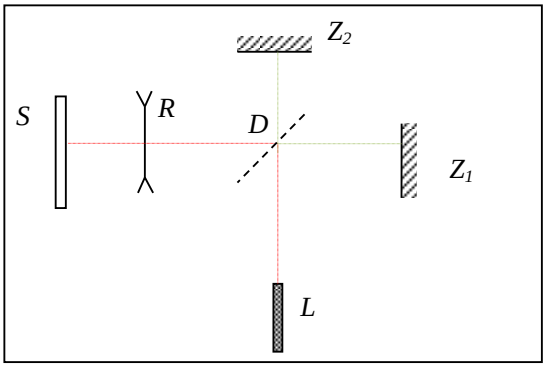
Zkusili jsme měřit na větší i menší vzdálenosti, v prvním případě byly výsledky lépe měřitelné, ovšem okraje byly méně zřetelné.

Obě měření na delší vzdálenost, jedno počítané pomocí trojúhelníkové a druhé pomocí lichoběžníkové metody, nám vyšla stejně. Čímž jsme ověřili výsledky našeho experimentu. Trojúhelníkovou metodu jsme použili i na menší vzdálenosti. Kvůli nepřesnostem v měření se nám ale výsledek odchýlil.

Michelsonův interferometr

Svazek z laseru (*L*) se na děliči svazku (*D*) rozdělí na dva svazky, které se odrazí zpět od zrcadel (Z_1 a Z_2). Vzdálenost zrcadel Z_1 a Z_2 a děliče svazku je stejná. Oba svazky se poté při průchodu děličem svazku D opět složí do jednoho svazku. Na stínítku (*S*) můžeme pozorovat interferenční obrazec. Aby byl lépe viditelný, svazek prochází rozptylkou (*R*), která zvětší výsledný obraz na stínítku.[3]

Na obraze na stínítku byly sice patrné interferenční obrazce, ovšem nemohli jsme změřit vzdálenost jednotlivých maxim kvůli otřesům v laboratoři.

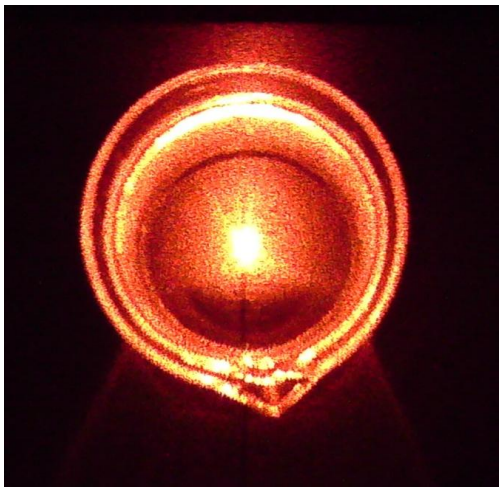


Obr. 2: *Schéma Michelsonova interferometru*

Lom světla

Zkoumali jsme lom světla na rozhraní voda-vzduch. Připravili jsme si laser, zaměřili paprsek na stůl a vyznačili místo dopadu paprsku. Na stůl jsme pak položili podložku se stupnicí a na ní postavili kádinku tak, aby paprsek po ohybu dopadl na stupnici (nejlépe doprostřed).

Při použití odlišných barev laserů (zelená, oranžová, červená) dopadal paprsek na různá místa. Odchylky však byly příliš malé (kvůli malému indexu lomu vody), než abychom mohli udělat přesná měření. Ověřili jsme tak Snellův zákon lomu a zjistili, že světlo o každé vlnové délce (barvě) má jiný úhel lomu.



Obr. 3*: Lom světla*

Vedení světla ve vodě

Zajímalo nás, zda může proud vody fungovat jako optické vlákno. Do plastové lahve jsme blízko dna provrtali otvor a zalepili izolepou. Lahev jsme naplnili vodou, laser namířili tak, aby paprsek dopadal skrz lahev na otvor, a pod otvor jsme připravili nádobu na vodu.

Po odstranění izolepy voda začala vytékat a proud vody vedl světlo až do nádoby, ve které pak voda zářila zeleným světlem (při použití laseru se zeleným paprskem).

Obr. 4*: Vedení světla ve vodě*

Difrakce

Vyzkoušeli jsme si difrakci světla při průchodu difrakční mřížkou a při odrazu od CD a DVD. Viděli jsme různé difrakční obrazce. Vzdálenost jednotlivých maxim byla ovlivněna hustotou vrypů na dané mřížce.

3 Shrnutí

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s principem laserů a vyzkoušet si práci s lasery. Provedli jsme experimenty s čočkami, lomem světla, divergencí laserových svazků, difrakcí a sestavili jsme Michelsonův interferometr. Výsledky našich experimentů jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách.

Poděkování

Na závěr bychom rádi poděkovali FJFI ČVUT za umožnění experimentů v jejích laboratořích. Dále děkujeme Ing. Šárce Vondrové za cenné rady a trpělivost při provádění experimentů a Jiřímu Slabému za pomoc při sepisování příspěvku.

Reference:

[1] ŠTOLL, I.: *Fyzika po gymnázia, Fyzika mikrosvěta*, Prometheus 2006.

[2] *Měření ohniskové vzdálenosti tenkých čoček* [cit. 2011-06-21]. Dostupný z WWW:<http://eso.vscht.cz/cache_data/1395/www.vscht.cz/ufmt/cs/pomucky/uhrovah/skripta/Uloha%207b.pdf>.

[3] *Fyzikální praktika na FJFI ČVUT* [online]. 2010 [cit. 2011-06-21]. Michelsonův interferometr. Dostupné z WWW: <http://praktika.fjfi.cvut.cz/IntOhybSv/node8.html>.

Měření rychlosti světla

Lukáš Černý[1], Ondřej Vicenec[2], Tomáš Malínský[3], Filip Horák[4]

[1]Gymnázium Turnov, lukascerny00@gmail.com
[2]Gymnázium Šumperk, ondrasek.vic@seznam.cz
[3]Gymnázium E. Krásnohorské Praha, t.malinsky@mujmail.cz
[4]Gymnázium Opava, horaksro@seznam.cz

Abstrakt:

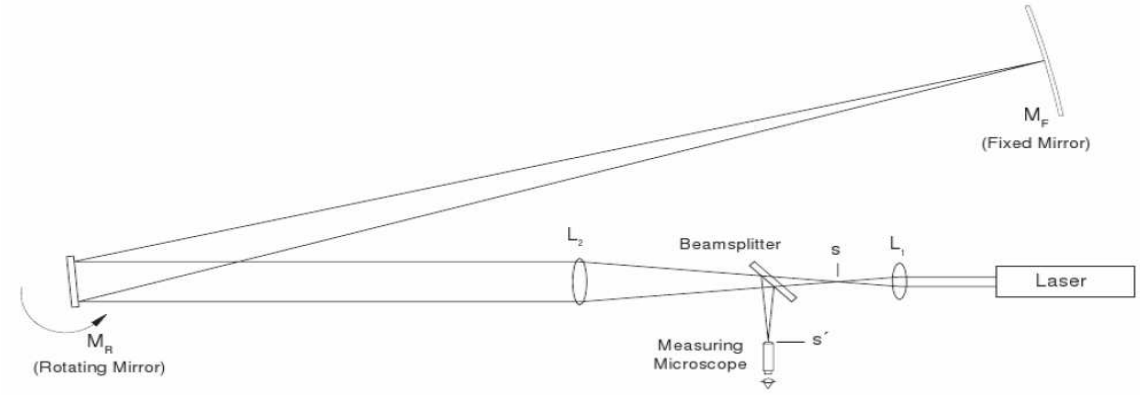
Rychlost světla je jednou ze základních fyzikálních konstant. Je o to zajímavější, že ji nedosáhne žádné hmotné těleso. Zatím tuto bariéru překonal jen foton a teoreticky i „tachyon“. Tuto hodnotu jsme se snažili změřit tzv.. Foucaultovou metodou.

1 Úvod

Rychlost světla byla dlouho neznámou. Lidé si mysleli že je nekonečná a nezměřitelná. Poprvé se o její změření pokusil na počátku 17. stol. Galileo Galilei. Dokázal sice že rychlost světla má určitou měřitelnou hodnotu, ale nebyl schopen ji přesně změřit. Galileova metoda byla založena na prostém změření doby za kterou světlo urazí dráhu mezi dvěma kopci. Tento pokus selhal z důvodu příliš nepřesného měření. Přesnější měření provedl roku 1849 Francouz Hippolyte Fizeau, pomocí otáčejícího se ozubeného kola. Tento způsob přinesl celkem přesný výsledek $3{,}15 \cdot 10^8$. Jeho metodu poté zdokonalil Jean Foucault.

Naše aparatura se inspirovala experimenty výše zmíněného Foucaulta. Jeho metoda (obr. 1) spočívá v tom, že paprsek vypuštěný z laseru se nevrátí po stejné dráze, kvůli pootočení zrcátka M_r. Metoda je založena na skutečnosti, že paprsek projde až k rotujícímu zrcátku, od něhož se odrazí směrem k 1pevnému zrcadlu. Než se paprsek odrazí od pevného zrcadla zpět k rotačnímu zrcátku, pootočí se rotující zrcátko o určitý úhel. V závislosti na frekvenci rotace zrcátka můžeme sledovat posun odraženého svazku světla mikroskopem. Pokud známe vzdálenosti jednotlivých částí měřící soustavy, můžeme pomocí základních geometrických vztahů určit rychlost světla.

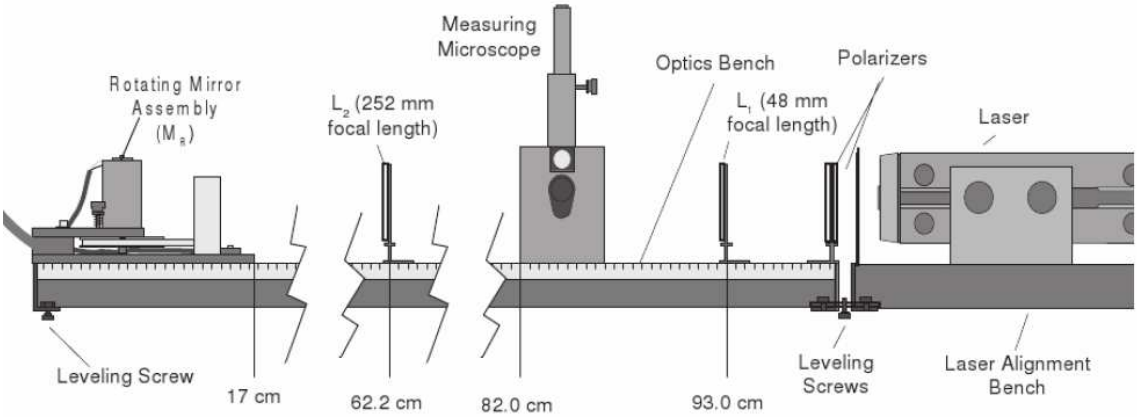
V době laserů a elektromagnetického vlnění je velikost této veličiny zásadní v mnoha oborech. Na této konstantě je postaveno mnoho dalších veličin.



Obr. 1

2 Pokus

K našemu měření jsme použili helium-neonový laser, čočky o ohniskových vzdálenostech 48mm a 252mm, polarizátor, mikroskop s polopropustným zrcátkem, zaměřovače svazků, vysokorychlostní rotační zrcátko, pevné zrcadlo a optickou lavici.



Obr. 2: Umístění komponentů

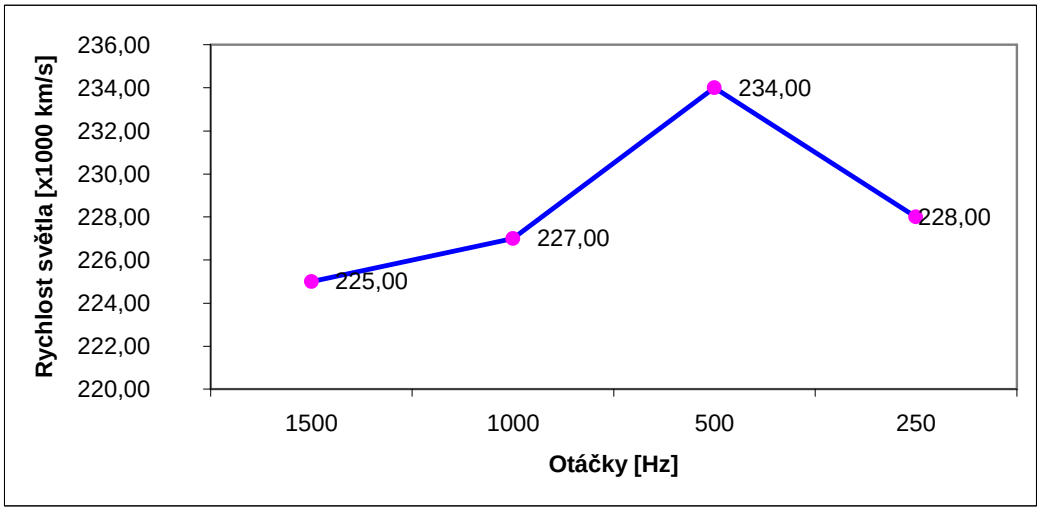
Po sestavení aparatury jsme nastavili laser tak, aby svazek mířil do středu rotačního zrcátka. Do vzdálenosti 5,75 m od soustavy jsme umístili pevné zrcadlo tak, aby na něj dopadal svazek a opět se od něj odrazil do rotační zrcátka. Mikroskop byl nastaven tak, aby svazek odražený zpět k laseru bylo vidět na polopropustném zrcátku.
Při našem měření jsme vycházeli ze vztahů:

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

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

kde CW (clockwise) a CCW (counterclockwise) značí opačné směry rotace zrcátka. Změřili jsme vzdálenosti A (vzdálenost čoček L1 a L2 zmenšená o ohniskovou vzdálenost L_1), B (vzdálenost čočky L_2 od rotačního zrcátka) a D (vzdálenost mezi rotačním a pevným 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}.



*Graf 1: Graf závislosti naměřených hodnot **c** na otáčkách*

Podle výše uvedených rovnic jsme určili rychlost světla na 228 500 $km \cdot s^{-1}$ s chybou průměru $3{,}9 \cdot 10^{3}$, čímž jsme se od reálné hodnoty 299 792 $km \cdot s^{-1}$ odchýlili o 23,78 %.

3 Shrnutí

Podařilo se nám i přes nepřesnost měřící techniky dosáhnout relativně přesného výsledku (s odchylkou ~ 24%). Zásadní nevýhodou naší metody měření je složité nastavování He-Ne laseru, který je téměř nemožné zacílit přesně. Ukázalo se, že pro úspěšnou realizaci pokusu je nutné, aby pevné zrcadlo bylo od rotačního vzdáleno alespoň 5m. Dále se ukázalo, že při sledování paprsku mikroskopem je dobré paprsek odražený od pevného zrcadla střídavě zakrývat, což pomáhá při jeho identifikaci.

Poděkování

Chtěli bychom touto cestou poděkovat FJFI ČVUT za poskytnutí zázemí a vybavení, ale především našemu superviziorovi Ing. Jaroslavu Adamovi za odborné konzultace a pomoc při měření.

Reference:

[1] JAKOUBEK T.: *Měření rychlosti světla,* http://fyzport.fjfi.cvut.cz/FundKonst/RychlostSvetla/mans/TJ_speed_of_light.pdf[cit.:21. 6. 2011]

[2] KAIZR V.: *Měření rychlosti šíření světla,* Aldebaran Bulletin http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004 s1.html [cit.:21. 6. 2011]

Balmerova série vodíku

A. Mrkvička – Gymnázium Děčín, Komenského nám. 4
Z. Venerová – Gymnázium Křenová 36, Brno
J. Slížek – Gymnázium Děčín

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo seznámení se základy kvantové mechaniky, především spektra vodíku. Dále jsme spočítali vlnové délky spektrálních čar vodíku, díky nimž jsme mohli vypočítat hodnotu Rydbergovy konstanty a ověřit, jestli se shoduje s tabulkovými hodnotami.

1 Úvod

Atom vodíku se skládá z jednoho protonu a jednoho elektronu, který má před spojením s protonem nulovou potenciální energii. Po spojení získává zápornou potenciální energii E_m

$$E_m = -\frac{Rhc}{m^2} \quad (1)$$

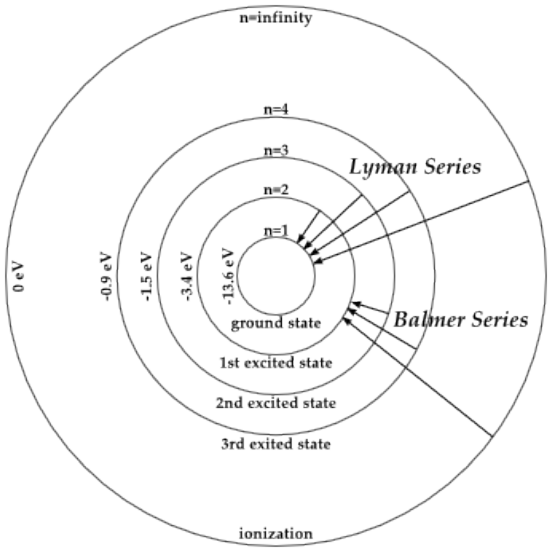
kde *R* je Rydbergova konstanta a *h* je Planckova konstanta. Řešením Schrödingerovy rovnice dostaneme pro základní stav E_1 hodnotu -13.6 eV, pro R hodnotu 10973731.8 m^{-1}. Pokud dodáme elektronu energii, excituje (přechází na vyšší hladinu E_n), ale má tendenci deexcitovat (přecházet na nižší hladinu), přičemž uvolňuje energii

$$hf = E_n - E_m \quad (2)$$

ve formě fotonu.

Podle toho, na jakou hladinu excitovaný elektron přechází, rozlišujeme spektrální čáry (vzniklé právě deexcitací) na série. Sérii s m=2 nazýváme Balmerovou sérií (byla objevena jako první díky tomu, že obsahuje 4 spektrální čáry nazvané H_α, H_β, H_γ a H_δ ve viditelném spektru).

Obr. 1



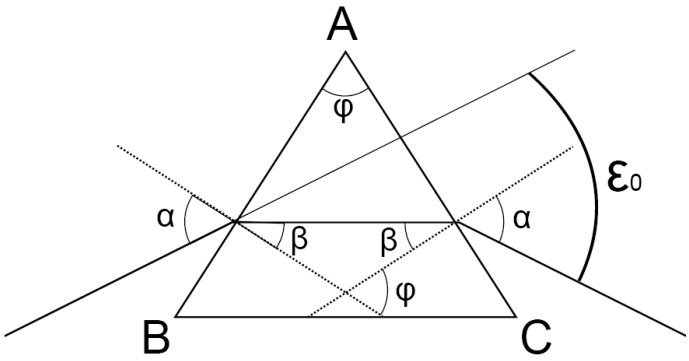
2 Měření

Pro úkol byl potřeba přesný goniometr-spektrometr, který jsme pečlivě najustovali, poté jsme nastavili skleněný hranol na jeho stolek. Nejprve jsme museli změřit disperzní úhel hranolu za pomocí úhlů d_1 a d_2**.** To jsme udělali tak, že jsme si na stolek (mezi dalekohled a kolimátor) dali hranol, lámavou stěnou vůči kolimátoru. Poté jsme hledali nitkový kříž, kterým jsme překryli kříž v dalekohledu. To jsme opakovali čtyřikrát na každé straně. Z něj jsme vzorcem (3) určili úhel lomu hranolu – φ, s jehož pomocí jsme podle vzorce odvozeném z goniometrických vztahů v trojúhelníku (Obr. 2) počítali relativní index lomu hranolu – n (4), v závislosti na úhlu disperze spektrální čáry.

Obr. 2

$$\varphi = \frac{|d_1 - d_2|}{2} \qquad (3)$$

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_0 + \varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)} \qquad (4)$$



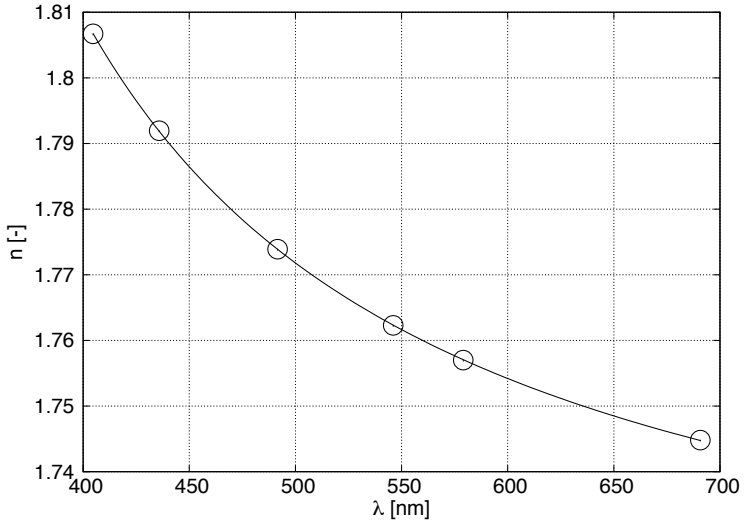
Pro disperzní závislost hranolu se používají různé empirické vzorce. My jsme použili vztah označený jako Hartmann I. :

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda - c} \qquad (5)$$

kterým jsme metodou nejmenších čtverců nafitovali v programu gnuplot výsledky měření indexu lomu spektrálních čar rtuti.

Obr. 3

Na obr. 3 můžete vidět graf závislosti indexu lomu na vlnové délce spektrálních čar.



Stejným způsobem jsme postupovali i v případě vodíku (s tím rozdílem, že jsme ze znalostí disperzního vztahu počítali vlnové délky čar H_α, H_β, H_γ a H_δ) . Záření dodávala výbojka (navenek svítící růžovou barvou). Mohli jsme pozorovat pouze 3 spektrální čáry, protože čtvrtá leží na hranici viditelnosti. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1

Spektrální čára vodíku	Získané hodnoty	Tabulkové hodnoty
Červená	656,4697	656,2785
Azurová	485,5089	486,1327
Fialová	433,8638	434,0466

Vlnová délka spektrálních čar [nm]

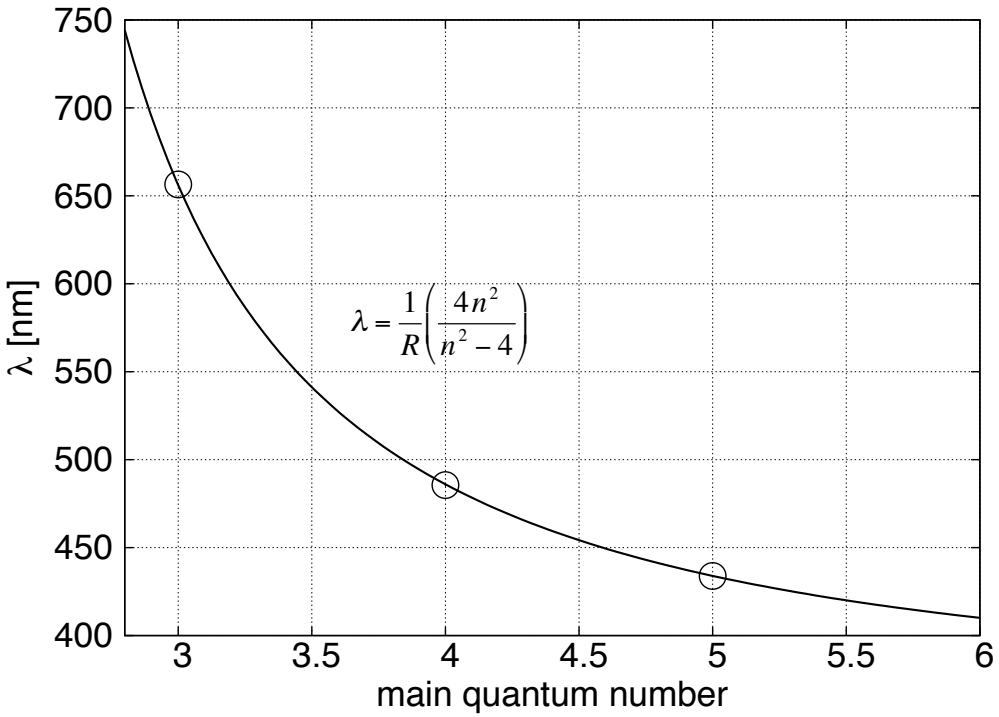
Po spočtení vlnových délek (viz. tabulka) jsme pokračovali ve fitování funkcí

$$\lambda = \frac{1}{R}\left(\frac{4n^2}{n^2-4}\right) \qquad (6)$$

čímž jsme vypočítali hodnotu Rydbergovy konstanty 10 974 200 ± 5188 m^{-1}.

V grafu (Obr. 4) jsme znázornili závislost vlnové délky na hlavním kvantovém čísle hladiny, ze které elektron přechází na druhou hladinu:

Obr. 4



3 Shrnutí

Naučili jsme se pracovat se spektrometrem-goniometrem. Námi vypočítaná hodnota Rydbergovy konstanty je konzistentní s tabulkovou hodnotou (odchyluje se od ní o 469 m^{-1}).

Poděkování

Děkujeme především našemu supervizorovi Davidu Tlustému za časté konzultace a FJFI za pořádání Fyzikálního týdne a poskytnutí materiálu.

Reference:

[1] KF: Návod ke goniometru: Přesný goniometr-spektrometr S Go 1.1
URL: http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Hardware/Goniometr/goniometr.pdf - verze z 14.2.2011

[2] Internetový portál Hyperphysics
URL: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html

[3] KF: Zadání pro Fyzikální praktikum II - Balmerova série;
URL: http://praktika.fjfi.cvut.cz/Balmer/Balmer.pdf - verze z 14.2. 2011

[4] URL: http://optics.arizona.edu/palmer/cgi-bin/index/dispeqns.pdf

Studium ultrazvukových vln

D. Gottvaldová
denisa.gottvaldova@gmail.com
Gymnázium Vyškov

T. Kurimaiová
kurimaiova@msn.com
Gymnázium Christiana Dopplera, Praha 5

T. Pojezná
terkapojezna@seznam.cz
Gymnázium Vyškov

Abstrakt

Zvuk je mechanické vlnění, které se šíří v látkovém prostředí pomocí vazebných sil, působících mezi částicemi (atomy, molekulami). Ve vakuu se tedy nešíří.

Ultrazvuk je definován jako vlnění s frekvencí vyšší než 20 kHz. Lidské ucho už ho není schopno zachytit a vnímají ho jen někteří živočichové, například delfíni, netopýři a psi.

Rychlost zvuku

Rychlost šíření tohoto vlnění nazýváme rychlost zvuku a značíme v_z. Rychlost zvuku ve vzduchu závisí na atmosférických podmínkách, především na teplotě *T* a můžeme ji dopočíst ze vztahu

$$v_z = 331{,}3\sqrt{1 + T/273{,}15} \qquad (1)$$

Měření rychlosti zvuku

Cílem tohoto úkolu bylo změřit rychlost ultrazvuku ve vzduchu. Ke splnění úkolu jsme použili tyto pomůcky: osciloskop, přijímač, vysílač, zesilovač a generátor. Přijímač a vysílač jsme postavili naproti sobě a s pomocí osciloskopu jsme zjistili dobu t, za kterou urazil zvuk vzdálenost s mezi vysílačem a přijímačem. Provedli jsme několik měření, při kterých jsme měnili vzdálenost vysílače od přijímače. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.1. Předpokládaná závislost dráhy na čase je vyjádřena vzorcem

$$s = v_z \cdot t$$

Tabulka č.1: Závislost dráhy s na čase t při měření rychlosti zvuku.

s [m]	$t \cdot 10^{-3}$[s]	s [m]	$t \cdot 10^{-3}$[s]
0,050	0,215	0,300	0,964
0,075	0,282	0,325	1,000
0,100	0,381	0,350	1,110
0,125	0,448	0,375	1,150
0,150	0,524	0,400	1,280
0,175	0,600	0,450	1,420
0,200	0,670	0,500	1,560
0,225	0,723	0,550	1,710
0,250	0,824	0,600	1,850
0,275	0,862	0,650	2,000

My jsme ale neurčovali rychlost přímo z tohoto vzorce, místo toho jsme vynesli naměřené body do grafu č. 1 a nafitovali je lineární funkcí

$$s = v_z t + b$$

kde b představuje zpoždění aparatury. Toto zpoždění je způsobeno konstrukcí experimentu a v grafu se projeví tak, že body nesměřují do počátku souřadnic. Tento postup nám umožní získat mnohem přesnější hodnotu rychlosti v_z než bychom získali prostým aritmetickým průměrem hodnot rychlostí dopočtených z jednotlivých měření. Fitování jsme provedli v programu gnuplot, který nám poskytl hodnotu

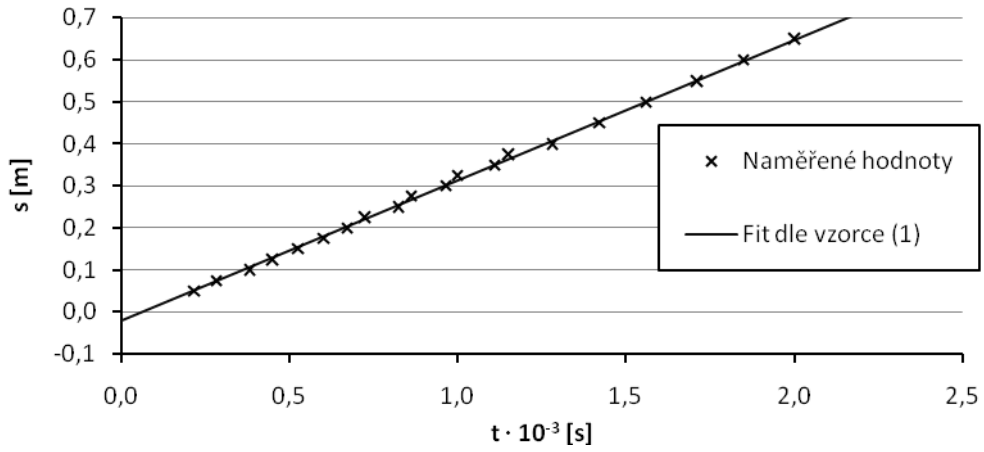
$$v_z = 336 \pm 2\, m \cdot s^{-1}$$

Teplota v místnosti byla $T = 25{,}5$ °C. Dosazením do vzorce (1) dostáváme

$$v_z = 346{,}42\, m \cdot s^{-1}.$$

Porovnáním s naměřenou rychlostí vidíme, že tyto hodnoty se liší. To je zřejmě způsobeno jinou vlhkostí a tlakem vzduchu, něž pro kterou je platný vzorec (1).

Graf č.1: Závislost dráhy s na čase t při měření rychlosti zvuku.



Chyby měření

Při měření nějaké fyzikální veličiny se můžeme dopustit chyb v měření. Rozlišujeme chyby hrubé, systematické a náhodné.

Hrubých chyb se můžeme dopustit špatným zapsáním údaje, použitím špatného znaménka nebo špatnou či chybnou funkcí přístroje. Těchto chyb se musíme vyvarovat.

Systematické chyby jsou způsobeny například zpožděním stopek, volbou nesprávné stupnice přístroje. Tyto chyby můžeme rozpoznat a opravit.

V případě, kdy se nemění veličina, přístroj a pozorovatel pracují stále stejně, se jednotlivá měření od sebe liší. Tyto chyby jsou přirozenou součástí měření a nelze je odstranit.

Pro další výpočty je pro nás důležitý vzorec pro výpočet chyb nepřímého měření

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 (\Delta x_1)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 (\Delta x_2)^2 + \cdots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 (\Delta x_n)^2} \qquad (2)$$

Dopplerův jev

Dopplerův jev popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného signálu oproti vysílanému signálu, která je způsobena nenulovou vzájemnou rychlostí vysílače a přijímače. Jev byl poprvé popsán Christianem Dopplerem v roce 1842 v monografii *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels*.

Jestliže se vysílač a přijímač pohybují ve směru šíření, platí následující vztahy:

- Vysílač se pohybuje k přijímači, který je v klidu:

$$f = \frac{v_z}{v_z - v} f_0 \quad (3)$$

- Vysílač se pohybuje od přijímače, který je v klidu:

$$f = \frac{v_z}{v_z + v} f_0$$

- Přijímač se pohybuje od vysílače, který je v klidu:

$$f = \frac{v_z - v}{v_z} f_0$$

- Přijímač se pohybuje k vysílači, který je v klidu:

$$f = \frac{v_z + v}{v_z} f_0$$

V těchto vztazích je f pozorovaná frekvence, f_0 frekvence vysílače, v_z rychlost zvuku, v vzájemná rychlost přijímače a vysílače.

Ověření platnosti

Pro ověření platnosti jsme použili případ, kdy se vysílač, umístěný na vozítku, pohybuje směrem k přijímači. Uvažuje se tedy vztah (3). Naměřené hodnoty jsou v tabulce č.2.

Z tabulky č. 2 jsme dopočetli následující hodnoty:

$f_0 = 40{,}77 \pm 0{,}06\ kHz.$

$f = 40{,}84 \pm 0{,}05\ kHz.$

$t = 2{,}0 \pm 0{,}1\ kHz.$

Rychlost v vozítka jsme měřili podle vztahu: $v = \frac{s}{t}$, kde je pevně daná dráha s vozítka 1 m.
Chyba dráhy s se rovná chybě měřidla, polovině velikosti nejmenšího dílku, Δs = 0,0005 m.
Rychlost v_z jsme vzali z minulého měření, $v_z = 336 \pm 2\ m \cdot s^{-1}$. Chybu rychlosti vozítka jsme spočítali pomocí vzorce (4).

Tabulka č.2: Měření veličin při ověřování Dopplerova jevu.

f_0 [kHz]	f [kHz]	t [s]
40,7	40,8	1,95
40,8	40,9	1,99
40,8	40,9	1,93
40,8	40,9	1,89
40,8	40,9	2,02
40,8	40,9	1,95
40,8	40,8	1,99
40,8	40,8	1,95
40,9	40,9	2,06
40,8	40,8	2,09
40,7	40,8	1,99
40,7	40,8	2,02
40,7	40,8	2,02
40,7	40,8	1,99
40,7	40,8	2,34

$$\Delta v = \left(\frac{\partial \frac{s}{t}}{\partial s}\right)^2 (\Delta s)^2 + \left(\frac{\partial \frac{s}{t}}{\partial t}\right)^2 (\Delta t)^2 \tag{4}$$

a po úpravě:

$$\Delta v = \frac{(\Delta s)^2}{t^2} + s^2 t^{-4} (\Delta t)^2$$

Dosazením dostáváme:

$$v = 0{,}5000 \pm 0{,}0006\ m \cdot s^{-1}.$$

Abychom ověřili platnost Dopplerova jevu, spočítali jsme pozorovanou frekvenci a porovnali ji s frekvencí naměřenou. Frekvenci f jsme spočítali podle vztahu (3). Chybu jsme spočítali podle vztahu:

$$\Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial\left(\frac{v_z}{v_z - v} \cdot f_0\right)}{\partial v_z}\right)^2 (\Delta v_z)^2 + \left(\frac{\partial\left(\frac{v_z}{v_z - v} \cdot f_0\right)}{\partial v}\right)^2 (\Delta v)^2 + \left(\frac{\partial\left(\frac{v_z}{v_z - v} \cdot f_0\right)}{\partial f_0}\right)^2 (\Delta f_0)}$$

a po úpravě:

$$\Delta f = \frac{v^2}{(v_z - v)^4}(\Delta v_z)^2 + {v_z}^2 {f_0}^2 (v_z - v)^{-4}(\Delta v)^2 + \frac{{v_z}^2}{(v_z - v)^2}(\Delta f_0)^2$$

$$f = 40{,}83 \pm 0{,}06\ kHz.$$

Naměřená frekvence s chybou odpovídá frekvenci vypočtené, čímž jsme potvrdili platnost Dopplerova jevu.

Shrnutí

Pro ověření Dopplerova jevu je důležité uvažovat při každém měření i chybu tohoto měření. Kdybychom chybu neuvažovali, musely by se hodnoty frekvencí zcela shodovat, zatímco intervaly dané chybami mají nenulový průnik a tedy můžeme považovat jev za prokázaný.

Měření rychlosti zvuku naproti tomu ukázalo, že je nutné data zpracovávat i vynesením do grafu a nafitovat přepokládanou závislostí s jistými přidanými parametry viz. přítomnost koeficientu b v úloze 1.

Celkově jsme zjistili, že ultrazvuk se chová stejně jako slyšitelný zvuk. Naučili jsme se zacházet s osciloskopem, gnuplotem a statisticky zpracovávat data.

Poděkování

Autoři děkují Bc. Filipu Mohylovi za spolupráci a pomoc při projektu, za zasvěcení do problematiky a celému organizačnímu týmu FJFI ČVUT v Praze.

Reference

1) www.wikipedia.cz
2) http://praktika.fjfi.cvut.cz/Sonar
3) http://praktika.fjfi.cvut.cz/ProvPokyny/chybynav/CHYBY1n.pdf

Termodynamické zákony v praxi

F. Falta – Gymnázium Trutnov, Jiráskovo náměstí 325
M. Šuněvičová – Gymnázium Chomutov, Mostecká 3000
B. Bezděková – Gymnázium Vyškov, Komenského nám. 16
J. Záškodný - SPŠ Frýdek- Místek, 28. října
K. Jiroušková – GSG Přípotoční 1337, Praha 10
fffrantik@seznam.cz, masaanek@seznam.cz, baja@etranslator.biz,
j.zaskodny@seznam.cz, KataJirouskova@atlas.cz

Abstrakt:

V tomto experimentu jsme ověřovali termodynamické zákony a proměřovali parametry tepelných strojů, zjistili jsme jejich teoretickou i reálnou účinnost. Peltierův tepelný stroj má velmi podobnou účinnost jako Carnotův tepelný stroj.

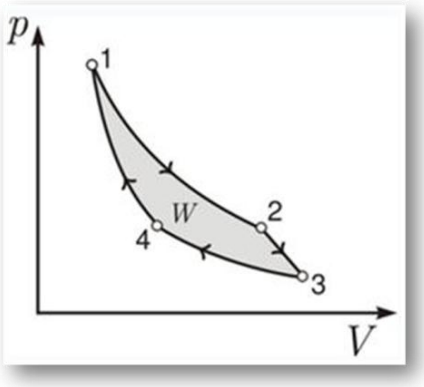
1 Úvod

Termodynamika se zabývá tepelnými ději, zakládá se na principu 4 termodynamických zákonů, ale pro nás byl nejdůležitější 1. a 2. První termodynamický zákon je zákonem o zachování energie, tudíž energie nemůže vznikat ani zanikat, pouze se přeměňovat (transformovat). Podle Tomphsnovy a Ostwaldovy formulace druhý termodynamický zákon říká, že nelze sestrojit perpetuum mobile druhého řádu, podle Clausiusovy formulace říká, že teplo nemůže samovolně přecházet z tělesa chladnějšího na teplejší. Na těchto zákonech je založena většina strojů kolem nás (například: tepelný stroj, parní stroj, spalovací motor,…).

Naším úkolem bylo demonstrovat práci tepelného stroje a určit jeho účinnost.

2.1 Práce tepelného stroje

Tepelný stroj využívá pro práci změnu objemu plynu při změně teploty. Těchto rozdílů se docílí přemisťováním nádoby s plynem ze studené (T_c) do teplé (T_h) lázně, které mají stálou teplotu 0°C a 100°C. Práce tepelného stroje se zaznamenává v pV diagramu. Ideálním příkladem tohoto diagramu je Carnotův cyklus, kterého nelze dosáhnout, protože uvažuje ideální prostředí.



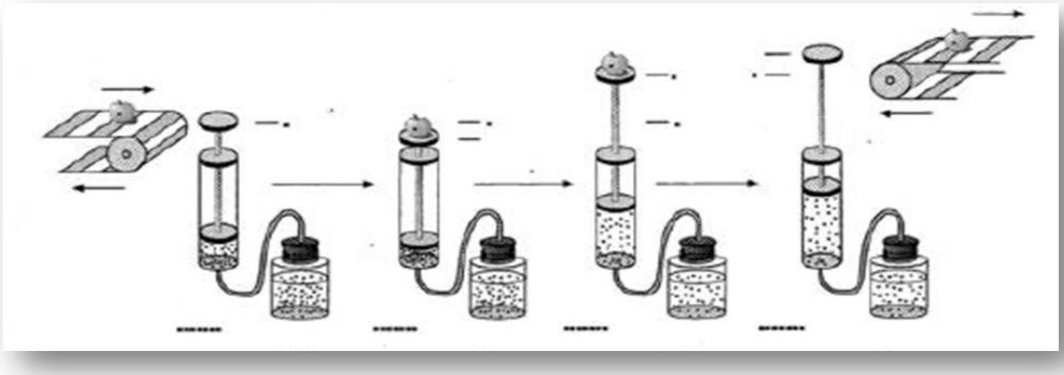
obrázek č. 1 - Carnotův cyklus

adiabata – křivka děje, při kterém nedochází k tepelné výměně
mezi body 2-3
4-1

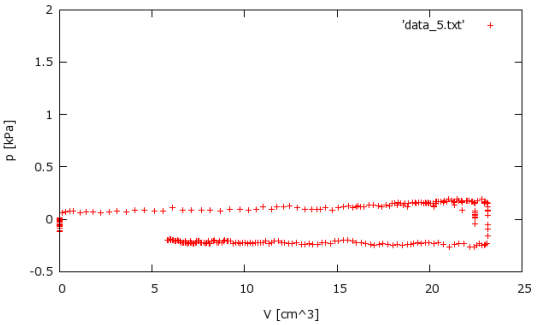
izoterma – křivka děje, při kterém se nemění teplota
mezi body 1-2
3-4

Měření

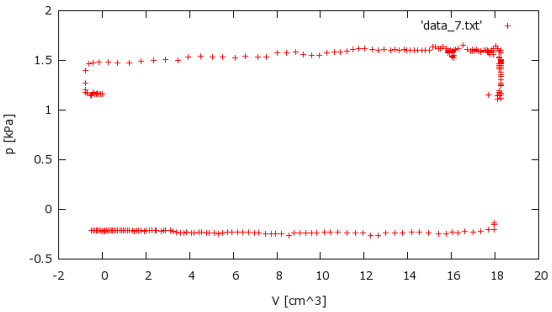
- Položením závaží na píst se v soustavě zvýšil tlak, použili jsme závaží 20-200g.
- Zahřáním plynu se zvětšil objem a soustava začala konat práci.
- Po dosažení maximálního objemu jsme odejmuli závaží z pístu a tím se tlak dostal do původního stavu.
- Pro dosažení původního stavu soustavy jsme nádobu s plynem ochladili.



Výsledky



obrázek č. 2
pV diagram - bez závaží



obrázek č. 3
pV diagram – 100 g závaží

Diskuze

Nejvíce nás překvapilo, že soustava konala práci, i když jsme na píst nepoložili závaží. Což bylo způsobeno tím, že píst nebyl dokonale vyvážen a docházelo ke tření se stěnami válce.

2.2 Peltierův aparát

obrázek č. 4 – Peltierův aparát

Peltierův aparát vykonává práci na základě jevu, který objevil Jean Charles Athanase Peltier. Při tomto jevu se vytváří napětí na přechodu dvou různých polovodičů, které mají zároveň různé teploty. Jednu stranu ochlazujeme pomocí studené lázně a druhou zahříváme zdrojem napětí. Na teplé straně se vytváří elektron-díra páry snadněji, proto vzniká přebytek elektronů, které putují na chladnou stranu. Tím vzniká elektrický proud.

Měření

- Celé měření bylo cíleno na zjištění účinnosti aparátu. $\varepsilon = \frac{W}{Q_h} = \frac{P_w}{P_h}$

  ε je účinnost, W je práce aparátu, Q_h teplo odebrané z ohřívače, P_w je výkon aparátu, P_h je výkon ohřívače.

- V první části jsme neuvažovali vnitřní odpor aparátu, proto jsme prováděli opakovaná měření, v nichž jsme měřili napětí na Peltierově článku.

  $$R_s = \left(\frac{U_s - U_w}{U_w}\right) R_w$$

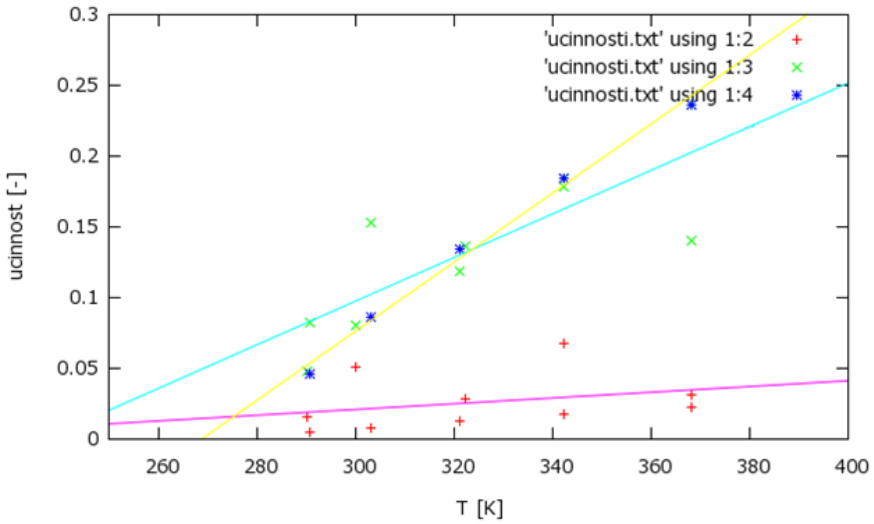
  R_s je vnitřní odpor aparátu, U_s je napětí na Peltierově článku, U_w je napětí na zátěžovém odporu, R_w je zátěžový odpor.
- Abychom dosáhli co nejpřesnější hodnoty účinnosti, provedli jsme dvojí korekci - eliminovali jsme ztrátu práce na vnitřním odporu, poté jsme zohlednili přímou výměnu tepla mezi ohřívačem a chladičem.

  $$\varepsilon' = \frac{U_w^2}{R_w} \times \frac{1 + R_s/R_w}{P_h - P_h'}$$

  ε' je korigovaná účinnost
- Zjištěnou účinnost jsme porovnali s ideální účinností. $\varepsilon_t = 1 - \frac{T_c}{T_h}$

  ε_t je teoretická účinnost, T_c je teplota chladiče, T_h je teplota ohřívače.

Výsledky



popis grafu: + = nezkorigovaná účinnost
× = zkorigovaná účinnost
✱ = teoretická účinnost

Diskuze

Při tomto měření došlo k největším chybám, protože jsme museli udržovat teplotu chladiče stálým doplňováním ledu a korigovat dodávaný proud do ohřívače, abychom dosáhli správné teploty, což trvalo dlouho a ne vždy se to podařilo.

3 Závěr

Zjistili jsme, že rozpínající se plyn je schopen konat práci při dostatečném dodání energie. Došli jsme k závěru, že při daných teplotách je účinnost Peltierova aparátu relativně vysoká. V některých případech se blížila účinnosti Carnotova cyklu.

Poděkování

Naše poděkování patří supervizorovi Tomáši Markoviči, který nám poskytl důležité informace a pomohl nám v těžkých situacích. Dále děkujeme všem organizátorům Týdnu vědy na Jaderce za umožnění provedení těchto pokusů.

Reference:

[1] http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=581 [online 21.6.2011]

[2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Termodynamika [online 21.6.2011]

[3] http://praktika.fjfi.cvut.cz/TepelnyStroj [online 21.6.2011]

[4] http://fyzika.fjfi.cvut.cz/Peltier/Peltier.pdf [online 21.6.2011]

Teorie náhodných matic aneb tak trochu jiná statistika

B. Vlková[1], M.Berg[2], B. Martínek[3], O. Švec[4], M. Neumann[5]

Gymnázium Uničov[1], Gymnázium Václava Hraběte Hořovice[2], Mendelovo gymnázium Opava[3], Gymnázium Uherské hradiště[4,5]

baja01@seznam.cz[1], m.berg@centrum.cz[2], breta21@seznam.cz[3], ondrej.svec@seznam.cz[4], michaelneumann@centrum.cz[5]

Abstrakt

V tomto příspěvku se zabýváme vlastními čísly náhodných matic. Nejpve definujeme základní pojmy z oblasti matic, jako například vlastní číslo matice a její hermiticita. Dále se zaměříme na Gaussovo rozdělení. Poté zavedeme náhodné matice a budeme diskutovat jejich vlastnosti. Teoretické poznatky dále ověříme numericky v prostředí MATLAB.

1 Úvod

Tento příspěvek je úvodem do teorie náhodných matic. Budeme se zabývat vlastními čísly matic, Gaussovým rozdělením, Hermitovskou maticí, analýzou a aplikací matic v dopravě, v chování plynů a v modelování radioaktivního rozpadu. Zmíníme se o typech (GOE, GUE, ...) a parametrech, které ovlivňují rozdělení vlastních čísel. Neopomeneme ani program MATLAB, který umožňuje uživatelsky snadnou manipulaci s maticemi.

2 Matice

Matice je obdélníková či čtvercová tabulka čísel nebo nějakých matematických objektů, která umožňuje např. jednodušší řešení soustav lineárních rovnic.

2.1 Vlastní čísla matic

Nechť $\mathbf{A} = (a_{ij})$ je matice řádu n, kde $a_{ij} \in \mathbb{C}$. Číslo $\lambda \in \mathbb{C}$ se nazývá vlastní nebo charakteristické číslo matice A, jestliže existuje nenulový vektor $\vec{x} \in \mathbb{C}^n$ tak, že $\mathbf{A}\vec{x} = \lambda\vec{x}$. Vektor $\vec{x}$ se nazývá vlastní nebo charakteristický vektor příslušný k λ.

Příklad:
Hledání vlastních čísel matice

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}$$

vede na řešení soustavy s parametrem λ

$$\begin{aligned}(1-\lambda)x_1 + 3x_2 &= 0\\ 4x_1 + (3-\lambda)x_2 &= 0,\end{aligned}$$

přičemž λ hledáme takovou, aby x_1 a x_2 zároveň nebyly obě nulové. λ, pro kterou to platí je vlastní číslo matice.

2.2 Hermitovská matice

Komplexní čtvercová matice A se nazývá hermitovská, platí-li $\mathbf{A}^H = \mathbf{A}$, kde $\mathbf{A}^H$ je hermitovsky sdružená matice, která je definována $\mathbf{A}^H = (\mathbf{A}^T)^*$, kde $\mathbf{A}^T$ je transponovaná matice, pro kterou platí, že $(a_{ij})^T = (a_{ji})$ a $\mathbf{A}^*$ je komplexně sdružená matice.

Příklady:

- Transponovaná matice

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A}^T = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 7 \\ 3 & 4 & 8 \\ 5 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

- Komplexně sdružená matice

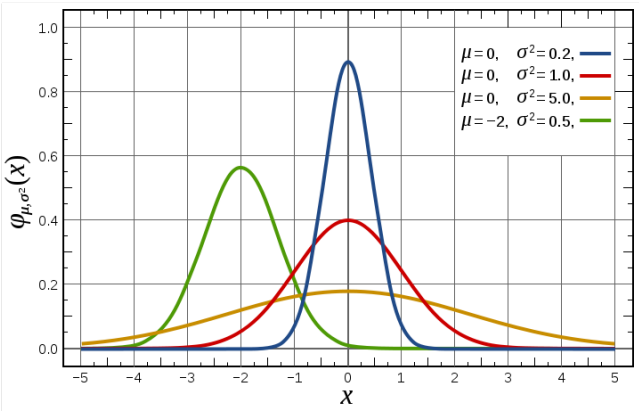
$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 3i & 5 \\ 2 & 4 & 6+i \\ 7 & 8i & 9 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A}^* = \begin{pmatrix} 1 & -3i & 5 \\ 2 & 4 & 6-i \\ 7 & -8i & 9 \end{pmatrix}$$

- Hermitovská matice

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 3 & 4-3i & 5i & 1 \\ 4+3i & 1 & 6+2i & 1-i \\ -5i & 6-2i & 0 & 9 \\ 1 & 1+i & 9 & 7 \end{pmatrix}$$

3 Gaussovo rozdělení

Gaussovo (nebo normální) rozdělení pravděpodobnosti je jedno z nejdůležitějších rozdělení pravděpodobnosti spojité náhodné veličiny. Hustota pravděpodobnosti tohoto rozdělení je pro různé parametry μ (střední hodnota) a σ^2 (rozptyl) zobrazena na obrázku 1.



Obrázek 1: Hustota pravděpodobnosti Gaussova rozdělení pro různé parametry

4 Náhodné matice

Náhodné matice jsou podmnožinou množiny matic, jejichž prvky jsou náhodná čísla. Tato čísla mohou být z libovolného rozdělení, v praxi se však nejčastěji vyskytují matice s normálním (Gaussovým) rozdělením.
Typy náhodných matic:

- **GOE** (Gaussovské ortogonální matice) Jedná se o množinu čtvercových reálných symetrických matic, jejichž prvky jsou statisticky nezávislé gaussovsky rozdělené náhodné veličiny.
- **GUE** (Gaussovské unitární matice) Jedná se o množinu matic s komplexními čísly. Jsou to hermitovské matice, kde pro reálnou část platí stejné podmínky jako u GOE, imaginární část u prvků na hlavní diagonále musí být nulová. Imaginární části ostatních prvků jsou náhodná čísla z normálního rozdělení.
- **BRME** (Pásové náhodné matice) Jedná se o množinu reálných a komplexních matic, které mají v pravém horním a levém dolním rohu "nulový trojúhelník", jehož velikost je popsána parametrem b (tzv. položířka pásu).
  Příklad pásové matice řádu 4 s $b = 2$:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 5 & 0 \\ 0 & 6 & 7 & 8 \\ 0 & 0 & 9 & 1 \end{pmatrix}$$

5 Rozdělení vlastních čísel náhodných matic

Girkův zákon říká, že vlastní čísla náhodné matice jsou rovnoměrně rozmístěna v jednotkovém kruhu. Dále přejděme k hermitovským maticím. Jejich vlastní čísla jsou reálná a popsána Wignerovým zákonem, tj. hustotou pravděpodobnosti

$$f(\lambda) = \frac{1}{2\pi n}\sqrt{4n - \lambda^2},\ |\lambda| \leq 2\sqrt{n},$$

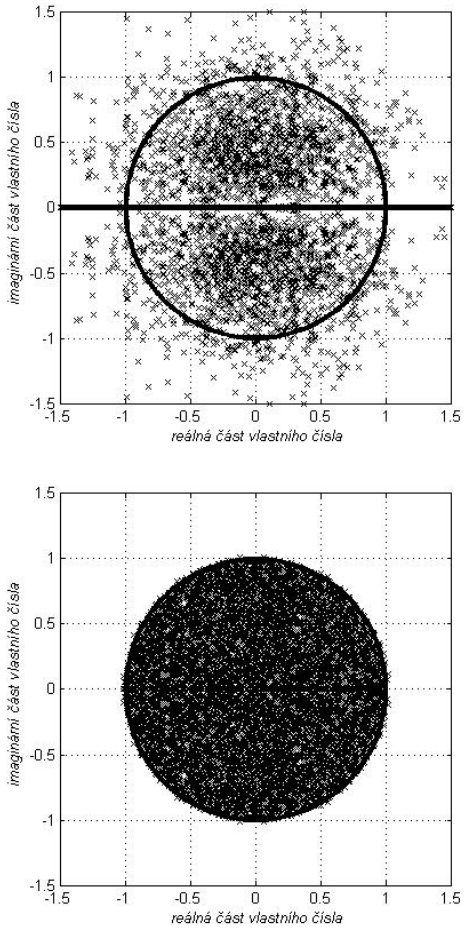
kde n je rozměr matice. Pokud pro náhodnou matici zjistíme vlastní čísla, která seřadíme podle velikosti a spočteme jejich rozdíly, získáme množinu čísel, která má určité rozdělení, popsané hustotou pravděpodobnosti (Izrailevův vzorec)

$$f(r) \approx A\left(\frac{\pi r}{2}\right)^{\beta} \mathrm{e}^{-\frac{\beta\pi^2}{16}r^2-\left(B-\frac{\beta\pi}{4}\right)r},\ r \geq 0,$$

kde β je 1 pro GOE, 2 pro GUE a pro pásové matice $\beta \in \langle 0; 1\rangle$ a A a B jsou parametry zajišťující, že vzorec je hustota pravděpodobnosti a střední hodnota vzdálenosti je 1.

6 Výsledky experimentů

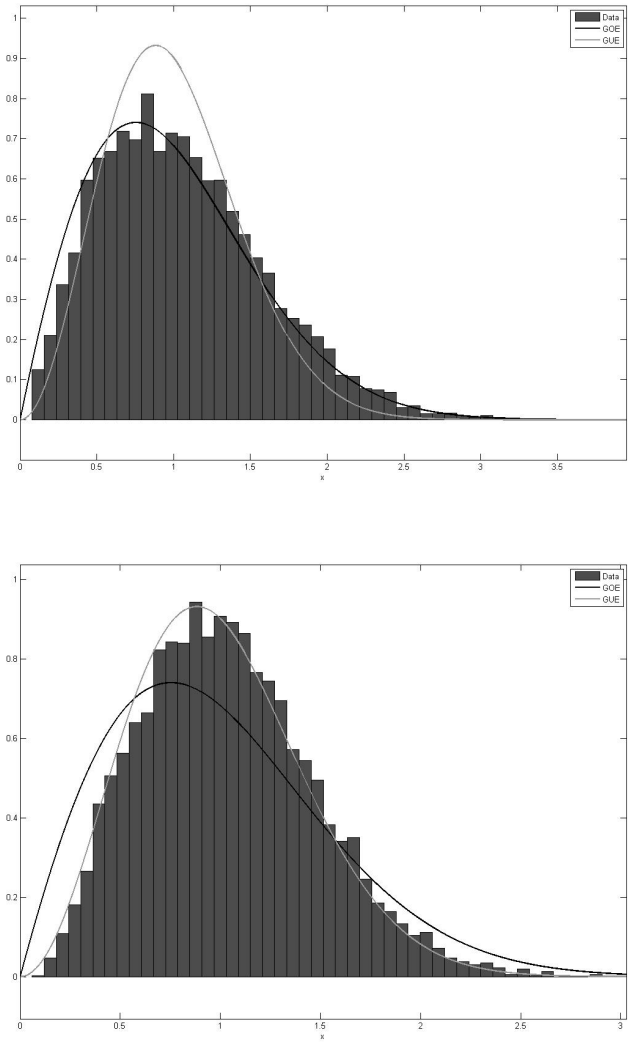
Zabývali jsme se zkoumáním rozdělení vlastních čísel náhodných matic na zadaných parametrech (střední hodnota prvků, rozptyl prvků, rozměr matice, počet vygenerovaných matic, případně položířka pásu) a jejich vlivem na graf závislosti. Počet matic byl volen tak, aby celkový počet vlastních čísel byl vždy 10 000, např. matic řádu 2 bylo vygenerováno 5 000. Experimenty byly prováděné v programu MATLAB



Obrázek 2: Test Girkova zákona pro matice řádu 2 (nahoře) a 1000 (dole)

Obrázek 2 ilustruje rozdělení hodnot vlastních čísel v komplexní rovině pro různé rozměry

náhodné matice . Je patrné, že s rostoucím rozměrem matice se vlastní čísla soustřeďují do jednotkové kružnice. Navíc je dobře patrný pokles počtu reálných vlastních čísel.



Obrázek 3: Test Izrailevova zákona pro matice GOE(nahoře) a GUE(dole)

Experimentálně jsme ověřili platnost Izrailevova zákonu, který popisuje pravděpodobnostní rozložení rozdílů vlastních čísel náhodných matic. Výsledky jsou na obrázku 3.

7 Shrnutí

Příspěvek sloužil jako úvod do teorie matic a matematické statistiky. Obě tyto oblasti byly spojeny v teorii náhodných matic. Také posloužil k seznámení s prostředím MATLAB. Veškeré předkládané teoretické poznatky byly úspěšně numericky ověřeny ve zmíněném prostředí.

Poděkování

Autoři děkují především supervizorovi Bc. Martinovi Veselému za vedení našeho projektu ke zdárnému konci. Dále chtějí vyjádřit své díky Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT.

Reference

[1] VESELÝ M.: *Úvod do teorie náhodných matic(bakalářská práce)*, vedoucí práce: Mgr. Milan Krbálek Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Praha, (2010)

[2] *Gaussovo rozdělní*
http://cs.wikipedia.org/wiki/Gaussovo_rozdělení

[3] *Vlastní čísla*
http://cs.wikipedia.org/wiki/Vlastní_číslo

[4] *Vlastní čísla a vlastní vektory matic*
http://www.studopory.vsb.cz/studijnimaterialy/MatematikaI/13_MI_KAP%202_6.pdf

[5] *Náhodné matice*
http://cs.wikipedia.org/wiki/Náhodné_matice

Modelování materiálů s tvarovou pamětí

Martin Mach*, Martin Malý**, Vojtěch Malý***, Jana Novotná****

*Gymnázium, Jírovcova 8, Č. Budějovice; **Gymnázium Českolipská, Praha 9; ***Gymnázium Jeseník; ****Gymnázium Brno, třída Kpt. Jaroše

**martin.maly@desineo.com

Abstrakt:

Materiály s tvarovou pamětí mají mnoho zcela netradičních vlastností. Toho se využívá v lékařství, vojenské technice a dokonce i v textilním průmyslu (samožehlicí košile). Naším cílem je seznámit se s matematickým modelem založeným na principu minimální potenciální energie a na základě numerických experimentů hlouběji pochopit chování těchto materiálů při deformaci.

1 Úvod

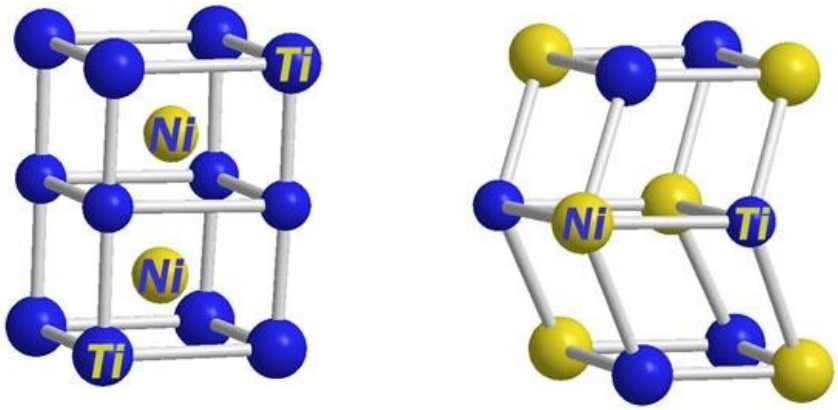
„Budeme potřebovat pouze svěrák a plamenomet!“ S těmito dvěma nástroji si vystačíme při demonstraci fázové přeměny materiálu s tvarovou pamětí. Co vlastně materiály s tvarovou pamětí jsou a jaké mají vlastnosti? V našem příspěvku vás s nimi seznámíme a zaměříme se na jejich matematickou modelaci.

2 Fyzikální podstata tvarové paměti

Materiály s tvarovou pamětí tvoří podskupinu elasto-plastických materiálů. Jedná se nejčastěji o slitiny kovů (Ni, Ti, Pt, Cu, Al…), jež se označují zkratkou SMA (z angl. Shape Memory Alloys), nebo polymery. Jejich jedinečnou vlastností je tvarová paměť. Předmět z takového materiálu můžeme zohýbat a podstatně zdeformovat, ale po zahřátí si „vzpomene“ na svůj původní tvar a samovolně se do něj navrátí.

Tento jev je založen na schopnosti látky přecházet mezi dvěma různými fázemi – austenit a martenzit – které se liší uspořádáním krystalické mřížky. Austenit je vysokoteplotní fáze se symetrickou (kubickou) krystalickou mřížkou, zatímco martenzit je nízkoteplotní fáze s krystalickou mřížkou s nižší symetrií.

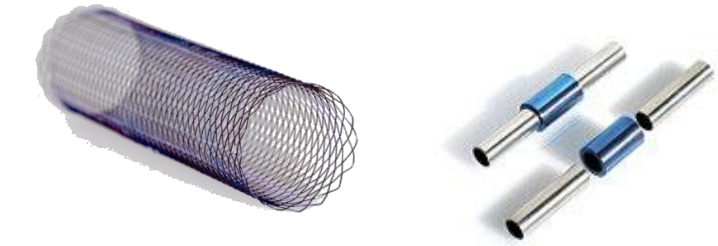
Fázová transformace může probíhat i za konstantní teploty, a to pouze vlivem mechanického napětí, a právě tento případ budeme uvažovat v našem matematickém modelu. Deformace spojená s fázovou transformací přitom může dosahovat až 10 %, přičemž zůstává po odtížení plně vratná. Tento jev nazýváme superelasticita. (Elastické deformace u běžných kovů jsou jen v rozsahu do 0,7 %.)



Krystalická struktura slitiny Ni-Ti: austenit (vlevo), martenzit (vpravo)

3 Využití SMA

Díky svým mimořádným vlastnostem (tvarová paměť, superelasticita,...) našly SMA uplatnění zejména v lékařství a technice. Jako příklad můžeme uvést stenty zabraňující ucpání cév nebo vysoce spolehlivé spojky potrubí. Ty se instalují v martenzitické fázi na těžko přístupná místa (křídla letadel) a po zahřátí se smrští přechodem do austenitické fáze. SMA byly použity i k výrobě košile, která se vlivem tělesné teploty sama „vyžehlí“, většímu komerčnímu využití SMA ale brání vysoká cena.



Vaskulární stent (vlevo) a spojky potrubí (vpravo)

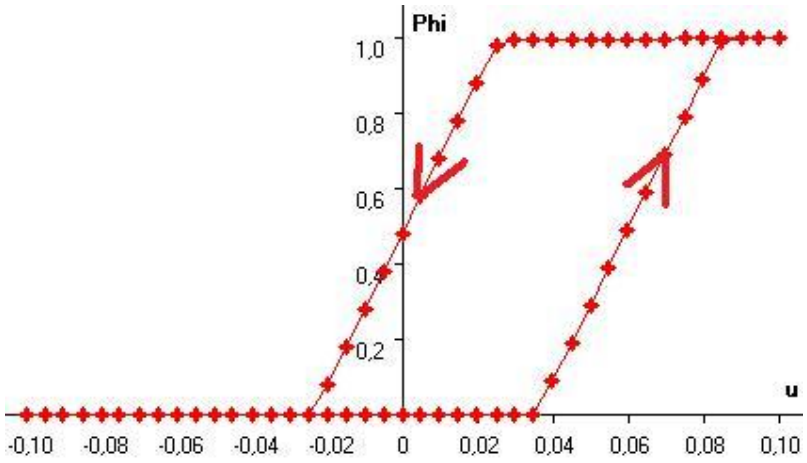
4 Matematické modelování

Matematické modelování slouží k předpovídání a lepšímu pochopení chování materiálů s tvarovou pamětí. Matematické modely jsou založeny na principu minima potenciální energie – při deformaci se soustava ustálí ve stavu s nejnižší možnou hladinou energie. Aby toho docílila, dochází buď k plastické deformaci, nebo ke změně fázového složení (poměr austenitu a martenzitu).

Energie vzorku z materiálu s tvarovou pamětí je přitom popsána nejen elastickou energií, ale také tzv. disipační energií spojenou se změnou objemového zlomku martenzitu. Můžeme si to představit, že materiál klade odpor proti změně fázového složení. Tato skutečnost nám do modelu zavádí závislost na předchozím stavu – tzv. hysterezi.

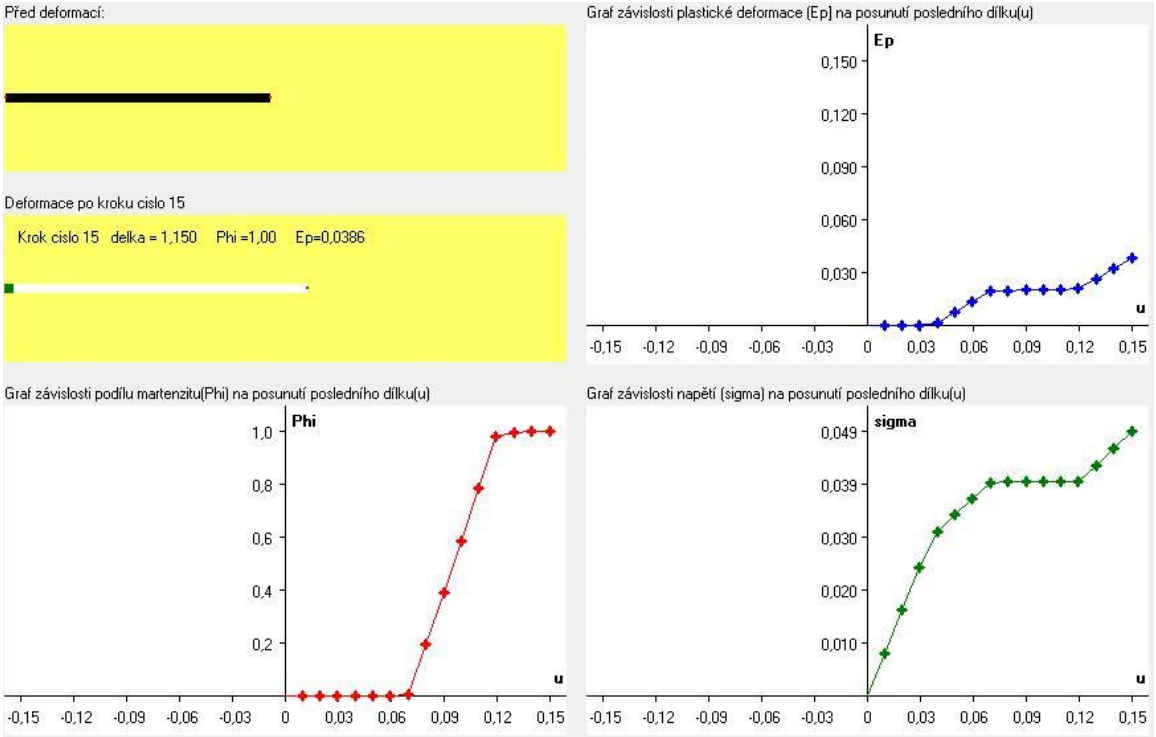
V rámci miniprojektu jsme pracovali s programem, který simuluje chování drátku při deformaci podél jedné ze souřadnicových os. Virtuálně natahujeme drátek o délce 1 metr až do určité maximální okrajové podmínky a sledujeme, jak se mění objemový zlomek, napětí a případně plastická deformace.

Vstupem do modelu jsou přitom určité materiálové koeficienty, které ovlivňují tvar řešení.



Graf závislosti objemového zlomku Phi na posunutí konce drátku u. (Phi = 0 → 100% austenit; Phi = 1 → 100% martenzit)

Na výše uvedeném grafu je dobře vidět hystereze – mezní hodnota posunutí pro přechod z austenitu na martenzit je jiná než při obráceném přechodu.



Výstup z programu, který uvažuje také plastickou deformaci, přičemž se ale uvažuje pouze natahování drátku.

Z grafů je patrné, že se drátek snaží minimalizovat svoji potenciální energii. Nejprve v něm pouze lineárně roste napětí podle Hookova zákona. Při natažení o 0,04 m se začne drátek plasticky deformovat, napětí roste s menším sklonem. Při natažení 0,07 m začne být energeticky výhodnější transformace do fáze martenzitu a napětí ani plastická deformace se během přeměny (u = 0,07 m až 0,12 m) nemění. Poté, co je drátek celý transformován v martenzit, začne se opět plasticky deformovat a napětí roste (ale opět s menším sklonem než při elastické deformaci na počátku).

5 Závěr

Při naší práci jsme se seznámili s materiály s tvarovou pamětí. Díky matematickému modelu jsme zjistili, na čem závisí chování materiálu, a na počítačové simulaci jsme se přesvědčili o vlivu materiálových konstant na tvar řešení.

SMA již našly četné využití a představují perspektivní technologie pro budoucnost.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Bc. Martinu Vlčkovi za seznámení s tématem, konzultace a především za program na matematické modelování. Dále bychom chtěli poděkovat Ing. Hanušovi Seinerovi, Ph.D. z Akademie věd ČR za ukázku chování materiálu s tvarovou pamětí a FJFI ČVUT za organizaci a zázemí.

Reference:

[1] VLČEK, M.: *Bakalářská práce*. FJFI ČVUT Praha, 2009
[2] FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY: *http://department.fzu.cz/ofm/sma/brana_cz/index.php.*, 21.6.2011
[3] KRUŽÍK, M., ROUBÍČEK, T.: *Matematické a počítačové modelování aktivních materiálů,* Vesmír 88, 21, 2009/1

Experimenty s dynamickou stabilizací plazmatu na tokamaku GOLEM

Jan Dobeš (Gymnázium Františka Palackého, Neratovice)[1]
Jakub Kantner (Gymnázium Českolipská, Praha)[2]
Tomáš P. Mirchi (Gymnázium Františka Palackého, Neratovice)[3]
Peter Švihra (Gymnázium Jozefa Lettricha, Martin)[4]
Jakub Veverka (Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora)[5]

[1] honnzad@seznam.cz
[2] jkant@seznam.cz
[3] tpmirchi@gmail.com
[4] psvihra@gmail.com
[5] j.vev@centrum.cz

ABSTRAKT

Termonukleární fúze je založena na slučování jader lehkých prvků na prvky těžší. Při této reakci se uvolní energie, proto se dá považovat za jeden z nejperspektivnějších energetických zdrojů budoucnosti. Nicméně stále existuje mnoho problémů, které je třeba vyřešit. My jsme se v našem miniprojektu zabývali dynamickou stabilizací radiální polohy plazmatu a snažili jsme se dosáhnout co nejdelšího výboje. Z experimentů jsme zjistili, kdy jsou podmínky pro výboj nejideálnější a kdy tedy dosahuje nejvyšší teploty a největší délky pulzu.

Úvod

Termojaderná fúze je proces, při kterém se slučují lehčí jádra atomů, vznikají těžší jádra, při čemž se uvolní velké množství energie. Tokamak je prozatím nejlepší a nejúspěšnější vědecký nástroj, ve kterém lze fúzi uskutečnit. Dá se tady dosáhnout velkých teplot, při kterých mají částice se stejným nábojem dostatečně velkou energii na to, aby překonaly odpudivé elektrostatické síly a sloučily se. Při dosahovaných teplotách látka přejde do čtvrtého skupenství hmoty, takzvaného plazmatu, což je umožněno vhodným prostředím (tokamak) a vhodnými počátečními parametry. V naši práci jsme pracovali na tokamaku GOLEM, kde jsme se věnovali dynamické stabilizaci plazmatu, což je nástroj sloužící k prodloužení doby výboje, a tím přispívá ke zefektivnění fúze.

1 Principy

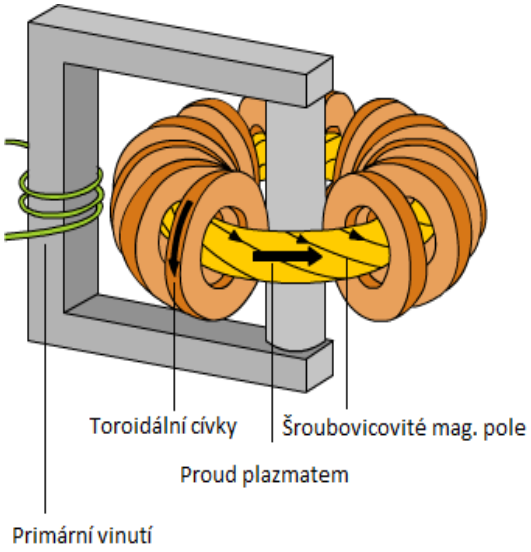
Princip a krátká historie tokamaků

Tokamak, jakožto zařízení, byl poprvé vytvořen v Sovětském svazu na konci 50. let. V tokamaku je plyn ionizován pomocí primárního vinutí cívek transformátoru. Plazma se v něm udržuje pomocí magnetických indukčních čar ve tvaru šroubovice, které jsou tvořeny kombinací toroidálnich cívek, umístěných po obvodu vakuové nádoby, a poloidálním polem, tvořeným proudem v plazmatu (Obr. 1).

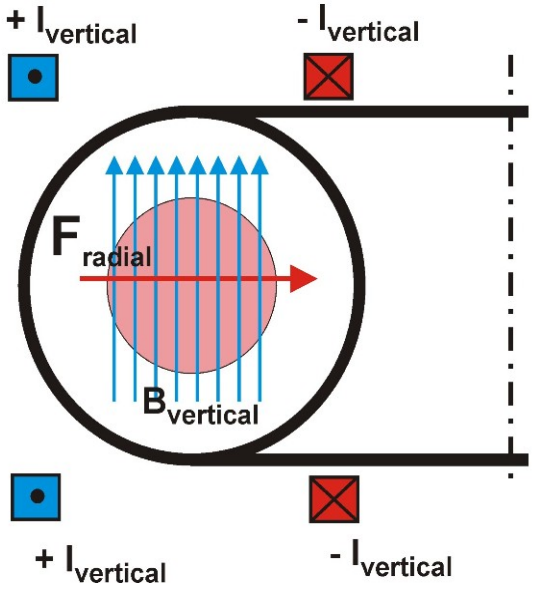
Princip dynamické stabilizace radiální polohy plazmatu

Zmiňované šroubovicové magnetické pole nedokáže úplně udržet plazma. Plazma kvůli Ampérově síle a kinetickému tlaku uniká směrem od středu na stěny komory. Proto se využívají další cívky, které jsou umístěny po obvodu tokamaku a pomáhají zlepšit stabilitu polohy plazmatu v radiálním směru. Tyto cívky vytváří kvadrupolové magnetické pole, které

má vertikální směr a jeho vektorový součinem s vektorem proudu plazmatu vzniká síla F, která zabraňuje úniku plazmatu (Obr. 2).



Obr. 1 Schéma tokamaku



Obr. 2 Schéma stabilizace radiální polohy plazmatu

2 Experiment

V naší práci jsme se pokusili zlepšit udržení plazmatu pomocí stabilizačních cívek umístěných po obvodu tokamaku v toroidálním směru. Při rozličných hodnotách napětí, které pustíme do stabilizačních cívek se mění jejich vliv na stabilitu plazmatu. Taktéž se tento vliv mění při změnách opoždění od začátku toroidálního magnetického pole, kdy se cívky zapínají. Neměli jsme předem žádné výchozí informace, díky kterým bysme zjistili, jaké budou tyto parametry, proto naše práce byla čistě experimentální. Chtěli jsme zjistit, při jakém napětí a zpoždení stabilizačních cívek dosáhneme nejlepší zlepšení předem vybraného výboje bez stabilizace. Vybrali jsme si výboj s určitými parametry, který jsme nejdříve zopakovali (tab. 1 – výchozí výboj). Parametry, které jsme používali při výchozích výbojích stejně, byly napětí na toroidálních cívkach 1400V, napětí v plazmatu 500V, napětí breakdown-u 100V (napětí plazmatu a breakdown-u zpožděný o 3ms) a předionizace byla zapnutá. Při všech pokusech byla komora vypečená (měla minimum nečistot).

Tab. 1 – Parametry výchozích výbojů (získání hodnot stabilizace)

výboj číslo	Ust	Tst	Δt	Ip a (max)	Uloop	Te	Te max
5800	0V	0ms	17ms	4,6 (6,6)kA	10,5V	82,8eV	161,3eV
5803	50V	10ms	15,62ms	4,4 (6,3)kA	10,2V	76,5eV	155,7eV
5808	100V	10ms	16,23ms	4,4 (6,4)kA	10,2V	77,4eV	150,5eV
5814	200V	10ms	16,84ms	4,8 (6,8)kA	9,9V	86,2eV	181,3eV
5816	300V	10ms	8,21ms	3,3 (6,2)kA	10,1V	54,9eV	122,2eV

výchozí výboj
nejlepší stabilizace
nejhorší stabilizace

***Ust** – napětí stabilizačních cívek, **Tst** – zpoždení stabilizačních cívek, **Δt** – délka výboje, **Ip a (max)** – průměrný proud a (maximální), **Uloop** – napětí na závitu, **Te** – teplota, **Te max** – maximální teplota*

Následně jsme se pokusili tento výboj stabilizovat. Když jsme získali potřebné hodnoty

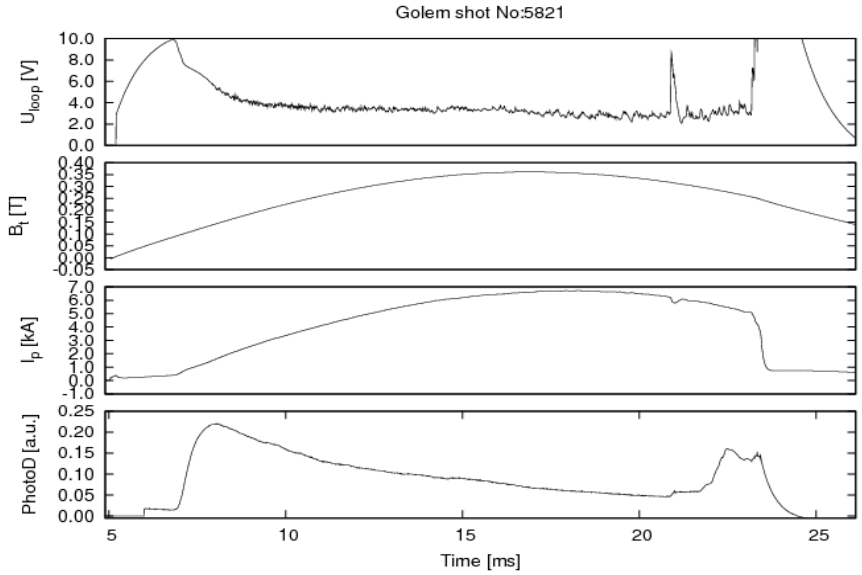
vhodné na stabilizaci (tab. 1), vytvořili jsme výboj bez stabilizace, s lepšími parametry (tab. 2, graf. 1), který jsme později stabilizovali pomocí hodnot získaných z předcházejícího pokusu.

Tab. 2 – Parametry kontrolního výboje bez stabilizace

Číslo výstřelu	U_b	U_{cd}	T_{cd}	P_{H2}
5821	1400V	450V	0ms	20mPa

U_{loop}	$U_{loopmin}$	I_{pmax}	Te_{max}	Δt
10V	2,1V	6,7kA	170eV	17ms

U_b *– napětí na toroidálních cívkách,* ***U_{cd}*** *– napětí v plazmatu,* ***T_{cd}*** *– zpoždení napětí v plazmatu,*
P_{H2} *– tlak vodíku,* ***U_{loop}*** *– napětí na závitu,* ***$U_{loopmin}$*** *– minimální napětí na závitu,* ***I_{max}*** *– maximální proud plazmatem,* ***Te_{max}*** *– maximální teplota,* ***Δt*** *– délka výboje*



Graf 1 – Hodnoty kontrolního výboje

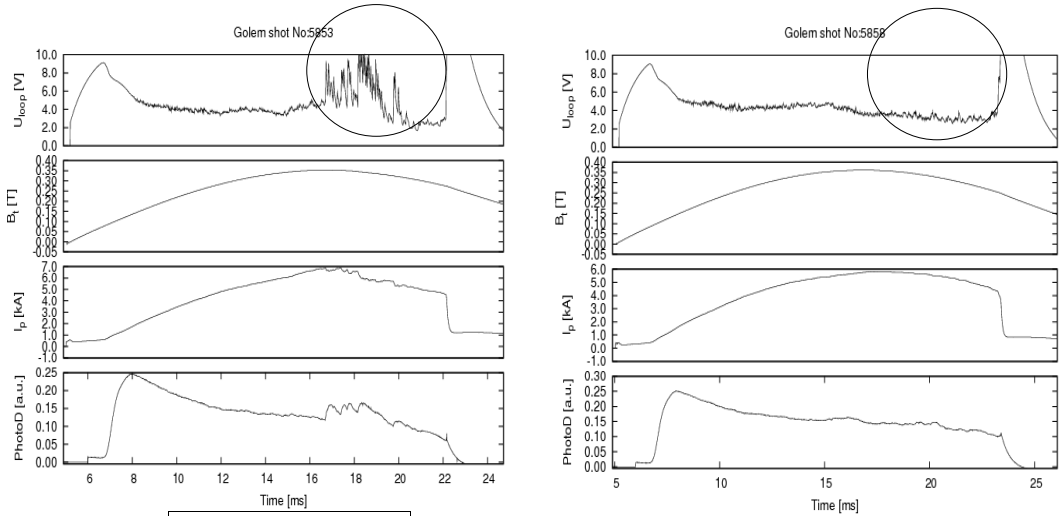
Hodnoty napětí na toroidálních cívkách (1400V), napětí na kondenzátorech primárního vinutí (450V), zpoždění sepnutí primárního vinutí oproti vinutí toroidálnímu (0ms) a tlak vodíku (20mPa), zůstávaly konstantní během všech ostatních měření. Taktéž jsme během testování kontrolního výboje používali předionizaci, měli vypnutý breakdown a komora byla vypečená.

3 Výsledky experimentu

Při vyhodnocování experimentu jsme se zaměřili na změny charakteru výboje v důsledku použití dynamické stabilizace, především s ohledem na délku výboje. Experimentálně se nám podařilo prodloužit délku výboje o 0,46 ms.

číslo výboje	U_{ds}	T_{ds}	P	T_a	T_{max}	I_{max}	I_a	Δt
5855	0 V	0 ms	19,45 mPa	88 eV	150 eV	5,8 kA	4,3 kA	16,58 ms
5858	250 V	10 ms	19,41 mPa	85,9 eV	142 eV	5,8 kA	4,4 kA	17,04 ms

Na tomto grafu vidíme porovnání kontrolního výboje ovlivněného dynamickou stabilizací U_{ds}=250 V a T_{ds}= 10 ms (v obou případech). Na Grafu vlevo s polaritou ve špatném směru a na grafu v pravo s polaritou ve správném směru. Tím pádem jsme zjistili, že správná polarita dynamické stabilizace může zklidnit průběh a zvýšit délku výboje.



Δt = 16,67 ms

Δt = 17,04 ms

4 Závěr

V průběhu experimentů jsme zjistili opačnost polarity cívek dynamické stabilizace radiální polohy plazmatu na tokamaku GOLEM. Dále jsme překonali dva teplotní rekordy nejvyšší dosažené průměrné (nově 100,9 eV ve výboji č. 5821) a maximální dosažené (nyní 191,4 eV ve výboji č. 5847) teploty výboje. Výsledky měření potvrdily účinnost dynamické stability radiální polohy plazmatu.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Ing. Ondřeji Kudláčkovi za jeho ochotu nám vždy poradit, RNDr. Janu Stöckelovi, CSc. za pomoc při nastavování optimálních parametrů a jeho odborné rady a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za technickou spolupráci na tokamaku GOLEM.

Reference

1)Návod na ovládání tokamaku
Bc. Tomáš Markovič, Bc. Michal Odstrčil
Fakulta Jaderná a Fyzikálně Inženýrská ČVUT v Praze

2)Řízená termojaderná syntéza, Ondřej Kudláček

3)Řízená termojaderná syntéza pro každého, Řípa, Weinzettl, Mlynář, Žáček

Využití rychlé kamery na snímání plazmatu

J. Krivošej – G. Šumperk, T. Novotný – G. F. X. Šaldy
A. Harlenderová – G. Slovanské, V. Mudra – G. Děčín
J. Kodys – G. Telč, J. Novák – G. Jeronýmova

Abstrakt:

Dnešní zdroje energie jsou různé a každý způsob jejího získání má svoji úroveň složitosti. Naše práce se odvíjela na jednom složitějším a zatím nedostatečně prozkoumaném způsobu. Cílem bylo vyfotit a následně určit polohu plazmatu na tokamaku Golem. Výboj ovšem trvá velmi krátkou dobu (několik milisekund), proto jsme pracovali s moderními kamerami. Následně už bylo možné ze získaných materiálů rekonstruovat polohu plazmatu a jeho těžiště.

1. Úvod

V otázce získání energie v budoucnu je jednou z cest termojaderná fúze, tedy sloučení dvou částic a získání obrovského množství energie. Podobné reakce probíhají ve vesmíru běžně a jsou zdrojem energie hvězd, kterou je třeba i naše Slunce. Aby fúze mohla vůbec probíhat, musíme pro ni vytvořit podmínky, tedy vytvořit tzv. plazma. Nás zajímalo právě zaznamenání plazmatu pomocí fotoaparátu, tedy kde se opravdu nachází a jak vypadá.

2. Co je to plazma

Plazma je nejrozšířenější forma látky, tvoří až 99 % pozorované hmoty vesmíru. Ve fyzice a chemii se za plazma považuje ionizovaný plyn složený z iontů, elektronů (a případně neutrálních atomů a molekul). Vzniká odtržením elektronů z elektronového obalu atomů plynu, či roztržením molekul (ionizací). O plazmatu se často mluví jako o čtvrtém skupenství hmoty. S plazmatem se můžeme setkat např. ve formě blesku, polární záře, uvnitř zářivek a tzv. neonů, či v elektrickém oblouku. Plazma tvoří také konvenční hvězdy, mlhoviny, ionosféru, či sluneční vítr.

Podle stupně ionizace (poměr počtu ionizovaných částic vůči celkovému počtu částic) se plazma dělí na slabě ionizované plazma a silně ionizované plazma. V slabě ionizovaném plazmatu je koncentrace nabitých částic zanedbatelně malá v porovnání s koncentrací neutrálních molekul. Naproti tomu v silně ionizovaném plazmatu převládá koncentrace nabitých částic.

Podle teploty se rozlišují dva druhy plazmatu – vysokoteplotní a nízkoteplotní. Vysokoteplotní plazma má střední energii nabitých částic větší než 100 eV, což odpovídá řádově 10^6 K (při vzniku plazmatu v tokamaku Golem teplota obvykle dosahuje okolo 45 eV). Vyskytuje se ve hvězdách a při experimentech s řízenou termonukleární syntézou. Nízkoteplotní plazma se vyskytuje např. v zářivkách a výbojkách, také v elektrickém oblouku.

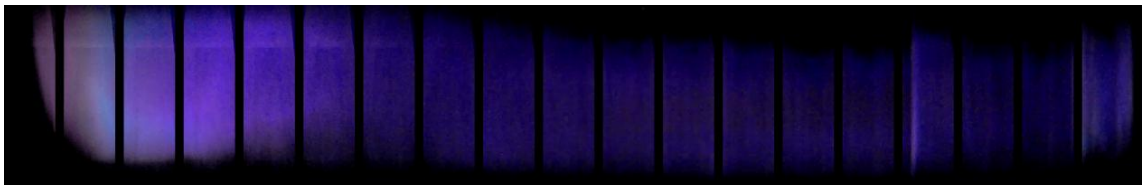
3. Použité kamery a jejich parametry

Při experimentování byly použity dvě kamery Casio EX-F1. Umožnily nám snímat vývoj plazmatu téměř po celou dobu výboje. Jejich hlavní předností je snímání CMOS čipem. Jelikož byla použita kamera ze sériové výroby, jeho cena je mnohem nižší než cena laboratorních zařízení přímo určených k našemu účelu. Výkon přitom zůstává přibližně stejný.

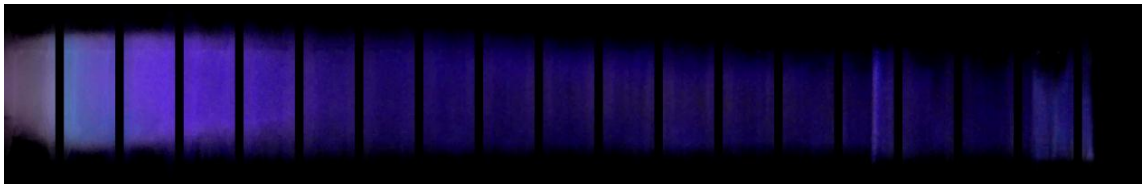
CMOS čip se od ostatních odlišuje tím, že snímá po jednotlivých řádcích, nikoli po pixelech jako běžné čipy. Celý sloupec pixelů na je tak zachycen ve stejném okamžiku. U ostatních typů čipů (např. u CCD čipů) je sloupec zachycen s časovým posunem. To by znamenalo podstatné zkreslení informace.

Kamery bylo nutno umístit tak, aby snímali komoru co nejlépe. Jeden byl umístěn vedle tokamaku a druhý nad tokamakem. To umožnilo určit polohu těžiště sledovaného plazmatu. Nesměly být zachyceny okraje komory a bylo nutno co nejvíce minimalizovat vliv odrazu světla od lesklých stěn tokamaku (více osvětlené okraje snímků na souboru snímků (1))

Jedinou nevýhodou této kamery je to, že potřebuje čas na zpracování jednotlivých snímků. Výboj je přitom delší než expoziční doba. Proto lze na souboru snímků (1) zpozorovat černé sloupce. Jejich šířka je však mnohem menší než šířka samotné fotografie. Expoziční doba jednoho snímku byla nastavena přibližně na 1/40000 sekundy, clona na 2,7 a 3,5, rozlišení na 336 x 96 pixelů, ISO (citlivost) na 800 a ohnisková vzdálenost přibližně na 50 cm.



[2] Vertikálně umístěná kamera



[3] Horizontálně umístěná kamera

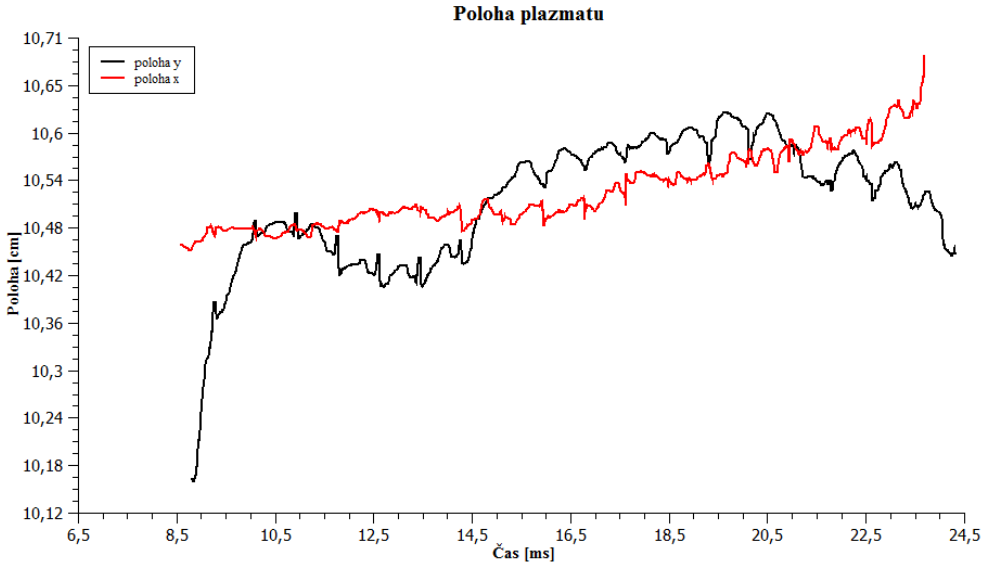
4. Výsledky práce

Při zpracovávání fotografií, které jsme získali, se nám povedlo vytvořit dva příklady aplikace použití rychlého snímání plazmatu kamerou. První část práce, o kterou jsme se pokoušeli, byla věnována vytvoření grafu, který popisuje intenzitu světla v průběhu výboje plazmatu. Abychom získali potřebná data, bylo třeba pro každý sloupec fotografie vyjádřit průměrnou hodnotu intenzity světla. Tyto údaje jsme vložili do grafu v závislosti na čase. Tímto postupem jsme dokázali vytvořit graf pro obě dvě kamery, jak pro horizontálně tak i vertikálně umístěnou. Výsledné údaje jsme porovnali s grafem závislosti intenzity světla na čase, který byl naměřen na fotodiodě. Následnou synchronizací se nám podařilo přiblížit hodnoty naměřené námi s přesnějšími hodnotami, které poskytla fotodioda. Experimentální cestou se nám tedy podařilo zjistit průběh a dobu výboje plazmatu.

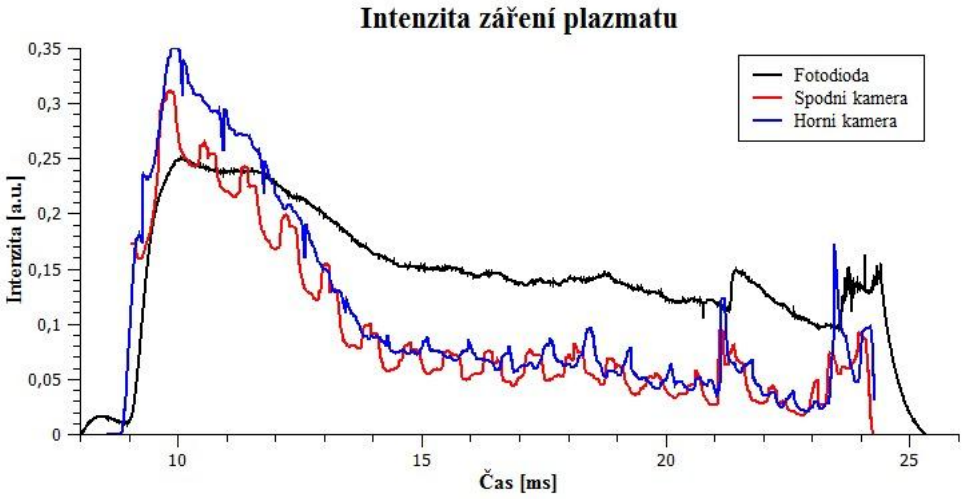
Druhá část práce spočívala v určení výchylky těžiště plazmatu v průběhu času. Postupovali jsme obdobně jako v první části naší práce, ale tentokrát jsme pro každý sloupec vyjadřovali těžiště intenzity světla. Tyto hodnoty jsme pomocí několika algoritmů vyladili, aby lépe odpovídali skutečným hodnotám. Následně jsme naměřené hodnoty vyjádřili pomocí grafu

v závislosti na čase. Naměřené hodnoty z obou kamer nám tak dohromady určovali polohu plazmatu na ose *x* a na ose *y*. Tímto jsme experimentálně zjistili polohu plazmatu. Plazma se při měřeném výboji nacházelo uprostřed komory a jeho výchylky byly minimální. Na rozdíl od měření pomocí magnetických cívek jsme tak došli k praktickým výsledkům.

Po nainstalování a následném nastavení obou kamer probíhala obě tato měření poměrně bez problémů a značně přesně, i přesto, že použité vybavení bylo v porovnání s ostatními diagnostickými přístroji značně levné.



[4] Poloha plazmatu



[5] Intenzita záření plazmatu

5. Shrnutí

Této akce, Týdnu vědy na Jaderce, jsme se zúčastnili, jelikož nás zajímá termojaderná fúze a myslíme si, že tato technologie bude mít i v budoucnu velké využití. V tomto miniprojektu jsme si osobně vyzkoušeli práci na termojaderném reaktoru GOLEM, který je umístěn na fakultě FJFI, a obecnou badatelskou práci. Myslíme si, že se nám náš projekt povedl a že

dosáhli jsme dobrých výsledků. Tato zkušenost nás dozajista motivovala k budoucímu studiu na této fakultě.

Poděkování

Na samotný závěr bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Bc. Michalu Odstrčilovi a to hlavně za jeho ochotu, pomoc a provázení celým programem miniprojektu. Měl pro nás pochopení s každým problémem. Dále bychom chtěli poděkovat týmu, který obstarává samotný chod a všechny další potřebné věci na tokamaku Golem I. Právě díky nim se také mohl uskutečnit náš miniprojekt. Naše hlavní poděkování patří organizátorům této akce Fyzikálního týdne 2011 pořádaného díky FJFI ČVUT v Praze a finanční podpoře na ubytování aj.

Reference:

[1] ODSTRČIL, M *Low Cost Hight Speed Camera for Plasma Physics* 1-9

[2-3] http://golem.fjfi.cvut.cz/operation/shots/5810

Učící se algoritmy aplikované na předvídání vzniku plazmatu v tokamaku

Helena Valouchová – Gymnázium Brno, m.h.valouchova@seznam.cz
Vojtěch Stránský – Gymnázium Teplice,
vojtech.stransky@post.gymtce.cz

Abstrakt:

Cílem tohoto projektu bylo statisticky předvídat vznik plazmatu v tokamaku pomocí učících se algoritmů. Nejdříve jsme do programu nahráli databázi údajů z pokusů z předchozích let, ten poté předvídal výsledky aktuálních „výstřelů“. Nakonec jsme vyzkoušeli takové parametry, u kterých program odhadoval pravděpodobnost okolo hraniční hodnoty 50%.

Může počítač „věštit“ výsledky pokusů?

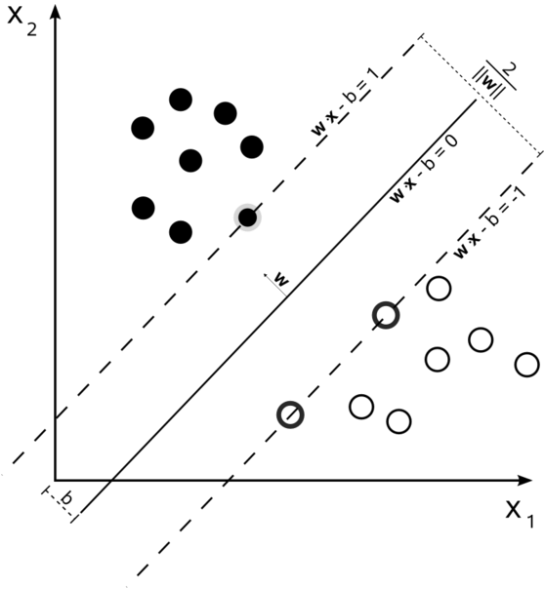
Učící se algoritmy (SVM – Support Vector Machine) jsou metoda, která se z předchozích výsledků daného jevu snaží předpovídat výsledky budoucí. K tomu je zapotřebí velké množství dat (množství roste s počtem parametrů) a je nutno rozdělit výsledky na pozitivní k danému jevu a negativní. Tuto metodu lze tedy použít pro jevy, kdy lze rozlišit konečné množství tříd událostí.
V našem miniprojektu jsme aplikovali učící se algoritmy na pokusy v tokamaku GOLEM a zkoumali jsme pravděpodobnost vzniku plazmatu pro zadané parametry.

Jak naučit počítač předvídat

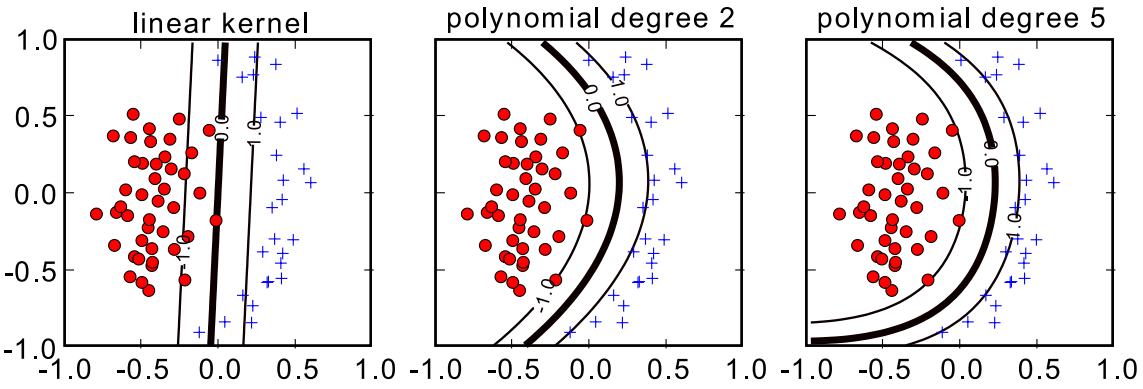
Pro začátek je nutno rozdělit data. V elementárních případech je to velmi snadné, body rozdělí přímka. Ve většině případů je situace mnohem komplikovanější. Body jsou umístěny v n-rozměrném prostoru, kde n je počet sledovaných parametrů. Body pak musíme rozdělit útvarem o (n-1) rozměrech. Proto jsou tyto výpočty prováděny v počítači.

Potřebujeme nalézt přímku, která rozděluje černé a bílé body a zároveň vzdálenost mezi přímkou a dvěma nejbližšími body (černým a bílým) je co možná největší.

U neoddělitelných dat lze modifikovat pomocí penalizační konstanty C, hodnotící překryv bodů a pomocí γ, které mění složitost modelu.



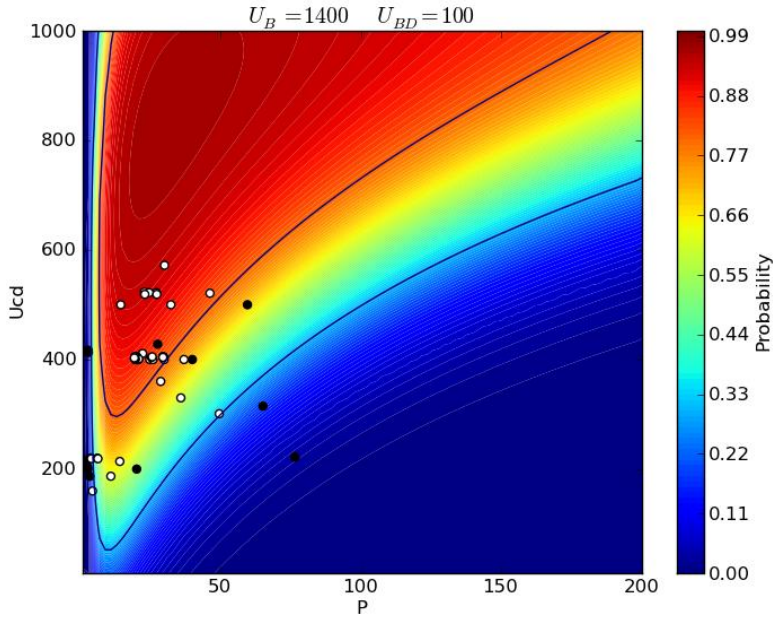
Na obrázku 1 jsou znázorněny body: černé značí, že jev nenastal, bílé, že jev nastal. Osy jsou určité parametry.



Obrázek 2: pokud body přímkou rozdělit nelze, je vhodné použít nelineární transformaci přímky.

Pravděpodobnost vzniku plazmy v tokamaku GOLEM

V tomto konkrétním případě je rozdělení bodů velmi komplikované. GOLEM totiž neposílá parametry dva, ale devatenáct. Pro vytvoření databáze bylo zapotřebí stáhnout údaje z přibližně 2500 pokusů, vybrat pouze 6 pro nás významných parametrů, upravit je do správného formátu a vložit do programu libSVM (http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/). I poté lze chování plazmatu předpovědět jen s velkými obtížemi, plazma je totiž značně nestabilní. Výsledný graf by vypadal přibližně takto.



Graf 1:

Bílé body – úspěšné výsledky

Černé body – neúspěšné výsledky

Z grafu plyne, že ač má program minimum informací o většině kombinací parametrů, je stále schopen jistého stupně predikce chování plazmatu.

Aplikování na pokusy – výsledky

V našem miniprojektu jsme aplikovali program s databází na aktuální výsledky ostatních účastníků Týdne vědy, kteří na GOLEMovi zpracovávali jejich projekty.

Naši kolegové se ale ve svých projektech snažili dosáhnout co možná nejlepších výsledků, a

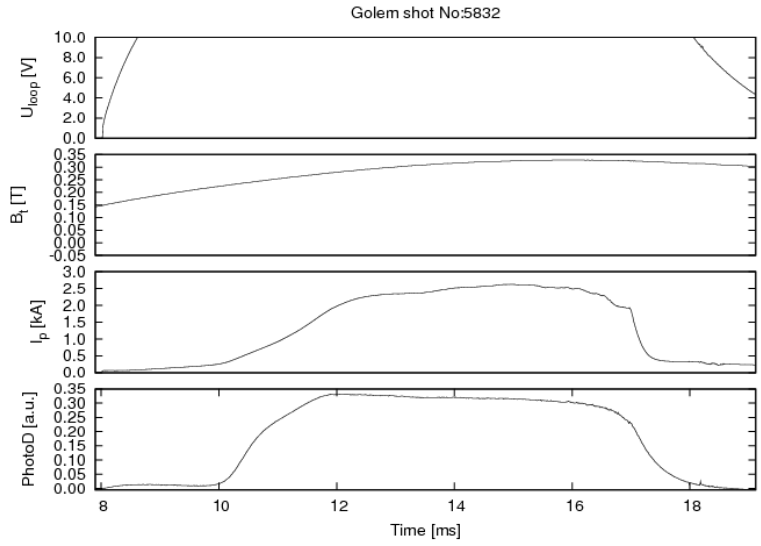
tak náš věštící algoritmus neměl žádný problém jednoznačně určit, zda se v tokamaku objeví plazma.

Ze 44 zkoumaných výstřelů bylo ve 100% správně odhadnuto, zda vznikne plazma.

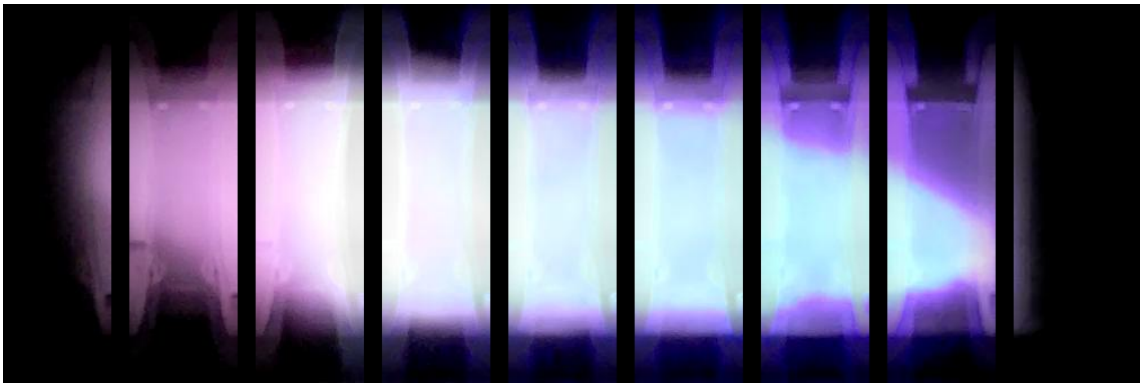
Program si byl výsledkem jistý průměrně na 93,18%.

Pokročilé experimentování

Nakonec jsme se rozhodli vyzkoušet ty oblasti, kde podle Grafu 1 vznikne plazma s pravděpodobností 40%-60%. Během těchto pokusů jsme použili extrémní hodnoty: od velmi vysokých hodnot, které ještě nebyly na tokamaku GOLEM vyzkoušeny, až po výstřely s extrémně nízkým tlakem H_2 a nízkým napětím na kondenzátorech pro vlečení proudu (current drive).



Obrázek 3: výstřel č.5832 p_{H2} = 100mPa, U_{CD} = 750V, U_{BD} = 100V, U_B = 1400V



Obrázek 4: fotografie výstřelu č.5832 (rychlost snímání: 1200 fps)

Z 12 testovaných výstřelů bylo ve 100% správně odhadnuto, zda vznikne plazma.

Program si byl výsledkem jistý průměrně na 91,7%.

Závěr

Po zpracování výsledků tohoto projektu je možné říci, že předvídání chování tokamaku je velmi úspěšné. Skvělých výsledků se nám dostávalo i v oblastech, kde ještě žádné výstřely provedeny nebyly a program je musel odhadovat.
Tohoto výsledku bylo dosaženo i přes nedostatek dat v databázi programu. Pokud bychom měli k dispozici více dat, dosáhli bychom větší jistoty předpovědi.

Poděkování

V první řadě bychom rádi poděkovali našemu supervizorovi, Michalovi Odstrčilovi, který nás naučil základy práce s Linuxy, základy programování v jazyku Python, tvorbu grafů v programu Gnuplot, práci v grafickém editoru Inkscape a věnoval nám spoustu času.

Dále bychom rádi poděkovali Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., za jeho vstřícnost k naším extrémně destruktivním požadavkům, všem organizátorům TV@J, FJFI na ČVUT za propůjčení zařízení a zázemí k experimentům.

Nakonec bychom rádi poděkovali všem známým i neznámým sponzorům akce TV@J.

Reference:

- [1] Ben-Hur, A. - Weston, J.: *A User's Guide to Support Vector Machines* 2011,
- [2] Chich-Wei Hsu - Chih-Chung Chang - Chih-Jen Lin: *A Practical Guide to Support Vector Classification* 2010
- http://golem.fjfi.cvut.cz/

Zjišťování vertikální polohy plazmatu pomocí Mirnovových cívek

Ondřej Dvořák, SPŠ Havířov,
Martin Matušů, Gymnázium a SOŠ Jeronýmova, Liberec,
Václav Potužák, Gymnázium Sokolov,
Denis Dudáš, Gymnázium Studentská,
Leoš Tejkl, GOB a SOŠ Telč,
Daniel Páral, GOB a SOŠ Telč

e-mail: ondra.dvo@seznam.cz

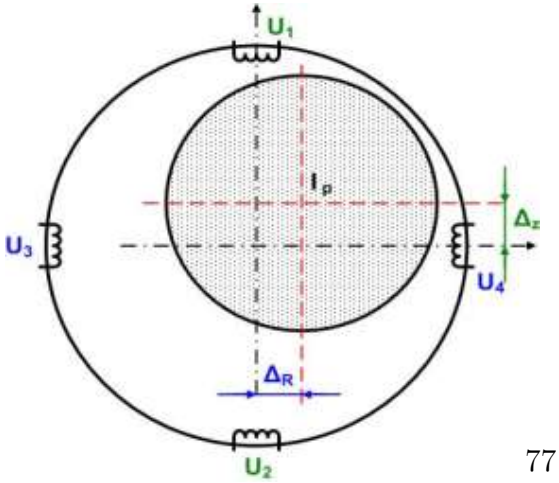
Abstrakt:
Pokoušeli jsme se zrekonstruovat vertikální polohu plazmatu při výboji v tokamaku. K rekonstrukci jsme použili metodu Mirnovových cívek. Výsledky z výbojů, které jsme provedli, nebyly příliš důvěryhodné z důvodu velkého „parazitního napětí“. Podařilo se nám však zrekonstruovat vertikální polohu plazmatu ze starých dat.

1. Úvod

Tokamak je zařízení sloužící k vytvoření a udržení plazmatu za pomocí magnetických polí. Cílem výzkumu těchto zařízení je zvládnutí termojaderné syntézy. Podrobný popis principu tokamaku lze nalézt zde: [1]

Jednou ze základních částí tokamaku je vakuová komora, ve které se při výboji tvoří plazma. Toto plazma je ohříváno elektrickým proudem, který jím prochází. V případě tokamaku Golem se jedná o proud o velikosti 4-5 kA. U velkých tokamaků se jedná řádově o MA. Plazma je drženo magnetickým polem ve středu komory, ale i přesto dochází k jeho pohybu ve vertikálním a horizontálním směru.

K zjištění polohy plazmatu se používají mimo jiné Mirnovovy cívky. Změnou magnetického pole plazmatu se na cívkách indukuje napětí, které následně měříme.



Obr. 1: Průřez komorou s čtyřmi Mirnovovými cívkami. Šedou částí je vyznačeno plazma. Δz označuje vertikální výchylku plazmatu od středu nádoby.

Připomeňme, že pokud se magnetické pole v místě cívek nemění, napětí se na cívkách neindukuje, což v našem případě znamená, že je plazma v klidu a jeho proud je konstantní. Sečtením naindukovaných napětí měřených s f=100kHz, dostaneme signál, který je uměrný magnetickému poli v místě cívky. Magnetická indukce v místě cívek

$$B_{1,2} = \frac{\mu_0 I_p}{2\pi(r \mp \Delta_z)}$$

kde μ_0 je permitivita vakua, I_p je elektrický proud plazmatem, r je poloměr průřezu komory a Δz výchylka středu plazmatu ve vertikálním směru. Z toho

$$U_{1,2} = k\frac{\mu_0 I_p}{2\pi(r \mp \Delta_z)}$$

kde k je konstanta, jež charakterizuje vlastnosti cívky. Z poměrů napětí horní a dolní cívky, za pomocí triviálních úprav, zjistíme vertikální výchylku plazmatu od středu nádoby

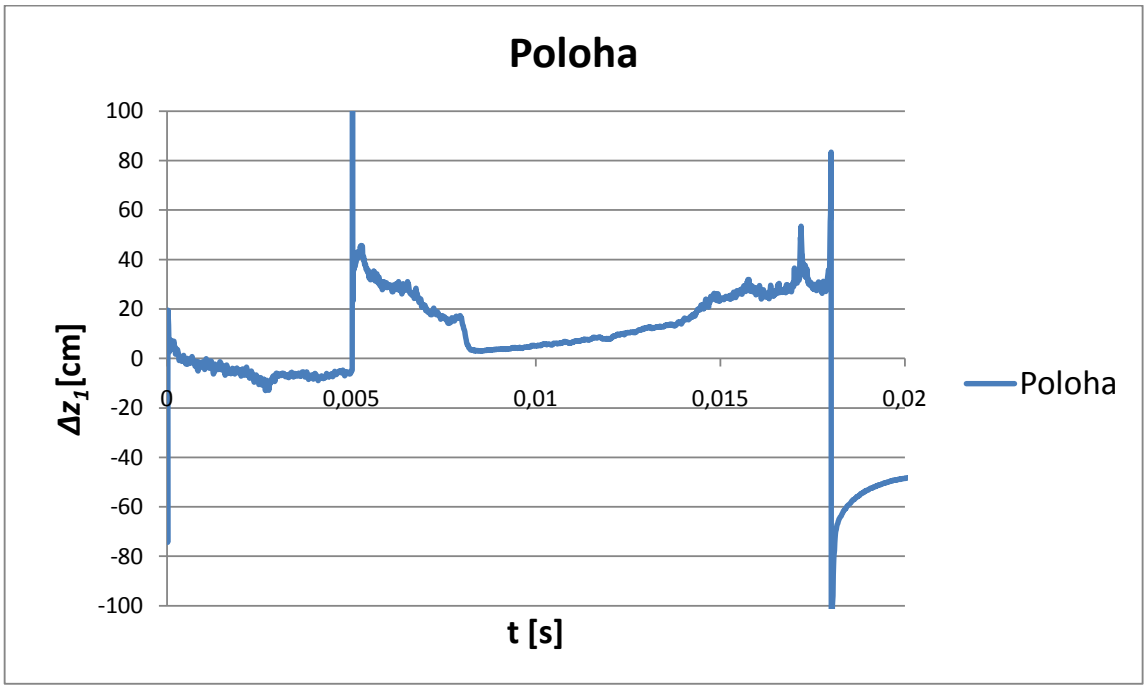
$$\Delta z = \frac{r(U_1 - U_2)}{U_1 + U_2}$$

kde U_1 je integrované napětí na horní cívce a U_2 je integrované napětí na dolní cívce.

Na cívkách se bohužel také objevuje napěťový signál, který nemá nic společného s napětím generovaným plazmatem a tudíž je třeba toto napětí odečíst od naměřených hodnot indukovaného napětí na cívkách. To lze udělat dvěma způsoby. První způsob se týká případu, kdy je toto „parazitní“ napětí konstantní. V takovém případě lze toto napětí změřit ještě před zahájením výboje a od všech naměřených hodnot ho odečíst. Nevýhoda je v tom, že „parazitní“ napětí nemusí být konstantní. Druhý způsob spočívá v tom, že změříme „parazitní“ napětí při vakuovém výstřelu a odečteme ho od všech naměřených hodnot při výstřelu s plazmatem.

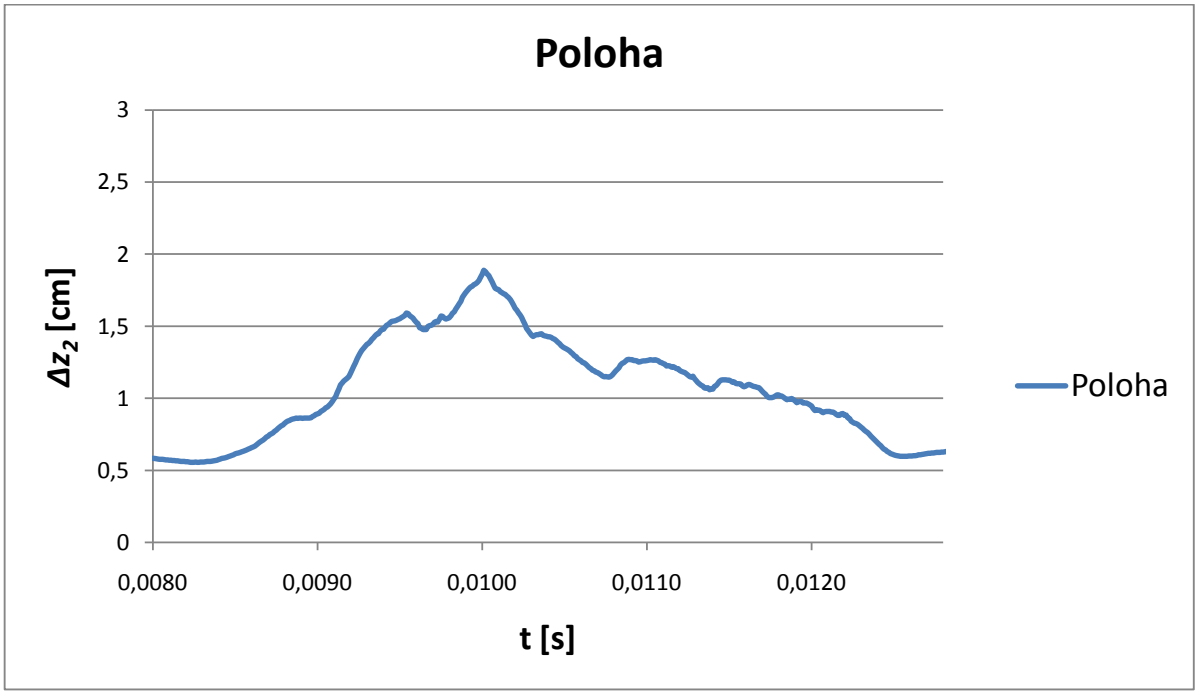
2. Výsledky

Při zpracovávání našich výsledků jsme v prvním případě narazili na výrazné odchylky vertikální polohy plazmatu, které byly technicky vyloučené, jelikož nebyla splněna podmínka r> Δz_1, tzn. že plazma by se pohybovalo mimo komoru. Tento problém byl způsoben nekonstantností „parazitního“ napětí, při jednotlivých výstřelech.



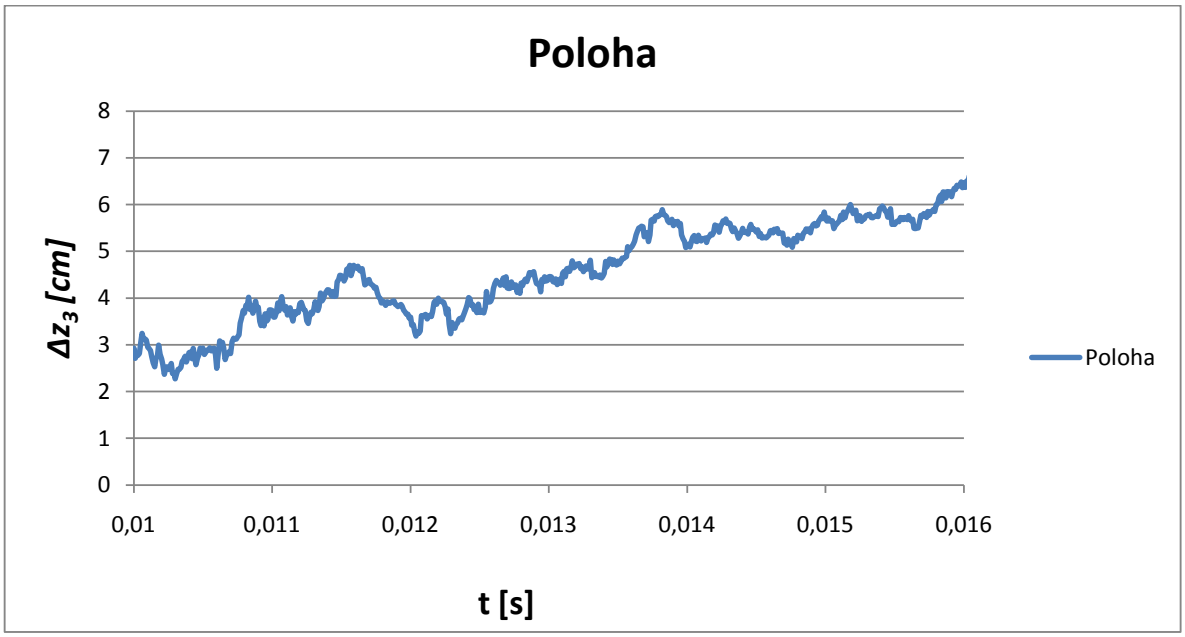
Obr. 2: Graf závislosti odchylky na čase při prvním měření.

V druhém případě jsme použili starší výsledky z výstřelu č. 2683 z 19.5.2010, kde bylo „parazitní“ napětí konstantní a tudíž bylo odečítatelné. Byla splněna podmínka r> Δz_2.



Obr. 3: Graf závislosti odchylky na čase při druhém měření.

V posledním případě našich měření jsme pracovali s vlastními daty. I přes to, že je splněna podmínka r> Δz_3, *je výchylka příliš vysoká.*



Obr. 3: Graf závislosti odchylky na čase při třetím měření.

3. Závěr

Z výsledků našich výstřelů jsme usoudili, že měření polohy plazmatu pomocí Mirnovových cívek je nepřesné zejména kvůli výskytu nestabilního „parazitního“ napětí. Nicméně pomocí starých dat se nám podařilo zrekonstruovat vertikální polohu plazmatu. Pokud v budoucnosti dokážeme rychle automaticky zpracovat data a určit polohu, bylo by možné reagovat na výchylky plazmatu v reálném čase – na tomto principu funguje zpětnovazebný systém.

4. Poděkování

Chtěli bychom poděkovat panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za umožnění přístupu k tokamaku Golem a dále také panu Ing. Ondřeji Kudláčkovi za ochotný přístup a pomoc při vypracovávání miniprojektu.

5. Reference

[1] http://cs.wikipedia.org/wiki/Tokamak#Princip_tokamaku
Citováno dne 21. 6. 2011.

Mlžná komora

D. Gurková ** , J. Schäfer ***, A. Hrubá *, M. Marko *,
M. Fürstová **
*Gymnázium Bučovice, Součkova 500, Bučovice 685 01
**Gymnázium Vyškov, Komenského náměstí 16, Vyškov 682 01
***Gymnázium Zlín, Lesní čtvrť 1364, Zlín 761 37
D.gurkova@seznam.cz , Hruba-anna@seznam.cz,
999.999@seznam.cz , Marko39@seznam.cz ,
moncafurstova@seznam.cz

Abstrakt:
Práce se zabývá měřením hybností nabitých částic pomocí difúzní mlžné komory. Hybnost jsme odvozovali ze stáčení drah částic v homogenním magnetickém poli. Změřili jsme parametry třinácti stop a u některých jsme se pokusili identifikovat typ částice.

1 Úvod

Mlžná komora je zařízení umožňující pozorovat trajektorie nabitých částic pouhým okem nebo fotograficky. Je to jeden z nejstarších dráhových detektorů ionizujícího záření. Pracuje na principu podchlazení alkoholové páry a pozorování stop vzniklých na iontech zanechaných nabitými částicemi prolétajícími touto parou. Toto jednoduché zařízení umožňuje rozlišit některé typy pozorovaných částic na základě tloušťky a délky stop. Po vložení do magnetického pole dojde k zakřivení trajektorií částic, což můžeme využít k určení hybnosti částic a posléze i jejich energie.

2 Materiály a pomůcky

Komoru o podstavě 25 × 25 cm s výškou 30 cm jsme vyhřívali topením o výkonu 15 W. Osvětlení tvořilo deset vysoce svítivých bílých LED diod.
Pro pozorování v mlžné komoře je vhodné užití izopropylalkoholu (propan-2olu) jako pracovní kapaliny. Izopropylalkohol má totiž relativně nízkou ionizační energii, díky čemuž jsou pozorované stopy výraznější, navíc nedochází k leptání komory, jak tomu například je u methanolu či ethanolu. Pro chlazení bylo použito suchého ledu (lisovaný CO_2), jelikož vysoce efektivně chladí na velice nízkou teplotu.
Pro měření parametrů částic jsme použili permanentní feritový magnet o výrobcem udávané remanenci 0,37 T při horizontálních rozměrech 10 × 15 cm. Remanenci jsme si ověřili rovnou

dvěma metodami, měřením pomocí Hallovy sondy a měřením síly odtržení od feromagnetické podložky.

3 Metody měření

Na nabité částice pohybující se v magnetickém poli působí Loretzova síla, která způsobuje stáčení jejich dráhy v rovině kolmé na vektor magnetické indukce. Částice opisují kružnice nebo šroubovice, přičemž poloměr r jejich stáčení závisí na hybnosti částic p vztahem

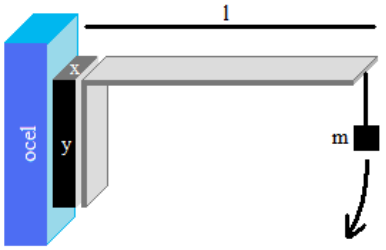
$$r = \frac{p}{B \cdot q}\ , \tag{1}$$

kde B je magnetická indukce a q náboj částice. Hybnost vystupující v předchozím vztahu je relativistická. Pokud odhadneme velikost náboje částice jako elementární náboj, zbývá ve vztahu hybnost jako jediná neznámá veličina. Tím, že odhadneme hmotnost částice, získáme z hybnosti energii. Podle šířky stopy poznáme, zda jde o lepton nebo těžší částici. Bohužel od sebe jednotlivé leptony odlišit nedokážeme, jelikož rozdíl v šířkách jejich stop je neprokazatelný.

Abychom mohli aplikovat tuto metodu, musíme v prostředí mlžné komory vytvořit pokud možno homogenní magnetické pole. Toho dosáhneme uložením permanentního magnetu pod dno komory.

4 Měření remanence magnetu

Kromě přímého měření remanence pomocí teslametru lze její hodnotu určit měřením síly potřebné k odtržení magnetu od železné desky. K tomu jsme použili uspořádání znázorněn na obr. 1.



obr. 1

Pro takovéto uspořádání experimentu platí následující vztah:

$$B = \sqrt{\frac{4 \cdot m \cdot g \cdot l \cdot \mu}{x \cdot y^2}}\ , \tag{2}$$

kde μ je permeabilita vakua.

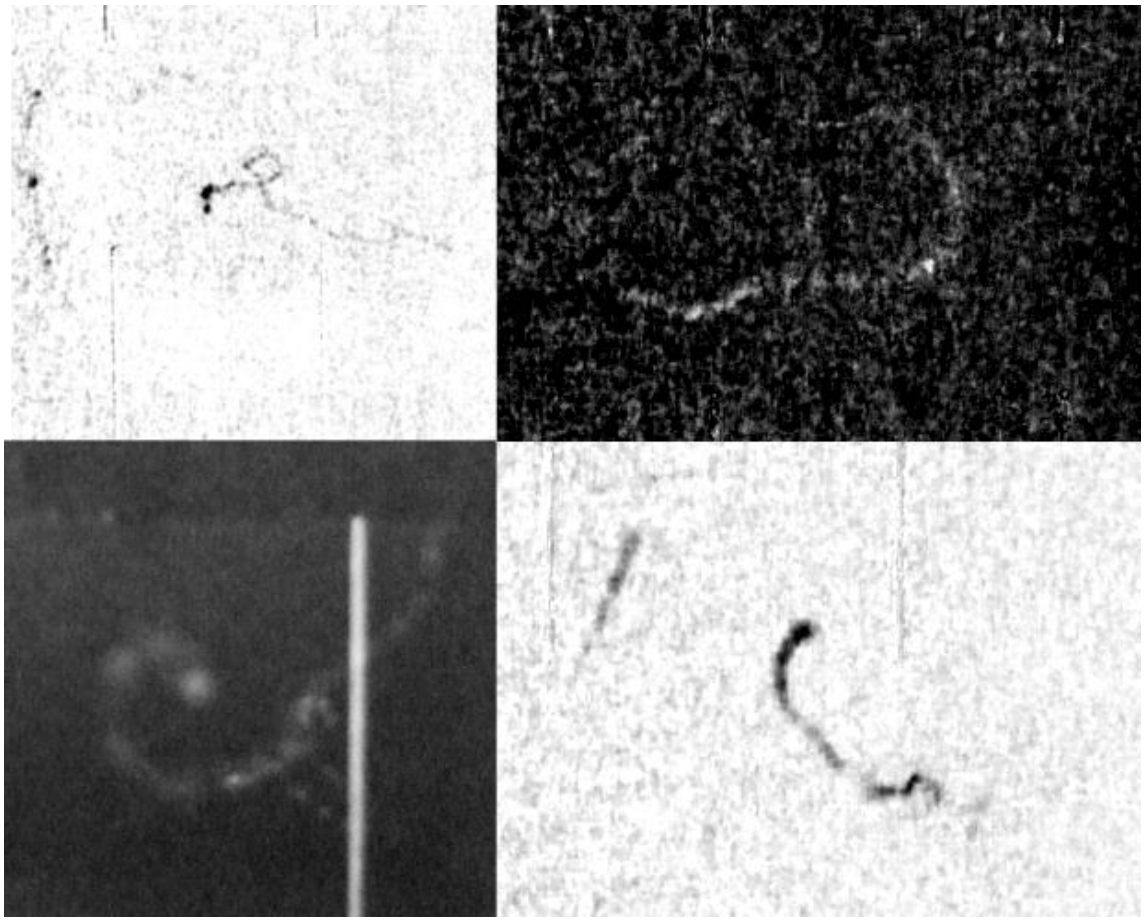
5 Výsledky

Změřili jsme parametry třinácti stop. Pro každou z nich jsme určili poloměr zakřivení, energii odpovídající elektronu resp. mionu. Naměřená data shrnuje tab. 1.

Remanence změřená teslametrem činí 0,095 T, tatáž remanence změřená odtržením magnetu od podložky činí 0,135 T. V dalších výpočtech budeme uvažovat jejich aritmetický průměr B = (0,115 ± 0, 020) T.

	r [cm]	E_e [keV]	E_μ[keV]
1	6,41	1756	23,1
2	2,28	428	2,9
3	0,43	21	0,1
4	1,73	273	1,7
5	3,52	806	7,0
6	7,88	2252	34,9
7	10,61	3183	63,3
8	3,82	902	8,2
9	1,59	237	1,4
10	0,66	48	0,2
11	0,84	77	0,4
12	34,4	11360	663,5
13	0,81	72	0,4
14	0,58	37	0,2

Tab.1



Obr. 2 Stopy pozorované v mlžné komoře.

5 Diskuze

Změřené energie částic jsou značně variabilní, pohybují se v rozmezí desítek až desítek tisíc kiloelektronvoltů. I přes tuto variabilitu lze usoudit, že částice pocházeli vesměs z kosmického záření, jelikož radioizotopové zdroje vykazují energii ještě nižší.

Pro některá měření jsme použili čistící napětí připojené mezi elektrody na dně a pod víkem komory. Zdrojem napětí byla Wimshurstova elektrika. Pozorovali jsme znatelné rozdíly v četnosti stop, přičemž několikanásobně více stop jsme pozorovali se zapojeným čistícím napětím, které vázalo kondenzační jádra mimo aktivní oblast komory. Zvýšení četnosti stop jsme pozorovali i po přiložení gama zářiče ^{60}Co. Gama záření v komoře pozorovatelné není, proto soudíme, že stopy byly tvořeny sekundárními částicemi.

6 Shrnutí

Změřili jsme parametry třinácti stop. Všechny proměřené částice zřejmě pocházely ze sekundárního kosmického záření. U jedné z pozorovaných částic se vyskytlo podezření na rozpad mionu. Toto podezření bylo vyloučeno kvůli příliš nízké energii předpokládaného mionu. U většiny zbývajících stop se nepodařilo rozhodnout, zda se jedná o elektrony či miony.
Změřili jsme remanenci permanentního magnetu jako B = (0,115 ± 0,020) T. Tato hodnota se neshoduje s hodnotou udávanou výrobcem.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za nápad pořádat Týden vědy.

Děkujeme ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za zapůjčení vysokorychlostního fotoaparátu.

Děkujeme Nikole Závadské za zapůjčení funkčního fotoaparátu.

Děkujeme rodičům, že nás porodili.

Reference:

[1] LÖFFELMANN, V. *Mlžná komora.* http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~loffevik/komora/

Ím NEOMAG, *Feritové magnety* http://www.neomag.cz/cz/katalog/feritove-magnety/

Generace a zesilování ultrakrátkých laserových pulsů

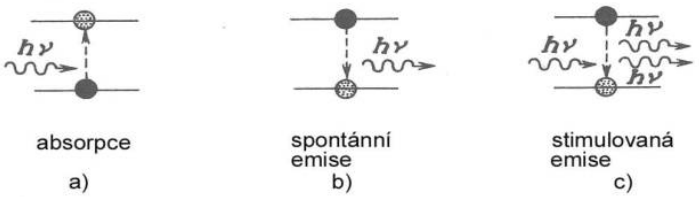
Jiří Beran – VOŠ a SPŠE, Olomouc –
mr.beba@gmail.com
Petr Vaněk – Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec –
petrr.vanekk@gamil.com
Oldřich Vlašic – Gymnázium tř. Kpt. Jaroše 14, Brno –
oldrichvlasic@gmail.com
Libor Martínek – Gymnázium tř. Kpt. Jaroše 14, Brno –
libas@acco.cz

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámení se s lasery, s generací laserového záření a zvláště pak s ultrakrátkými pulsy o velké intenzitě. Laboratorní práce spočívala v určení nejkratší doby pulsu na daném zařízení.

Úvod

Princip fungování laseru:



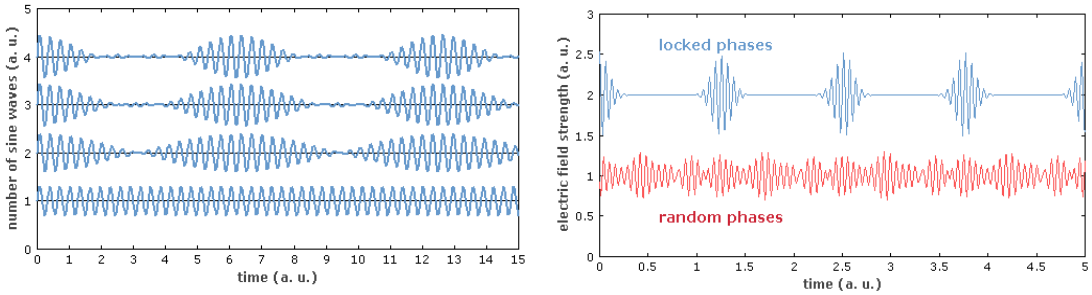
Mějme prostředí vhodné látky. Pouštíme do ní proud fotonů, který interaguje s atomy, přičemž je excituje. Principem laseru je efekt stimulované emise, kdy do již excitovaného atomu narazí foton, čímž vybudí další, který má stejný směr a energii. Foton o vhodném směru se odráží od zrcadel a dochází ke geometrickému nárůstu.

Při generování ultrakrátkých pulsů dojde je potřeba v rezonátoru dosáhnout mode-lockingu, při němž se určitě mody rezonátoru dostanou do konstrukce v jeden určitý čas.

Takové lasery pracují s širokým spektrálním pásmem (mnoha mody) a díky tomu lze získat velmi krátký puls s vysokým špičkovým výkonem. Hlavní výhodou je možnost při zfokusování získat extrémní intenzitu:

$$\mathbf{I = P / S \qquad [W.\ m^{-2}]}$$

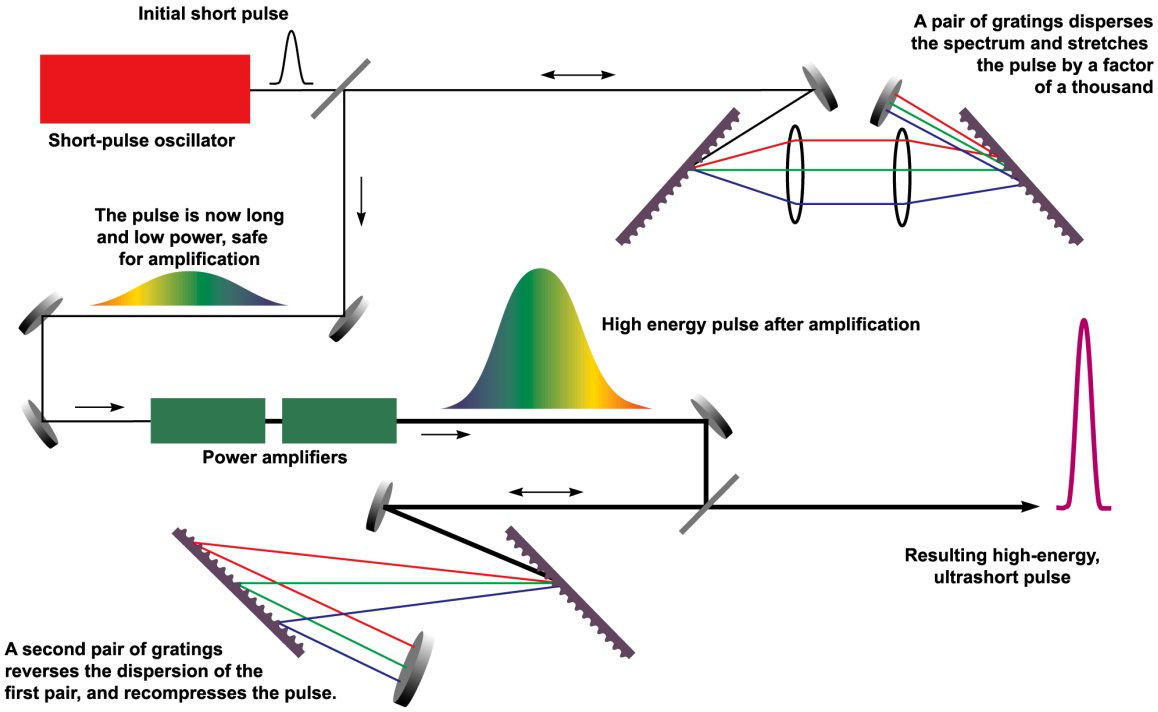
Princip skládání ultrakrátkého pulsu metodou mode-locking



Metoda CPA (Chirped-pulse amplification)

Základní problém při zesilování ultrakrátkých pulsů je vysoká intenzita, díky které dochází v zesilovacích médiích či na ostatních optických prvcích nelineárním jevům nebo dokonce k jejich poškození. Kvůli tomu se musí krátký puls roztáhnout za účelem snížení intenzity, díky čemuž je možné ho bezpečně zesílit.

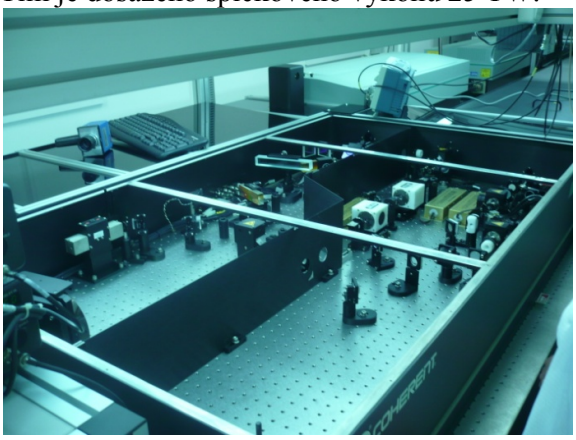
Schéma laseru



CPA používá difrakční element, například mřížku, díky níž jsou různé spektrální čáry nuceny urazit různou vzdálenost, a tím je paprsek prodloužen v čase, takové zařízení se nazývá *stretcher*. Po zesílení takto prodlouženého pulsu je použit optický *kompresor*, jenž je reciproční člen ke *stretcheru*. Čímž zkrátí puls na optimálně stejnou délku jako před roztažením.

Použitý laserový systém

Pulsy se generují v mode-locked Ti:Safírovém oscilátoru, s délkou 30 fs s šířkou spektra 50 nm a opakovací frekvencí 76,5 MHz. Puls je dále zaveden do stretcheru, kde je frekvenčně rozmítnut (roztažen) na 250 ps. Tento prodloužený puls je injektován do regenerativního zesilovače a je zesílen z cca. 4 nJ na 1,8 mJ s opakovací frekvenci 1 kHz. Poté je puls ve čtyrprůchodovém zesilovači zesílen až na energii 1,2 J. Ten je zaveden do vakuového kompresoru, kde se puls zkrátí na 40 fs s energií 900 mJ.
Tím je dosaženo špičkového výkonu 25 TW.



Měření délky Pulsu

Praktickou částí naší práce, bylo měření délky pulsu pomocí hodnot zjištěných z autokorelátoru zobrazeného na osciloskopu a FROGu.

Osciloskop

Provedli jsme kalibraci autokorelátoru pomocí vzájemného zpoždění pulsů. Na osciloskopu jsme změřili, že: $150\mu s \approx 2.125\mu m$

Známé a naměřené hodnoty:
$c = 3.10^8\ ms^{-1}$

$$t = \frac{2s}{v} = \frac{2.125.10^{-6}}{3.10^8} = 833fs$$

Tedy 250µm odpovídá dráze, kterou světlo urazí za 833 fs. Z čehož vyplývá:

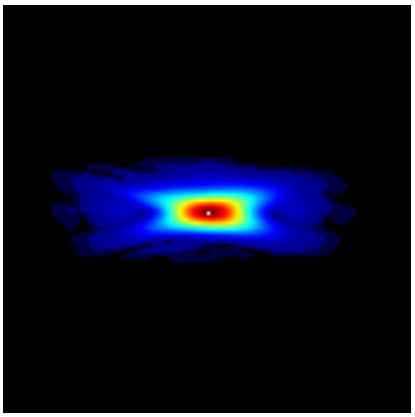
$$150\ \mu s \approx 833\ fs$$
$$1\ \mu s \approx 5{,}5\ fs$$

Nejkratší puls, který jsme změřili na single shot autokorelátoru na osciloskopu byl 10,6 µs, což odpovídá 10,6 . 5,5 = 58,3 fs a pro Gaussovský průběh pulsu je potřeba vydělit výsledek dekonvolučním faktorem $\sqrt{2}$, puls má tedy 41,22 fs.

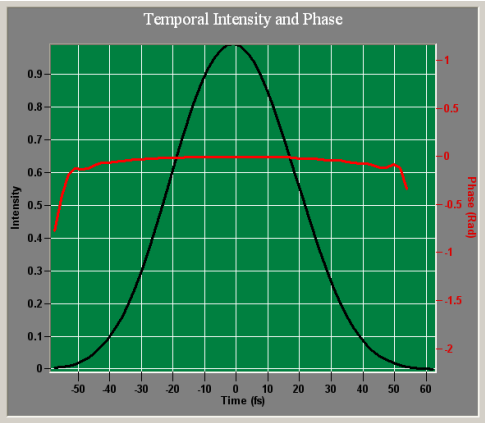
FROG (Frequency Resolved Optical Gating = frekvenčné rozlišené optické klíčování)

Funguje podobně jako autokorelátor, jen dokáže změřit spektrum generované nelineárním prvkem pro dané zpoždění pulsů. Výsledek měření je tedy 2D mapa, kde na jedné ose je zpoždění t a na druhé frekvence (popř. vlnová délka) – iterativním algoritmem pak nalezne nejpravděpodobnější puls (amplitudu i fázi všech frekvenčních složek), který takový obrazec vytvoří.

Výsledek jsme ověřili metodou FROG.



Výstup diagnostiky FROG



Výsledek časový průběh průběh intenzity a fáze.

Naměřená hodnota délky pulsu byla 45 fs. Jak je vidět z výsledného grafu, fáze je poměrně přímá, tudíž je rekonstrukce frekvenčně rozmítnutého (chirp) pulsu poměrně kvalitní a neprojevují se v ní výraznější disperze vyšších řádů.

Závěr

Naši práci jsme vykonávali na vědeckém pracovišti PALS, kde jsme se důkladně seznámili s fungováním laserů, generováním ultrakrátkých laserových pulsů a jejich zesilování pomocí metody CPA. Dále seznámili se způsobem měření takto krátkých pulsů pomocí autokorelací a FROG metody. Díky takovým laserům je možné generovat vysoké harmonické nebo měkké rentgenové lasery (viz skupina 17), urychlovat částice iontů a elektronů (viz skupina 18) a dále zkoumat astrofyzikální jevy. V budoucnu se můžeme těšit na nejintenzivnější systémy (10 PW), které budou ve středisku ELI poblíž Prahy.

Poděkování

Rádi bychom zde poděkovali hlavně FZÚ AV ČR a badatelskému pracovišti PALS. Zvláště pak Janu Hřebíčkovi, který plnil roli našeho supervizora. Dále pak našim sponzorům, kteří neexistují, škoda.

Reference:

[1] JAN HŘEBÍČEK: *Femtosecond Lasers*
[2] JAROSLAV NEJDL: *Určení délky pulsu*
[3] JAN HŘEBÍČEK: *TiSapphire Lab*

Rentgenové lasery a jiné laboratorní zdroje krátkovlnného záření

K. Dvořáková, Gymnázium Kroměříž, Masarykovo nám. 496
kristadvorakova@email.cz
J. Záhora, Gymnázium B. Němcové, Pospíšilova 624, Hradec Králové
jirka.zah@tiscali.cz

Abstrakt

Cílem práce bylo pochopení fungování laseru a jeho využití ke generaci zdrojů krátkovlnného záření.

1 Úvod

Laser (Light Apmlification by Stimulated Emision of Radiation) je zdroj elektromagnetického záření a liší se od ostatních zdrojů tím, že generuje monochromatické a koherentní záření. Využívali jsme vyskovýkonný femotosekundový Ti: safírový laser (zářící v okolí 800nm) k vytvoření plazmatu, které jsme použili jako zdroje krátkovlnného záření. Známe tři typy plazmatických zdrojů zdrojů krátkovlnného záření: vysokoteplotní plazma, rentgenové lasery, generace vysokých harmonických frekvencí.

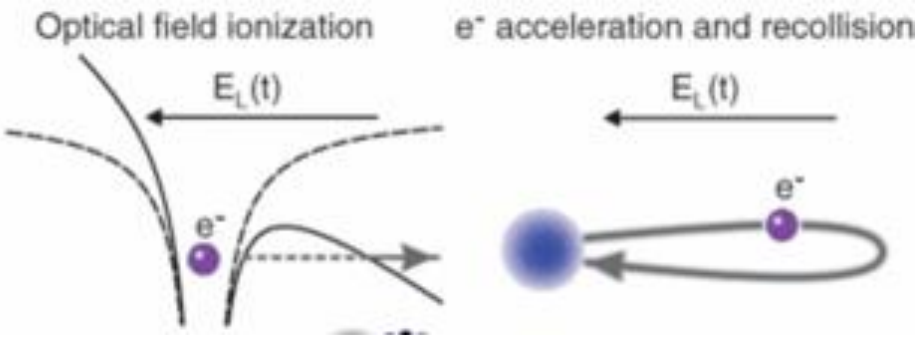
2 Teoretická část

Rentgenové lasery

Základem jejich funkce je tzv. zesílená spontánní emise v horkém, silně ionizovaném plazmatu, což je vyzáření fotonů při přechodu iontu z excitovaného stavu do základního stavu. Při průchodu fotonu aktivním prostředím dochází k dalšímu vyzařování stejných fotonů, a tím zesilování záření. Protože neexistují vysoce odrazná zdrcadla pro tyto vlnové délky, nelze použít optický rezonátor, jako u laserů zářících ve viditelné nebo infračervené oblasti spektra. Navíc při tomto procesu vzniká plazma, které by poškodilo optiku v jeho blízkosti.

Generace vysokých harmonických frekvencí

Využíváme ultrakratkého laserového pulzu, který vlastním elektrickým polem ionizuje plyn, jehož atomy vytvoří tyto vysoké harmonické frekvence.
Laserový pulz svým elektrickým polem nejprve ionizuje atom plynu. Uvolněný elektron atomu se vlivem otočení směru elektrického pole urychlí směrem k jádru a dochází k rekombinaci s mateřským jádrem, při které se vyzáří foton, který má mnohonásobně vyšší energii než foton laseru. Toto je známo jako tzv. tříkrokový model.



Obrázek č. 1: Tříkrokový model

Tento děj probíhá ve všech atomech plynuv ohnisku laseru a vznikají pouze liché harmonické frekvence (energie vytvořeného fotonu je lichým násobkem energie spouštěcího fotonu)

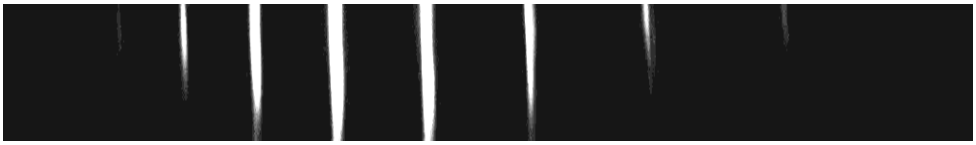
3 Praktická část

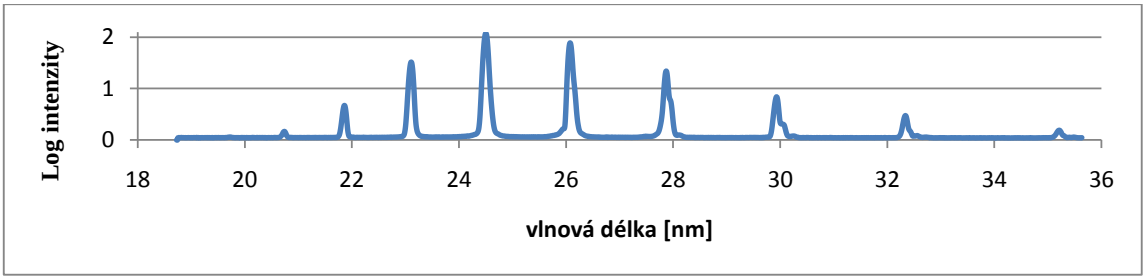
Vzhledem k nedostatku energie jsme nemohli generovat rentgenový laser. Místo toho jsme se zabývali převážně generací vysokých harmonických frekvencí.

Pracovali jsme s femtosekundovým pulzním laserem, průměr paprsku před fokusací byl 40 mm a měl dobu trvání 40 fs, energie v pulzu byla 1 mJ. Laser pracoval na frekvencí 1 kHz. Vše probíhalo ve vakuu.

Paprsek byl fokusován dutým zrcadlem o ohniskové vzdálenosti 1,5 m do cely dlouhé 5 mm plněné argonem. Spektrum frekvenci generovaného záření jsem zjišťovali mřížkovým spektrometrem pro oblast extrémní ultrafialové.

Po usilovném měření jsme nakonec generovali vysoké harmonické frekvence (od 23. do 41.)





Obr.: Záznam kamery spektometru (nahoře), vyhodnocené spektrum (dole)

4 Shrnutí

Při tomto měření jsme se seznámili s moderním laboratorním zařízením a vyzkoušeli jsme si práci s nimi.

5 Poděkování

Chtěli bychom poděkovvat FJFI ČVUT v Praze za pořádání fyzikálního týdne a především supervizorovi našeho projektu Ing. Jaroslavu Nejdlovi.

6 Zdroje

[1] Šulc, Jan. Lasery a jejich aplikace. 2002.
[2] Rus, Bedřich., Mocek, Tomáš a spol. Rentgenový laser: Nový nástroj fyzikálního výzkumu.
Čs. časopis pro fyziku. Vyd. 52. 2002.
[3] Jaeglé P. Coherent Sources of X-UV Radiation: Soft X-Ray Lasers and High-Order Harmonic Generation. USA : Springer, 2006. 416 s. Springer series in optical sciences; sv. 106. ISBN 0342-4111.

Urychlování částic pomocí laseru

Pavel Berger
Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec
pberger.gmk@gmail.com

František Navrkal
Gymnázium Děčín
F.Navrkal@gmail.com

Tomáš Novotný
Gymnázium Česká Lípa
nvtn2@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s prostředky k urychlování nabitých částic pomocí laseru. Článek popisuje urychlování dvou typů nabitých částic – elektronů a kationtů.

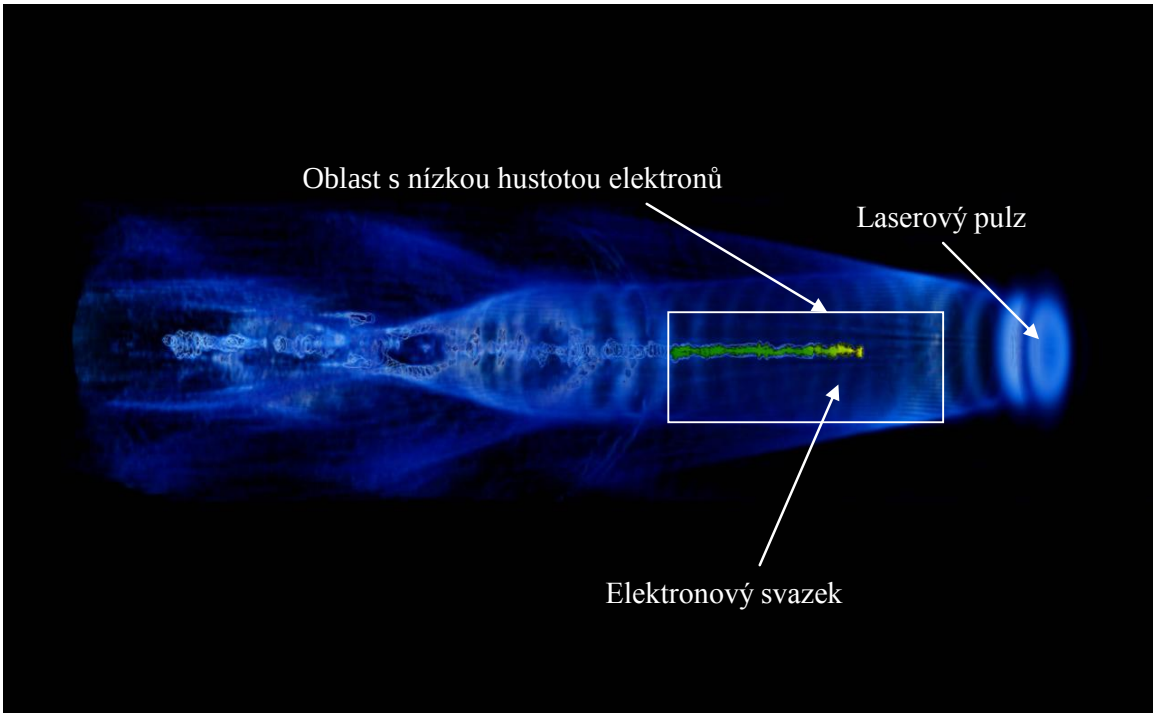
1 Úvod

Urychlování částic pomocí laseru je alternativou k elektromagnetickým urychlovačům. Tuto metodu lze provádět na zařízeních, které jsou v porovnání s klasickými urychlovači levnější a mnohem menší. Zatím je však tato technologie používána čistě experimentálně.

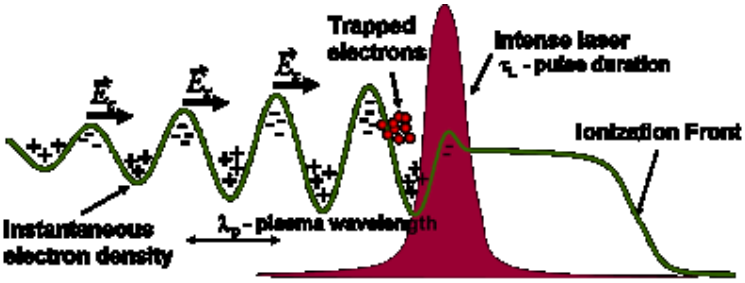
Proces probíhá ve speciálním prostředí nazývaném plazma, což je systém nabitých (iontů a elektronů) a neutrálních částic, přičemž ionty a elektrony jsou přibližně v rovnováze.

2 Urychlování elektronů

Urychlování elektronů se dociluje vysláním laserového pulzu s dostatečným výkonem do plazmatu. Pulz při průchodu plazmatem odtlačuje volné elektrony kolmo ke směru svého šíření. Za ním se vytvoří oblast s nižší hustotou elektronů tvaru elipsoidu, která má kladný náboj a postupuje těsně za pulzem. Na zadní straně této oblasti může dojít ke zlomení vlny navracejících se elektronů. Takto uvolněné částice vytvoří svazek, který je velkými elektrostatickými silami urychlován; právě velikost těchto sil umožňuje urychlení na velmi krátké dráze. Tento proces se nazývá urychlování laserovým brázdovým polem (LWFA – laser wakefield acceleration).



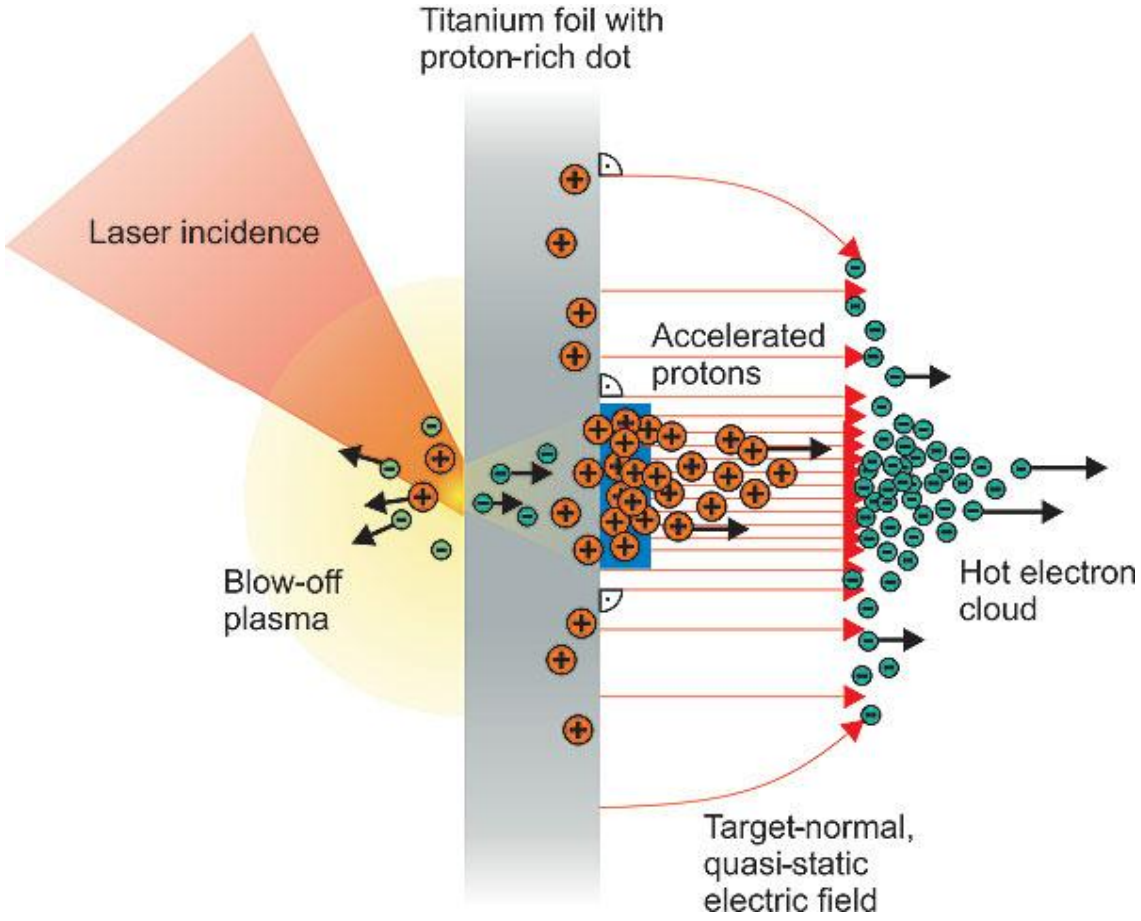
Obrázek 1: Urychlování elektronů [1]



Obrázek 2: Schéma generování plazmatických vln [2]

3 Urychlování kationtů

Urychlování kationtů se uskutečňuje jinou metodou, neboť jsou mnohonásobně těžší než elektrony. Provádí se osvícením tenkého pevného terče (fólie), který bývá pokryt vrstvičkou „nečistot“ (voda a uhlovodíky). Laserový pulz odpaří osvětlenou část terče a uvolní z ní elektrony, které putují oběma směry kolmo k povrchu terče. Postupující laserový pulz vypaří a ionizuje nečistoty a elektrony z nich poté vytrhnou kationty (především vodíkové, tj. nejlehčí).



Obrázek 3: Urychlování kationtů [3]

3 Shrnutí

Urychlování laserem je perspektivní metoda urychlování částic pro svoji praktičnost danou malými rozměry přístrojů a jejich nenáročností. Zatím je aplikace pouze experimentální, ale v budoucnosti bude možné technologii využívat např. v lékařství.
V této práci jsme objasnili nejvýznamnější způsoby urychlování částic pomocí laseru a popsali provedený experiment.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat pracovníkům badatelského centra Prague Asterix Laser System, zvláště pak Ing. Miroslavu Krůsovi za odbornou pomoc, a organizačnímu týmu TV@J.

Reference:

[1] http://newscenter.lbl.gov/feature-stories/2009/12/22/accelerators-tomorrow-part2/

[2] http://www.engin.umich.edu/research/cuos/ResearchGroups/HFS/Research/laserw_acceleration.html

[3] H. Schwoerer, et. al: Nature 439, 445 (2006)

Keplerova úloha s dělovými koulemi

Vypracovali*: Marcel Rodák-Mendelovo gymnázium Opava*

RodakM@seznam.cz

Dominik Vít-Gymnázium Trutnov

Dominik.Vit@gmail.com

Jiří Nárožný-Gymnázium Boskovice

Jnarozny@atlas.cz

Abstrakt

Našim úkolem bylo seznámit se s *optimalizačními úlohami* mezi než patři variace na *Keplerovu úlohu o dělových koulích*. Hlavní náplní našeho mini-projektu bylo zejména řešení těchto optimalizačních otázek. K naší práci jsme používali nástroj v MS Excelu, *ŘEŠITEL (SOLVER),* který nám poskytl numerická řešení . Tyto hodnoty jsme následně porovnávali s našimi výsledky, k nimž jsme došli analytickou cestou. K problému jsme přistupovali *klasicky i netradičně*. Zpracovali jsme problematiku modelů v *1D, 2D i 3D*.

Klíčová slova:

- *Optimalizační úloha*
- *Řešitel*
- *Problém nejhustšího uspořádání*
- *Penalizace*
- *Energetický přístup*

Historie

V roce 1591 byl anglický matematik Tomas Herriot požádán svým přítelem Sirem Waltrem Raleighem, aby spočetl, jak nejlépe *složit dělové koule* do podpalubí jeho

bitevní lodi, aby se jich zde vešlo co nejvíce. *Od roku 1606* si Herriot začal dopisovat s německým astronomem *Johannesem Keplerem* a roku 1611 se mu svěřil s úlohou o dělových koulích. Kepler se jen na krátko zamyslel a poté prohlásil, že je to jasné, že stačí pokládat *koule vedle sebe a vrchní vrstvy vždy posunout* tak, aby každá ležela v prohlubni. Bez většího přemýšlení tak uhodl optimální řešení úlohy, která se však později ukázala být mnohem více složitá, než Kepler předpokládal.
V 19. století se tímto problémem zaobíral německý matematik a vědec Carl Friedrich Gauss, neboť byl nespokojen s Keplerovým výsledkem bez důkazu. Dokázal však, že *Kepler měl pravdu*, ale pouze v pravidelné síti. Ve 20 století maďarský matematik Fejes Tóth dokázal, že můžeme všechna uspořádání zredukovat na konečný, přesto velký počet výpočtů. Na něj navázal Hales, který určil, že nejlepší uspořádání můžeme najít minimalizací *funkce o 150 neznámých.* V roce 1998 pak celý případ uzavřel a zbyly po něm 3 gigabyty dat a programů a 250 stránek poznámek.

Úvod do problematiky

Co je to optimalizační problém?

Jedná se o *matematickou úlohu*, najít konkrétní hodnoty proměnné jisté *účelové či cílové funkce,* pro které má zmíněná funkce *extrém*. Můžeme se s ním setkat v řadě aplikovaných i neaplikovatelných vědních oborů. Pro častou vysokou složitost či dokonce *nemožnost přesného analytického výpočtu* se hojně využívá numerických metod, pomocí kterých sice méně přesně, avšak efektivně najdeme řešení.

Problém s koulemi

Jde o poměrně starý *optimalizační problém*, *maximalizovat* hustotu uspořádání dělových koulí v uzavřeném prostoru. Úkolem je najít nejvýhodnější rozmístění, které tuto hustotu umožňují. Při optimalizaci jsme museli respektovat *omezující podmínky* rozměru úložného prostoru i minimální vzdálenosti středů jednotlivých koulí dané jejich poloměrem. Nutné je dodat, že v případě nekonečně velkého úložného prostoru, tedy případu, kdy nebereme na zřetel existenci ohraničující meze, může dojít ke změně

optimálního prostorového uspořádání.

Naše pojetí

Pro lepší nahlédnutí do problematiky jsme před řešením původní úlohy zkoumali a řešili různá jiná, zjednodušená, modifikovaná, návodná zadání. Pro snadný začátek jsme stanuli před jednodimenzionálním problémem, který jsme si pro zpestření a obeznámení se s *ŘEŠITELEM* spočítali i numericky v MS *Excelu*. Záhy po osvojení základů, jsme neváhaje přikročili k nesnazším problémům ve vyšších dimenzích. Při zkoumání dvou a tří *dimenzionálních* problémů jsme „bojovali" na více frontách. Analytické a numerické. Nakonec jsme si dokonce troufli být mírně *invenční*. Přidali jsme jí lehký f*yzikální nádech*...

Analytický přístup k věci

Tato matematicky exaktní metoda byla aplikována na dvou i trojrozměrný problém rozmístění tří kružnic, respektive tří koulí. K výpočtu jsme užili sofistikovaných úvah, pomocí kterých jsme byli schopni sestavit soustavu rovnic, jejichž řešením byla množina souřadnic, což byly středy kružnic, či středy koulí. Tato elegantní metoda obsahuje jisté myšlenky symetrií, pomocí kterých jsme velké množství potenciálních optimálních řešení zúžili na diskrétní případy, které jsme vyšetřili.

Z časových důvodů není důkaz v době uploadů hotov.

Numerický přístup k problému

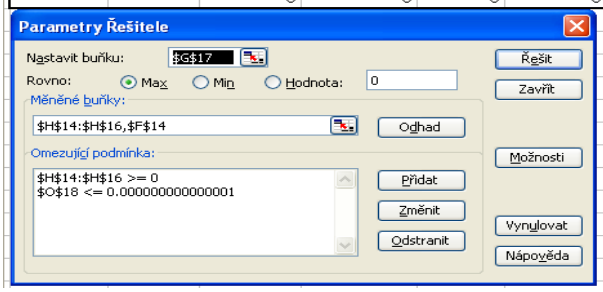
Co je Řešitel?

Řešitel je *nástroj* v Excelu, který hledá lokální extrémy fci. Při zadání dobrých počátečních odhadů je schopný nalézt i globální extrém. Dokáže sám *generovat hodnoty* předem určených *proměnných* a s dostatečnou přesností je vypíše pro hledaný případ.

Naše práce v Excelu

vypadala přibližně takto:

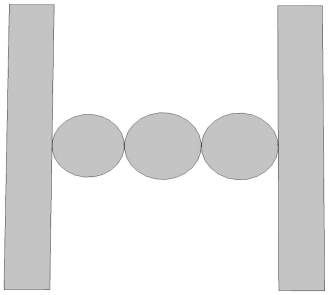
r	N	x	y	z	1-x	1-y	1-z	d	
0.29289	1	0.292897	0.2928996	0.2929	0.707103	0.7071	0.707105	0.292893	1to2
	2	0.70711	0.2929064	0.7071	0.29289	0.707094	0.292891	0.29289	2to3
	3	0.292896	0.7071099	0.7071	0.707104	0.29289	0.292897	0.29289	3to1
R=	0.29289	W(x;r)	W(y;r)	W(z;r)	W(1-x;r)	W(1-y;r)	W(1-z;r)	W(d;r)	SUMA
		0	0	0	0	0	0	0	1E-08
		0	0	0	2.26E-09	0	5.37E-10	2.89E-09	
		0	0	0	0	2.07E-09	0	2.23E-09	



Náš model pro tři koule v krychli o hraně 1

Na **model 1D** jsme aplikovali metodu řešení pomocí *nerovnic*.

Problém zní, umístit tři úsečky o největší možné délce na jednu úsečku a délce předem určené (za rozměr předem určeného prostoru jsme si ve všech případech zadali 1). Střed úsečky jsme si označili x s indexem a polovina délky byla r. Úsečky museli splnit tři zásadní podmínky a to nepřesahovat okraje a samy sebe. Tyto podmínky jsem využili jako soustavu nerovnic.



2D model

Zde jsme použili metodu zvanou *PENALIZACE*

Základní myšlenkou je, při *porušení podmínek* se výrazně sníží hodnota fce, u které hledáme maximum. Zvolíme si *koeficient penalizace* (dostatečně vysoký) a „pokutu“ počítáme za *přesah* stěn a jiných koulí

$$p_1 = \sum_{i,k} \min(0; x_{i,k} - r)^2$$

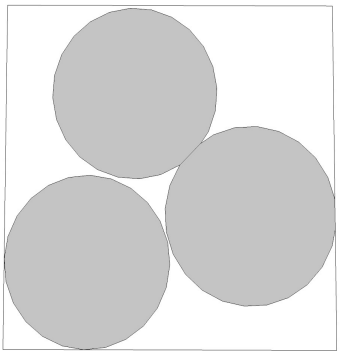
$$p_2 = \sum_{i,k} \min(0; 1 - x_{i,k} - r)^2$$

$$p_3 = \sum_{i<j} \min(0; \frac{d_{ij}}{2} - r)^2$$

$$\Phi = r - \lambda \cdot (p_1 + p_2 + p_3)$$

Lambda je koeficient a p je penalizace.

Ve 2D jsme řešili 3 kruhy ve čtverci



Pro **trojrozměrný model** jsme použili částečně vlastní nápad.

Vytvořili jsme energetický model. Tento model popisuje *silovou (odpudivou) interakci* částic, které symbolizovaly *středy koulí*. Při této interakci musí dojít k *minimalizaci potenciální energie* systému. V našem modelu jsme tuto interakci vyjádřili tak, že když se dvě koule *nedotýkají* tak je působení *rovno nule* a při *průniku* jedné koule do druhé fce roste *neomezeně*. Celková potenciální energie soustavy se má blížit nule a přitom má být *největší možný poloměr.*

Celková energie je součet všech složek energie. Nechť W je fce $W(a) = \max(0; 1-a)^2$

pak $E_1 = W(\frac{x_{i.k}}{r})$; $E_3 = W(\frac{d_{ij}}{2r})$; $E_2 = W(\frac{1-x_{i.k}}{r})$ a

$$O = \sum_i W\left(\frac{x_i}{r}\right) + \sum_i W\left(\frac{1-x_i}{r}\right) + \sum_{i \neq j} W\left(\frac{d_{ij}}{2\pi}\right) = 0$$

a pro O = 0 zjistíme nejvyšší možné r.

Závěr

V našem mini-projektu jsme se seznámili s *optimalizací*. Vyřešili jsme několik triviálních případů a vytvořili jsme *model rozmístění tří koulí v krychli*. Porovnávali jsme *výhody a nevýhody* numerického a analytického výpočtu. Náš závěr je, že analytické řešení je přesné, ale velice *obtížné a zdlouhavé*. Oproti tomu numerické lze aplikovat na všechny případy a jeho *nepřesnost* lze snížit na únosnou mez, která není překážkou při aplikaci na fyzikální modely.

Poděkování

Doc. Ing. Jaromíru Kukalovi Ph.D.

Numerické řešení variačních úloh v Excelu

Miroslav Hanzelka, Lenka Stará, Dominik Tělupil
Gymnázium Česká Lípa, Gymnázium Jírovcova 8, Gymnázium Brno
MirdaHanzelka@seznam.cz, lenka.stara1@seznam.cz,
dtelupil@gmail.com

Abstrakt:

V práci jsme se věnovali řešení optimalizačních úloh a porovnání numerických metod s analytickými. Nalezli jsme tvar čínské střechy, křivku zavěšeného řetězu a nejlepší aerodynamický tvar rakety. Každý příklad obsahuje krátké fyzikální vysvětlení, numerické řešení a graf. Postup s využitím Řešitele programu Microsoft Excel se ukázalo jako výhodnější než analytické řešení.

1 Úvod

Variační počet jako matematická disciplína vznikl v 18. století, kdy L. Euler definoval jeho základy. Od té doby se tento obor značně rozvinul, ale analytické řešení variačních úloh je stále velmi náročné. Přitom lze mnoho fyzikálně-matematických problémů interpretovat a řešit jako variační úlohy. Proto jsme se rozhodli využít možností aplikace Řešitel obsaženého v programu Microsoft Excel, který umožňuje snadno řešit tyto úlohy optimalizací na základě numerických výpočtů. Tímto postupem ukázkově vyřešíme tři klasické úlohy z oblasti variačního počtu a srovnáme ho s Eulerovým analytickým řešením.

2 Metody řešení variačních úloh

Analytické řešení

Analytické řešení variačních úloh spočívá v hledání takové funkce y(x), která minimalizuje (resp. maximalizuje) hodnotu primitivní funkce

$$F[y(x)]=\int_a^b (x, y(x), y'(x)),$$

jež se nazývá *funkcionál*. K tomu slouží *Euler-Lagrangeova rovnice*

$$\frac{\partial f}{\partial x}-\frac{d}{dx}\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)=0,$$

která musí být pro y(x) splněna, aby byla hodnota funkcionálu minimální [1]. Toto obecné řešení lze použít i na řešení velmi složitých problémů. Jako příklad však použijeme jednoduchý vzorec pro výpočet délky křivky

$\int_a^b \sqrt{1+y'(x)^2}$.

Předpokládáme, že nejkratší spojnicí dvou bodů je úsečka. Dosazením do Euler-Lagrangeovy rovnice a následnými úpravami získáme vzorec

$$0=\frac{y''(x)}{1+(y'(x))^{3/2}}.$$

Již nyní je zjevné, že náš předpoklad byl správný, neboť řešením rovnice je lineární funkce. Avšak uvedený výpočet vyžaduje znalosti diferenciálního počtu a při jiném zadání by mohl být časově náročný. V některých případech analytické řešení nemusí existovat a je proto nutné řešit úlohu numericky.

Numerické řešení

Numerická metoda spočívá ve využití nástroje Řešitel programu Microsoft Excel, který funguje na principu hledání lokálních extrémů. Je nutné zadat parametry a podmínky, které má úloha splňovat a počáteční odhad řešení. Právě počáteční odhad je značným úskalím této metody, neboť při nevhodně zvolených hodnotách program nalezne pouze lokální extrém, který nemusí být extrémem globálním. Takový výsledek pak většinou neodpovídá dané skutečnosti.

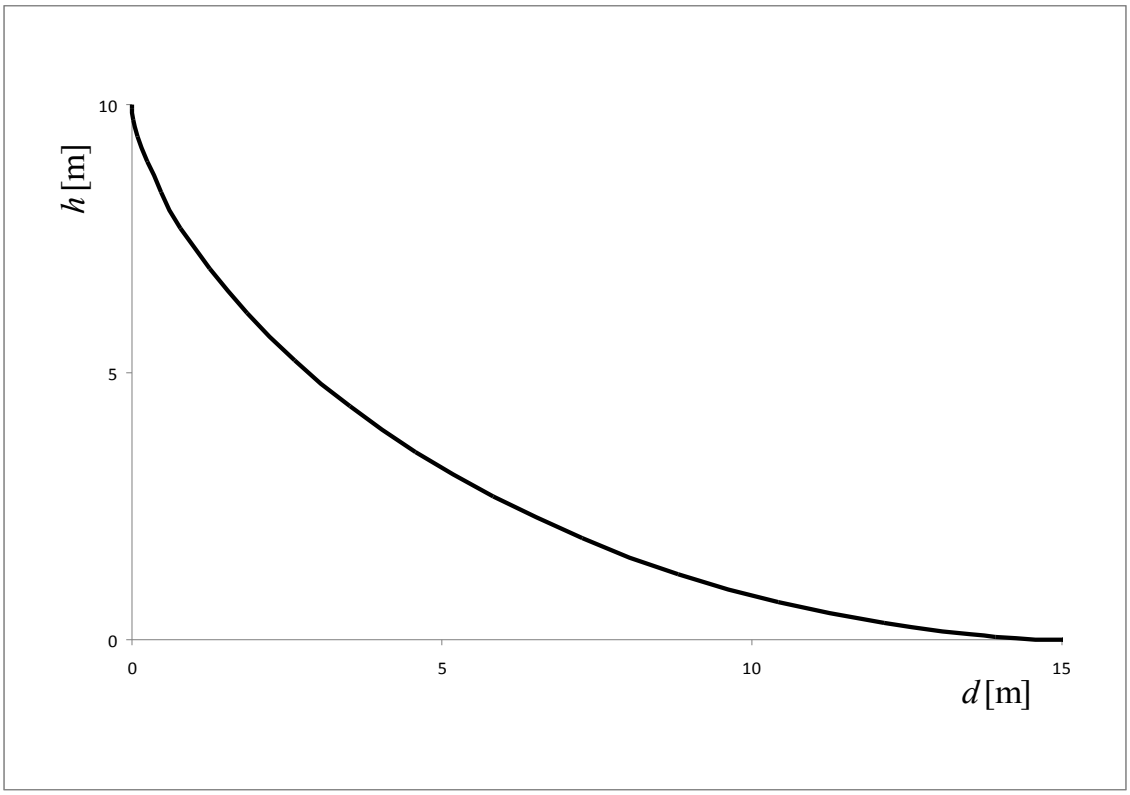
Uveďme konkrétní optimalizační úlohu: *Je dán obvod trojúhelníku. Určete délky stran tak, aby obsah byl maximální.* Vstupním parametrem je délka obvodu. Zároveň využijeme vztah mezi délkami stran a obvodem a obsahem trojúhelníku (pomocí Heronova vzorce). Podmínky jsou splnění trojúhelníkové nerovnosti a nezápornosti délek stran. V této jednoduché úloze nezáleží příliš na počátečním odhadu. Řešením je dle očekávání rovnostranný trojúhelník.

4 Čínská střecha

Úloha o nejrychlejším sestupu (angl. Quickest descent problem) neboli čínská střecha se zabývá hledáním takového tvaru střechy, po kterém by bez tření nejrychleji stékala voda. Tuto úlohu vyřešil na základě fyzikální analogie J. Bernoulli, avšak nepoužil k tomu analytických metod. Oba postupy vedou k jednomu řešení, kterým je cykloida [1]

$$x=\frac{1}{2}k^2(\theta-\sin\theta), \qquad y=\frac{1}{2}k^2(1-\cos\theta).$$

V Excelu jsme tuto úlohu řešili jako hledání minimální hodnoty času sestupu na základě změny proměnných x_k, y_k, které představují souřadnice stékající vody na jednotlivých úsecích o počtu n. Výsledným grafem je dle předpokladu cykloida (obr. 1). S rostoucím n se hodnota výsledku zpřesňuje, ovšem od určité hodnoty, zhruba n=20, se změna pohybuje v řádech statisícin procent. Výsledek lze zatížit podmínkou, která bude vyžadovat konstantní hodnotu Δx. Rovnoměrné rozložení tak zamezí programu navolit si nejvhodnější vzdálenosti, což však vede v tomto případě k zbytečným nepřesnostem.



Obr. 1

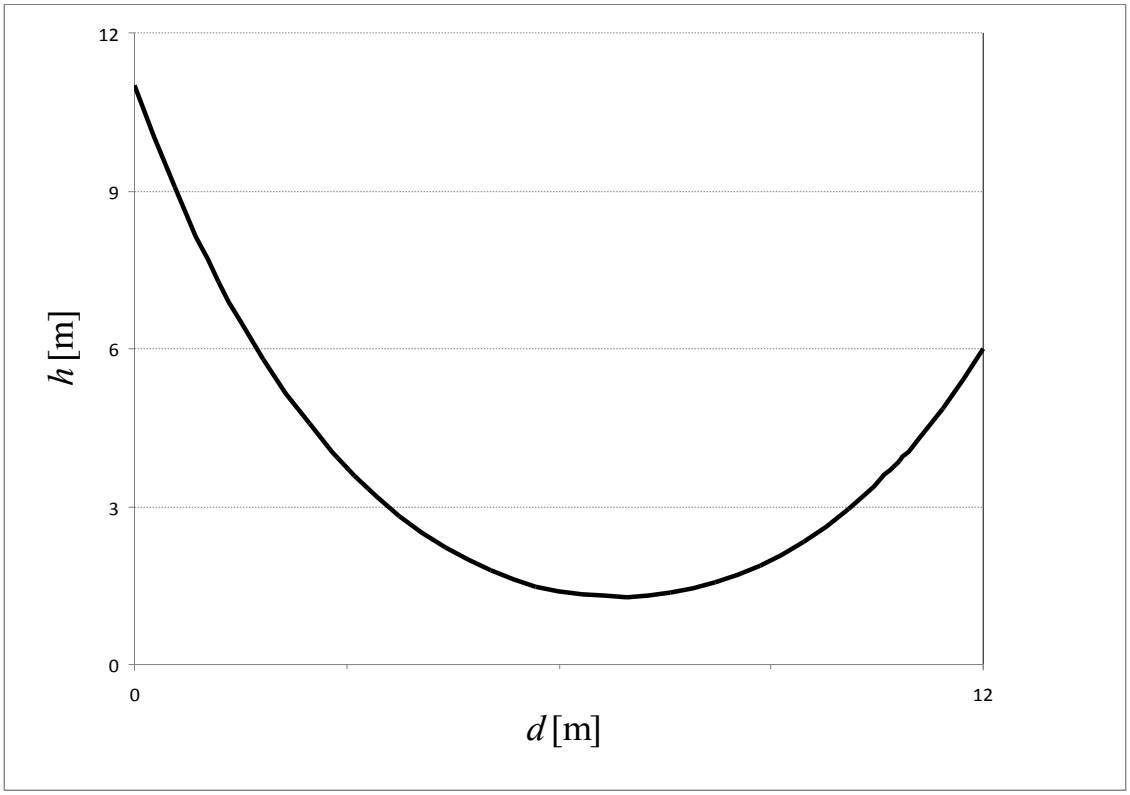
5 Řetězovka

Další klasickou úlohou je určení prověšení řetězu. Celkovou křivku si rozdělíme na několik kratších úseků o souřadnicích a_1 až a_n a b_1 až b_n a vypočteme jejich potenciální energii . Tvar křivky bude určen součtem energií všech úseků, přičemž se snažíme docílit, aby potenciální energie byla minimální. Grafem řetězu bude křivka, jejíž minimum je posunuto směrem k níže zavěšenému konci (obr. 2). Analytické řešení této úlohy by vyžadovalo vyřešení rovnic

$$a\cosh\left(\frac{0+c}{a}\right)+b=H_1,\ a\cosh\left(\frac{d+c}{a}\right)+b=H_2,$$

$$\int_0^d \sqrt{1+(y')^2}\,dx=L,$$

kde H_1, H_2 jsou výšky bodů závěsu, d je vzdálenost těchto bodů, L je délka řetězu a proměnné a, b, c jsou parametry křivky. Řešení těchto rovnic je časově velmi náročné a v konečné fázi bychom se nevyhnuli použití numerických metod.



Obr. 2

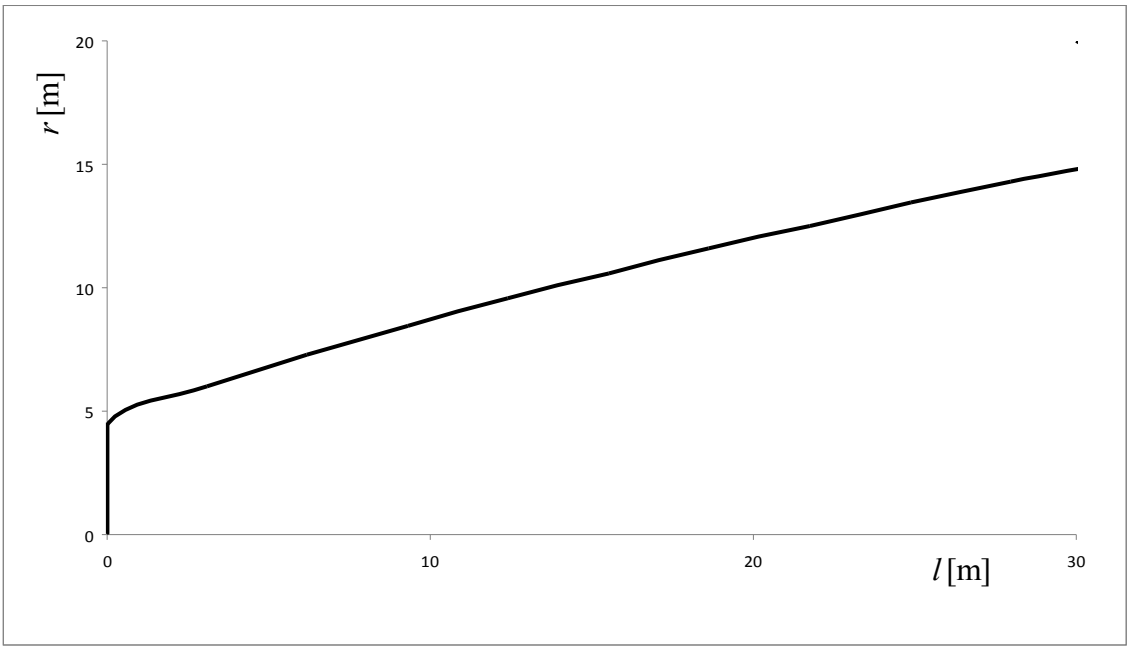
6 Raketa

Představme si, že vesmírná raketa prolétá řídkým plynem, jaký se nachází např. v horní vrstvě atmosféry. Takový plyn nevykazuje vlastnosti tekutiny, považujeme ho za shluk nezávislých částic. Úkolem je zjistit ideální tvar čela rakety, aby průlet plynem způsoboval co nejmenší ztráty rychlosti.

Jedná se o další z klasických optimalizačních úloh. Autorem je Isaac Newton. Před řešením této úlohy v Excelu je potřeba uvědomit si, že změna hybnosti molekul při nárazu (a tedy i změna hybnosti rakety) závisí na úhlu dopadu. Naším úkolem je tedy upravit goniometrické tvary těchto působících sil a vyjádřit je v proměnných závislých na délce a průměru rakety. Pro výsledný vzorec

$$\frac{F}{C}=2\sum\frac{(r_k+r_{k-1})(r_k r_{k-1})^3}{(x_k-x_{k-1})(r_k-r_{k-1})^2},$$

kde $C = \pi\rho v^2$, najdeme v řešiteli hodnoty x_k, r_k, které ho minimalizují. Na výsledné křivce (obr. 3) je zřejmé, že raketa má ploché čelo, což odpovídá skutečnosti a shoduje se s výsledkem autora úlohy.



Obr. 3

7 Shrnutí

Pomocí optimalizace v Řešiteli programu Excel jsme nalezli řešení tří klasických úloh variačního počtu. Čínská střecha má tvar cykloidy, určili jsme tvar řetězovky a potvrdili, že ideální raketa pro let v řídké atmosféře musí mít ploché čelo. Numerické řešení se ukázalo jako rychlejší než analytické a zároveň dostatečně přesné. Tento způsob řešení variačních úloh lze použít na řadu dalších matematicko-fyzikálních problémů.

Poděkování

Na prvním místě bychom chtěli poděkovat doc. Ing. Jaromíru Kukalovi, Ph.D. za konzultace a výpomoc při realizaci projektu. Děkujeme taktéž FJFI ČVUT v Praze a organizátorům Týdne vědy, kteří nám umožnili na tomto projektu pracovat.

Reference:

[1] FISCHER, J.: *Introduction to the Calculus of Variations* College of the Redwoods, 1999, pp. 4–11

Simulované žíhání jako nástroj k hledání optimálního řešení

Michael Pokorný
Střední škola aplikované kybernetiky s.r.o., Hradecká 1151, Hradec Králové
pokorny.michael@ssakhk.cz

Abstrakt

Simulované žíhání je metoda hledání optimálních řešení úloh využívající fyzikální intuici krystalizujícího kovu. Realizoval jsem jej v jazyce C++ a provedl pokusy na vhodných funkcích.

1 Úvod

Simulované žíhání (angl. simulated annealing) je metoda pro vyhledání přibližného optimálního řešení úlohy, která má velký stavový prostor nebo která nelze optimalizovat analyticky. Jako příklad takové úlohy lze zmínit například problém batohu (jak naplnit batoh omezené nosnosti věcmi s co největší hodnotou?). Oproti prohledání všech možných konfigurací systému sice nezaručuje nalezení doopravdy ideálního výsledku, ale zato v konstantním počtu kroků pravděpodobně najde přinejmenším výsledek velmi dobrý. Byla nezávisle popsána Scottem Krikpatrickem, C. Danielem Gelattem a Mariem P. Vecchim v roce 1983 a Vladem Černým v roce 1985.

2 Tělo příspěvku

2.1 Inspirace metody

Inspiraci k metodě simulovaného žíhání poskytla metalurgie. Při žíhání se postupně ochlazuje zahřátý kov, ve kterém vznikají velké krystaly s menšími defekty. Při zahřátí se atomy uvolní ze svých počátečních pozic (z lokálních minim vnitřní energie) a začínají náhodně kmitat mezi stavy s vyšší energií. S ochlazováním atomy kmitají čím dál tím méně a více se drží v pozicích s nízkými energiemi.

Simulované žíhání obdobně postupně „ochlazuje" průběžný stav. Vnitřní energii, v jejímž minimu se stav postupně usadí, nahrazuje minimalizované funkce. V každém kroku najde náhodný bod v „okolí" současného stavu, porovná jeho „energii" se současným stavem, a s určitou pravděpodobností závislou na tomto rozdílu a na „teplotě" se do tohoto nového stavu přesune. Tato pravděpodobnost není nutně nulová v případě, že nový stav je „horší" než stav původní, proto tato metoda při dostatečné teplotě neuvázne v lokálním minimu. Tuto metodu lze použít na funkce nejen nad $\mathbb{R}$ nebo $\mathbb{Z}$, ale i nad vektory.

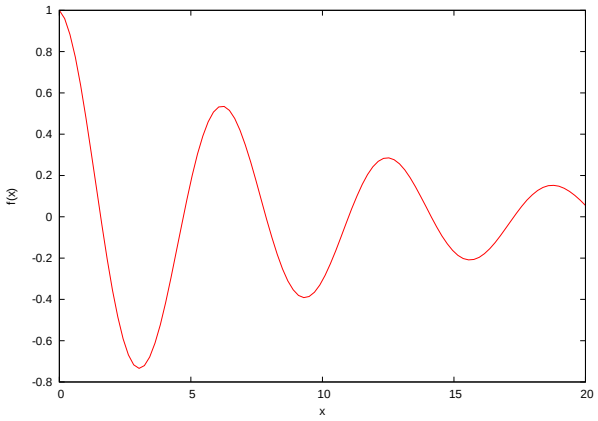
Vstup: T_0 (počáteční teplota), $\vec{\mathrm{x}_0}$ (počáteční stav)
$T \leftarrow \mathrm{T}_0$, $\vec{x} \leftarrow \vec{\mathrm{x}_0}$, $k \leftarrow 0$
opakuj
  $\vec{x_n} \leftarrow$ stav z okolí $\vec{x}$
  $p \leftarrow \mathrm{g}(\frac{\mathrm{f}(\vec{x})-\mathrm{f}(\vec{x_n})}{T})$
  $\vec{x} \leftarrow \vec{x_n}$ s pravděpodobností p
  $k \leftarrow k+1$
  $T \leftarrow \mathrm{h}(\mathrm{T}_0, k)$
dokud $k < \mathrm{k}_{\max}$;

Charakteristika simulovaného žíhání je do velké míry určena charakteristickou skokovou funkcí g a ochlazovací funkcí h. Mezi jejich obvyklé kombinace patří:

- „Klasická": $\mathrm{g}_1(x) = \begin{cases} \exp(x) & \mathrm{x} < 0 \\ 1 & \mathrm{x} \geq 0 \end{cases}$, $\mathrm{h}_1(T_0, k) = T_0 \cdot \mathrm{Q}^{k-1}$
- „Moderní": $\mathrm{g}_2(x) = (1+\exp(-x))^{-1}$, $\mathrm{h}_2(T_0, k) = \frac{T_0}{\log_2(K+2)}$
- FSA (fast simulated annealing): $\mathrm{g}_3(x) = \frac{1}{2} + \frac{\arctan x}{\pi}$, $\mathrm{h}_3(T_0, k) = \frac{T_0}{1+\frac{K}{\mathrm{N}_0}}$

FSA také zavádí oproti jednodušším variantám novinku: nové řešení se nyní určuje jako $x_{\text{nov}} = x + \Delta \cdot \xi$, kde ξ je náhodná veličina s Cauchyho rozdělením a $\Delta_K = \frac{\Delta_0}{1+\frac{K}{N_0}}$ ($N_0 \in \mathbb{N}$, $\Delta_0 \in \mathbb{R}$; N_0 je stejné jako v chladící funkci). Toto umožňuje FSA se snižováním teploty nejenom „méně poskakovat", ale i „lépe mířit".

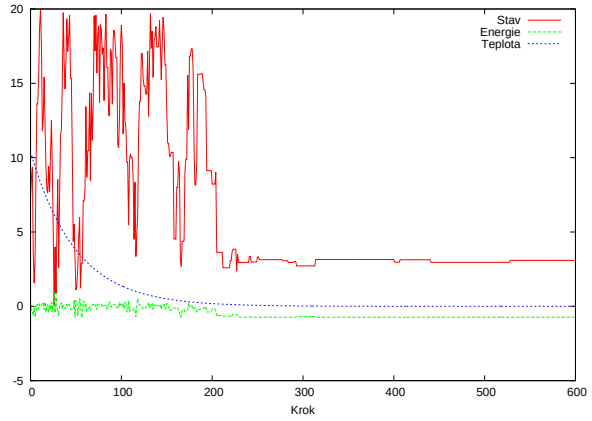
2.2 Pokusy



Obrázek 1: Graf $f(x) = \exp(\frac{-x}{10}) \cdot \cos(x)$ na $\langle 0; 20 \rangle$

Svůj program jsem nejdříve testoval minimalizací $f(x) = \exp(\frac{-x}{10}) \cdot \cos(x)$ na intervalu $\langle 0; 20 \rangle$. Tato funkce má na tomto intervalu 3 lokální minima v bodech π, 3π a 5π, přičemž první z nich je minimem celého intervalu.

Otestoval jsem jak „klasickou" a „moderní" sadu skokových a chladících funkcí, tak i FSA. FSA oproti jednodušším strategiím dosáhlo minima za mnohem kratší dobu, a navíc získalo výsledek s větší přesností.

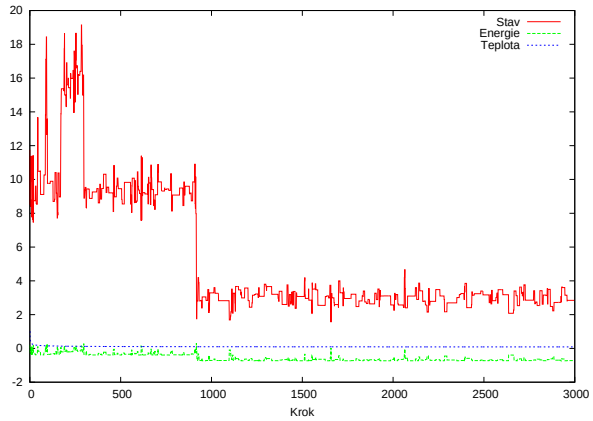


Obrázek 2: Porovnání různých strategií žíhání - klasická

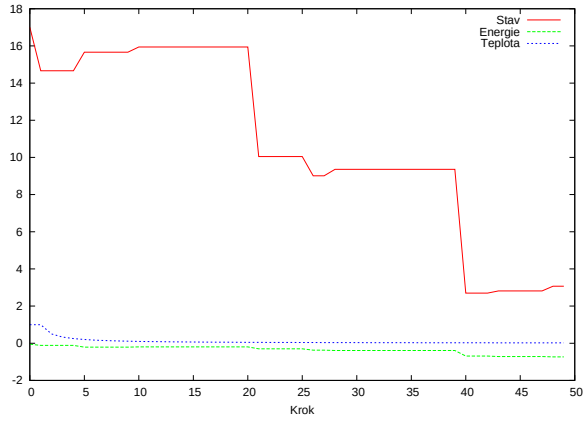
Dále jsem program upravil na hledání výsledku ve formě vektoru a vyzkoušel jej na Rosenbrockově a Himmelblauově funkci.

Rosenbrockova funkce je definována jako $R(x, y) = (1-x)^2+100(y-x^2)^2$. Často se využívá na testování optimalizačních algoritmů, protože její graf je „údolí", ve kterém se na souřadnicích $(1, 1)$ nachází globální minimum 0. Je jednoduché najít „údolí", ale je poměrně složité najít toto „mělké" globální minimum.

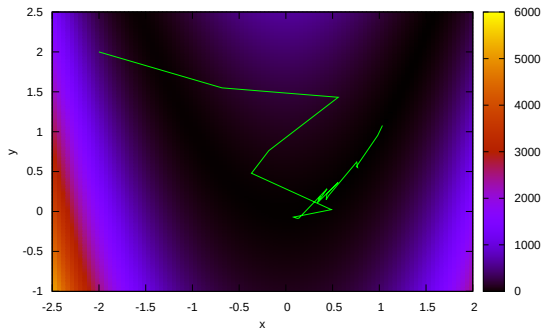
Himmelblauova funkce je opět polynom: $H(x, y) =$



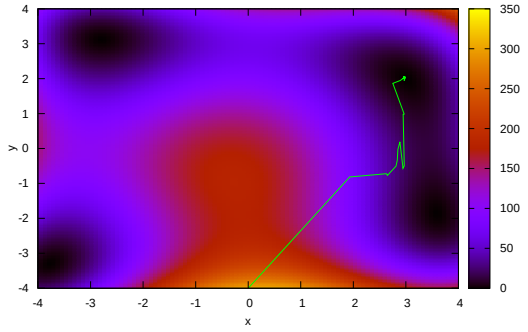
Obrázek 3: Porovnání různých strategií žíhání - moderní



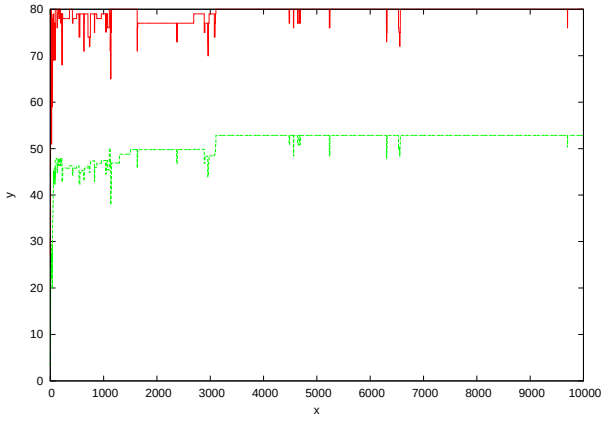
Obrázek 4: Porovnání různých strategií žíhání - FSA



Obrázek 5: Průběh hledání minima Rosenbrockovy funkce



Obrázek 6: Průběh hledání minima Himmelblauovy funkce



Obrázek 7: Průběh hledání řešení na problém batohu

$(x^2+y-11)^2+(x+y^2-7)^2$. Má 4 minima s hodnotou 0 na přibližných souřadnicích $(3,2)$, $(-2.8,3.1)$, $(-3.8,-3.2)$ a $(3.6,-1.8)$.

Můj poslední pokus byla optimalizace 0-1 problému batohu (0-1 knapsack problem). Jedná se o klasický NP-kompletní problém: máme různé předměty s různou hmotností a různou cenou a batoh s omezenou nosností. Jak lze naskládat do batohu předměty tak, aby jejich celková cena byla maximální? Protože se jedná o NP-kompletní problém, bylo by neužitečné jej v praxi řešit hledáním přesného dokonalého řešení. V případě, že stačí jen dostatečně dobré, ale nikoliv optimální řešení, je na tuto úlohu simulované žíhání vhodný nástroj. Stav se nyní skládá z množiny předmětů, které jsou v batohu, a okolí stavu jsou množiny, ve kterých některé předměty přidáme nebo odebereme. Množství těchto změn je závislé v každém kroku na $\xi \cdot \Delta$. Ohodnocovací funkcí stavu je celková hodnota předmětů v batohu. Program opět nalezl dobré řešení.

3 Shrnutí

Popsal jsem základní využití techniky simulovaného žíhání k hledání optimálních řešení. Otestoval jsem svoji implementaci na několika testovacích funkcích pro optimalizační algoritmy a na problému batohu.

4 Poděkování

Děkuji doc. Ing. Jaromíru Kukalovi, Ph. D. za inspirující odborné vedení miniprojektu a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci Týdne vědy na Jaderce 2011.

Seznamte se s polarizací!

J. Klinkovský* Z. Špačková† N. Závadská ‡

Abstrakt

Zabývali jsme se teorií a využitím polarizovaného světla. Při průchodu světla dvěma polarizačními filtry jsme ověřili Malusův zákon. Určili jsme Brewsterův úhel pro odraz na černém skle jako 56°. Měřili jsme také odraz světla na hliníkové fólii, kde jsme v souladu s teorií neprokázali existenci Brewsterova úhlu.

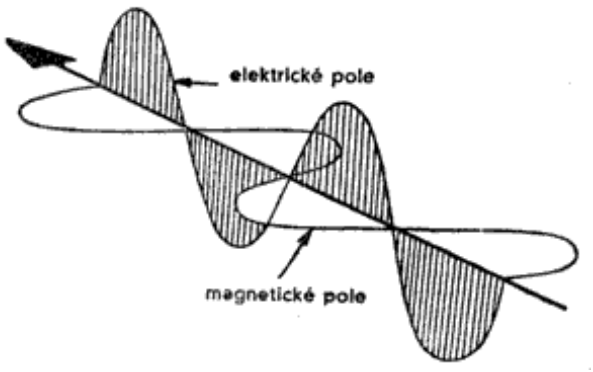
1 Úvod

Polarizaci objevil Étienne Louis Malus při pozorování odrazu světla od skleněné tabulky přes islandský vápenec a zjistil, že dva paprsky vytvořené dvojlomem (sklo, krystal) zmizí, když s ním rotujeme. Na jeho výzkum navázal David Brewster svým pozorováním odrazu světla na skle a objevil úhel odrazu tzv. Brewsterův úhel. Další výzkum odhalil vztah mezi indexem lomu prostředí a Brewsterovým úhlem, což umožnilo určování indexu lomu optického skla pomocí odrazu lépe než lomu. Při studiu polarizace nacházíme mnoho zajímavých jevů, které lze aplikovat do praxe např. LCD displeje či 3D kina.

Jako cíl naší práce jsme si stanovili ověření Malusova zákona a určení Brewsterova úhlu.

2 Teorie

Viditelné světlo je elektromagnetické vlnění o vlnové délce 390 nm až 750 nm. Je složeno ze dvou složek – z elektrické a z magnetické, které jsou v čase proměnné, a tudíž spolu vzájemně interagují. Vektory intenzity elektrického pole **E**, magnetické indukce **B** a rychlosti šíření vlny v jsou v obvyklých případech vzájemně kolmé.



Obr. 1: Šíření elektromagnetické vlny v prostoru

Elektromagnetické vlnění obecně lze popsat třemi základními charakteristikami — intenzitou, spektrem (obsaženými barvami tj. frekvencemi či vlnovými délkami) a polarizací (směrem **E**).

V nepolarizovaném světle vektor intenzity elektrického pole **E** nepravidelně kmitá v různých směrech kolmých ke směru šíření vlny. V opačném případě se jedná o polarizované světlo.

*Gymnázium Blansko, kuba.klinkovsky@gmail.com
†Gymnázium Lipník nad Bečvou, spackova.zdenka@centrum.cz
‡SPŠ-Karviná, nikola.zavadska@seznam.cz

Dále se budeme zabývat pouze elektrickou složkou monochromatické úplně polarizované elektromagnetické vlny, magnetickou část lze vždy dopočítat. Vektor intenzity elektrického pole $\mathbf{E}$ můžeme rozložit do dvou složek E_x a E_y podle zvolené soustavy souřadnic viz obr. 1, výsledné pole můžeme zapsat jako

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_{x0}\cos(\omega t + \varphi_1) + \mathbf{E}_{y0}\cos(\omega t + \varphi_2).$$

Podle fázového rozdílu $\varphi_1 - \varphi_2$ těchto složek rozlišujeme několik druhů polarizace – eliptická, kruhová a lineární:

- eliptická $|\varphi_1 - \varphi_2| \in (0, \pi)$,
- kruhová $|\varphi_1 - \varphi_2| = \frac{\pi}{2}$,
- lineární $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$ nebo π.

V elipticky polarizovaném světle opisuje vektor intenzity elektrického pole $\mathbf{E}$ elipsu (popř. kružnici). Výsledná elektromagnetická vlna se tedy stáčí v čase či v prostoru do pravotočivé nebo levotočivé šroubovice. V lineárně polarizovaném světle kmitá vektor intenzity elektrického pole $\mathbf{E}$ stále ve stejné rovině, na které leží osa z.

Z nepolarizovaného světla vytvoříme polarizované světlo jedním z těchto způsobů: absorpce, odraz a dvojlom.

Podle Malusova zákona dojde po průchodu lineárně polarizovaného světla polarizačním filtrem k zeslabení intenzity elektromagnetické vlny I v závislosti na úhlu stočení θ osy propustnosti filtru vzhledem ke směru polarizace $I = I_0 \cos^2\theta$, kde I_0 je prošlá intenzita při nulovém stočení.

Snellovy zákony určují směry šíření elektromagnetických vln, které prochází lomem z jednoho prostředí do druhého resp. odráží se (zákon lomu, zákon odrazu). Intenzity vln šířících se v jednotlivých směrech udávají Fresnelovy vzorce. Z těchto vzorců plyne, že v případě rozhraní neabsorpčních prostředí existuje tzv. Brewsterův úhel, což je úhel dopadu, při kterém dochází k úplné lineární polarizaci odraženého světla.

Při odrazu nepolarizovaného světla od skleněné destičky dojde k částečné polarizaci odraženého světla. Poměr polarizovaného a nepolarizovaného světla vyjadřuje stupeň polarizace $|\mathbf{P}|$. Pokud je

- $|\mathbf{P}| = 1$ úplně polarizované světlo,
- $|\mathbf{P}| = 0$ nepolarizované světlo,
- $|\mathbf{P}| \in (0; 1)$ částečně polarizované světlo.

Měřením souboru čtyř intenzit (při pootočení polarizačního filtru o 0°, 90°, 45°, 45° + čtvrtvlnová destička) lze zjistit stupeň polarizace viz [3].

2.1 Využití polarizace

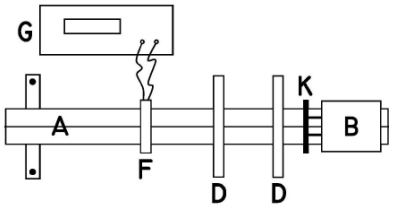
- 3D kino: Divák dostane polarizační brýle, jejichž sklíčka jsou lineární polarizátory, které mají osy propustnosti pootočené o 90°. Projektory promítají dva obrazy s různou polarizací natočené dvěma kamery, díky polarizačním brýlím poté vzniká dojem 3D obrazu.
- LCD displej: Displej obsahuje dva lineární polarizační filtry se zkříženými osami propustnosti, mezi nimiž je vrstva tekutých krystalů uspořádaných do spirálovité struktury, které stáčejí rovinu polarizace o 90°. Po připojení napětí k této vrstvě dojde k rozrušení struktury, krystaly tedy neovlivní rovinu polarizace a světlo přes polarizační filtry neprojde.

3 Experiment

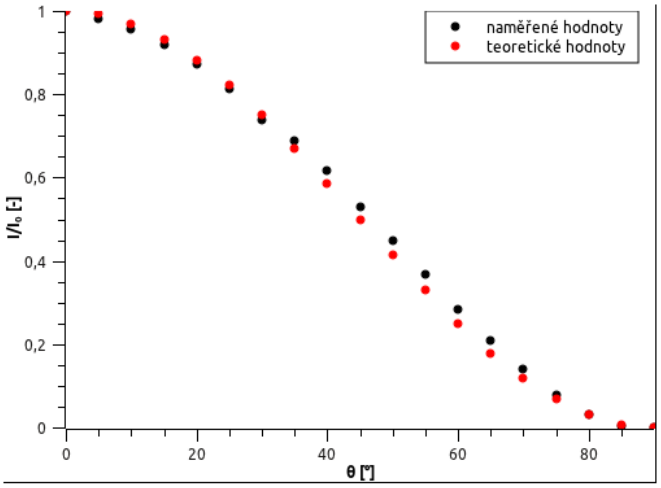
3.1 Malusův zákon

Na optickou lavici A jsme umístili světelný zdroj nepolarizovaného světla B, před který jsme vložili polarizátor D, který nám vytvořil lineárně polarizované světlo. Před fotočlánek F jsme vložili další polarizátor D (analyzátor), jehož osu propustnosti jsme stáčeli viz obr. 2.

Z grafu na obr. 3 plyne, že naměřené hodnoty se téměř shodují s teoretickými hodnotami.



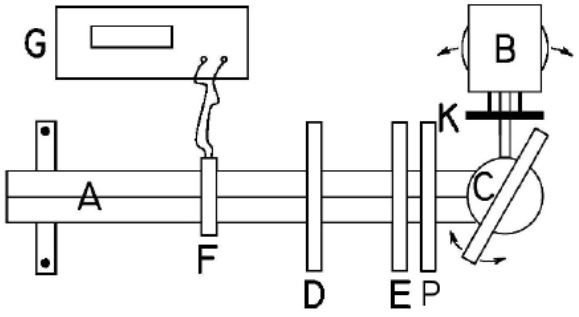
Obr. 2: Uspořádání při měření Malusova zákona: F - fotočlánek, A – optická lavice, B – světelný zdroj, D – polarizační filtr, K – matnice, G – multimetr



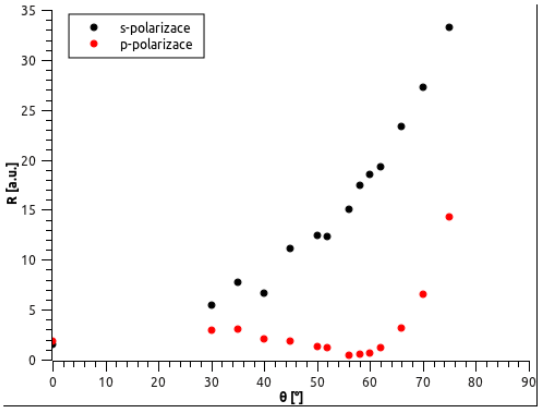
Obr. 3: Naměřené hodnoty relativní intenzity I/I_0 v závislosti na úhlu stočení polarizátoru a analyzátoru θ a teoreticky předpověděné hodnoty

3.2 Určování Brewsterova úhlu

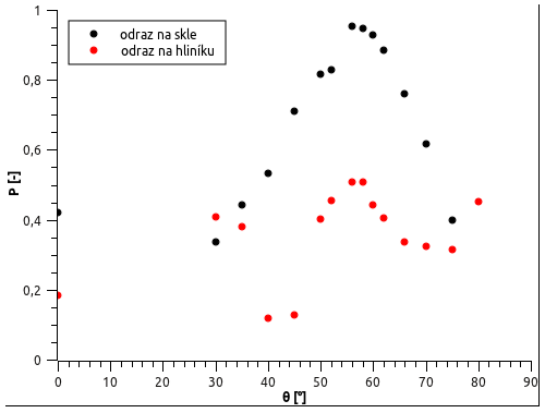
Na optickou lavici A jsme umístili černé zrcadlo C, od kterého jsme v daných úhlech odráželi světlo do irisové clony P. Před fotočlánek F jsme vložili polarizační filtr D. U něj jsme stáčeli osu propustnosti na 0°, 90°, 45° a 45° s čtvrtvlnovou destičkou E, která se vkládá mezi polarizační filtr D a irisovou clonu P viz obr. 4.



Obr. 4: Uspořádání při určování Brewsterova úhlu: A – optická lavice, B – světelný zdroj, C – otočné černé zrcadlo, D – polarizační filtr, E – čtvrtvlnová destička, F – fotočlánek, G – multimetr, K – matnice, P – irisová clona



Obr. 5: Závislost odrazivosti energie R na úhlu dopadu θ na skle pro různé polarizace



Obr. 6: Závislost stupně polarizace P odraženého světla na úhlu dopadu θ na skle a hliníkové folii

Na obr. 5 naleznete závislost odrazivosti R na úhlu dopadu θ na skle pro dvě navzájem kolmé polarizace. Naměřené hodnoty odpovídají teoretickému modelu. Na obr. 6 naleznete stupeň polarizace pro světlo odražené na skle a na hliníkové folii. Pro rozhraní vzduch-sklo jsme ověřili existenci a určili Brewsterův úhel $(56 \pm 3)°$. Pro odraz na hliníkové folii viz obr. 6 jsme nezjistili existenci úhlu, pod kterým by se odráželo vysoce polarizované světlo.

4 Závěr

Měřili jsme intenzitu světla procházejícího polarizátorem a analyzátorem v závislosti na stočení jejich os propustnosti. Námi naměřené hodnoty se téměř shodují s teoretickými hodnotami, tedy jsme ověřili Malusův zákon. Brewsterův úhel pro odraz světla od černého skla jsme určili podle maxima jako $(56 \pm 3)°$. Měřením odrazu světla od hliníkové fólie jsme neprokázali existenci Brewsterova úhlu, při kterém by bylo odražené světlo plně polarizované, což se shoduje s teoretickým předpokladem.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za organizaci Týdne vědy na Jaderce. Dále děkujeme našemu supervizorovi Jiřímu Slabému za poskytnutí vyčerpávajících informací ohledně problematiky polarizace a světla jako takového a za pomoc při měření.

Použitá literatura

[1] Goldstein D., *Polarized light*, 2.vyd., Marcel Dekker, Inc, 2003.

[2] Polarizace (vlnění) *Wikipedia : the free encyclopedia.*, 24.5.2007, naposledy změněno 11.11.2010 [cit. 2011-06-21], Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Polarizace_(vlnění)

[3] Kolektiv katedry fyziky *Úlohy fyzikálních praktik – Měření s polarizovaným světlem* http://praktika.fjfi.cvut.cz/Polarizace/

[4] Slabý J., *Fyzikální praktikum FJFI ČVUT v Praze, úloha 9: Polarizace*, 2010

Měření charakteristik pevnolátkového infračerveného Er:Yag laseru

Ondřej Ticháček, PORG, ondrejtichacek@gmail.com

Abstrakt:

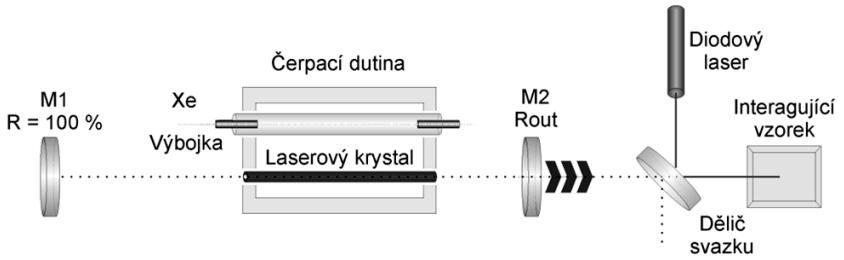
Úkolem bylo proměření základních charakteristik záření pevnolátkového infračerveného Er:YAG laseru. Mezi ně patří například délka pulzu, vstupní a výstupní energie, hustota výkonu a další. Práce zároveň spočívala v ověření vztahů mezi jednotlivými parametry.

1. Úvod

Když byl laser v šedesátých letech minulého století objeven, býval nazýván „řešením, hledajícím problém“. Dnes se ovšem lasery vyskytují ve všech možných oborech – od využití v optických záznamových zařízeních (CD, DVD, …) přes různé technické aplikace (např. řezání a sváření), vojenské aplikace (naváděcí systémy), vědecké a výzkumné projekty, astronomii až po medicínu. Pro dosažení jejich maximálního potenciálu je ale nejprve potřeba tato zařízení důkladně prostudovat a pochopit, na jakém principu pracují. Dalším výzkumem je pak můžeme zdokonalit či dokonce objevit nová převratná využití.

2. Laser

Slovo laser je zkratkou pro *Light Ampiflication by Stimulated Emission of Radiation*, neboli zesilování světla stimulovanou emisí záření.



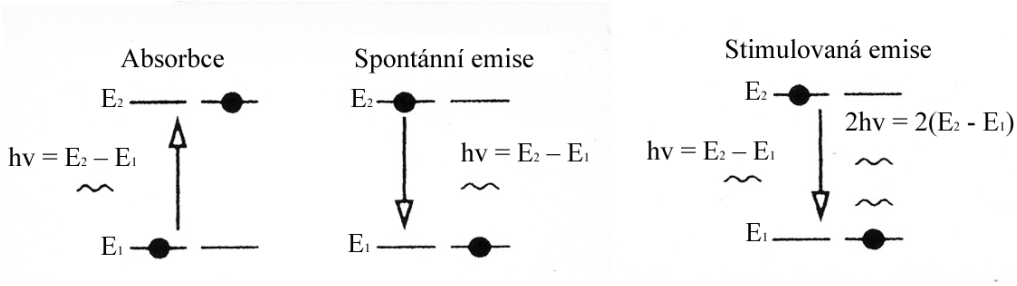
Obr. 1 Schematický nákres pevnolátkového laseru

Princip

Každý laser se skládá z několika základních částí. Hlavní je aktivní prostředí (v našem případě Er:YAG krystal), do kterého je čerpána energie (například výbojkou nebo diodou). Výbojka a aktivní krystal jsou uzavřeny v čerpací dutině, která zvyšuje účinnost čerpání. Toho je docíleno eliptickým tvarem dutiny, v jejímž prvním ohnisku je právě aktivní prostředí a v druhém výbojka. Čerpání energie v aktivním prostředí excituje elektrony, které při náhodných přechodech na nižší energetickou hladinu vyzáří kvantum energie ve formě elektromagnetického záření. Tomu se říká spontánní emise. Při přechodu z vyšší energetické hladiny na nižší může kromě emise spontánní existovat také emise stimulovaná, která nastává tehdy, kdy spontánní foton způsobí přechod další kvantové soustavy z excitovaného na základní. Vyzá-

řený foton bude mít stejnou vlnovou délku, směr a fázi – záření bude monochromatické, směrové a koherentní.

Čerpací komora je umístěna mezi dvě zrcadla, která výstupní záření odráží částečně zpět do aktivního prostředí. Jedná se o tzv. rezonátor. V něm opakovaně spouští stimulovanou emisi (všechny excitované elektrony sestoupí na nižší hladiny) a tím dojde k velkému zvýšení intenzity záření. Jedno ze zrcadel je polopropustné – tím prochází laserový svazek ven z rezonátoru. Rezonátor určuje základní charakteristické rysy stimulovaného záření - spektrální čáru, časovou a prostorovou koherenci a směrovost záření.



Obr. 2 Znázornění dějů probíhajících při interakci elektromagnetického záření s kvantovou soustavou

Experiment

V našem experimentu jsme používali Er:YAG (Erbium:Yttrium Aluminium Granát) laser čerpaný xenonovou výbojkou s otevřeným rezonátorem. Výstupní zrcadlo mělo reflektanci (odrazivost) 85%. Dominantními vlnovými délkami generovaného záření pro Er:YAG krystal jsou 2,94 μm a 1,56 μm. Obě tyto vlnové délky jsou mimořádně zajímavé pro aplikace. Na vlnové délce 2,94 μm je absorpční maximum vody (absorpční koeficient v tkáni je vyšší, než pro ostatní měřené vlnové délky - hloubka průniku je 2 μm), což je důležité především pro aplikace v medicíně. Vlnová délka 1,56 μm spadá do tzv. „oku bezpečné oblasti".

Laser pracuje v režimu volné generace, což znamená, že budící energie je dodávána po dlouhou dobu ve srovnání s dobou vyzáření a kvantový systém aktivního prostředí je vybuzován opakovaně. Generovaná délka pulzu je obvykle v rozmezí desítek až stovek mikrosekund, čímž je i špičkový výkon nízký. Dalším významným parametrem je celková výstupní energie a opakovací frekvence.

Nastavení výstupního zrcadla rezonátoru:

Aby laser dosahoval maximální možné účinnosti, musí být správně nastavená zrcadla rezonátoru. Seřízení zrcadel se dělá pomocí externího He-Ne laseru. Cílem je, aby odražené záření směřovalo přesně zpět do aktivního prostředí a stimulovalo další emisi.

Jemné doladění se pak dělá za pomocí sondy, měřící intenzitu záření. Ve chvíli, kdy je intenzita nejvyšší jsou zrcadla nastavená správně.

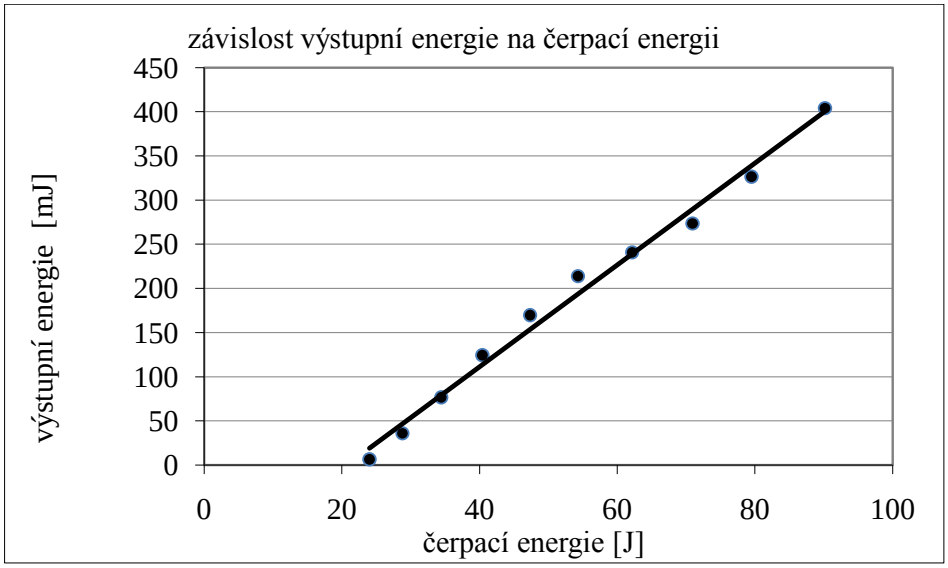
Prahová budící energie:

Aby docházelo k stimulované emisi elektromagnetického záření, musí se aktivní prostředí vybudit určitou minimální energií. Ta je pro každý laser jiná a závisí na jeho konstrukci a režimu, ve kterém pracuje. Nazývá se prahová energie buzení. Ta při naší konfiguraci byla 22 J. Měření jsme prováděli s budící energií v rozsahu 22 až 90 J. Při kapacitě kondenzátorů ve

zdroji C = 100 μF jí podle vzorce $E=1/2 \cdot C \cdot u^2$ odpovídalo napětí 662 až 1343 V. Regulace intenzity laseru spočívala v regulování vstupního napětí ze zdroje.

Závislost budící energie na energii výstupní:

Při rostoucí budící energii by měla růst i výstupní energie záření – jeho intenzita. Tato závislost by podle teorie měla být lineární. Výstupní energie se měří sondou, na kterou dopadá laserový svazek. Díky pyroelektrickému jevu se na ní indukuje napětí, z jehož hodnoty po přepočtu dostaneme energii. Námi naměřená závislost je na obrázku 3.



Obr. 3 Graf závislosti výstupní energie na energii čerpací

Hustota energie a výkonu:

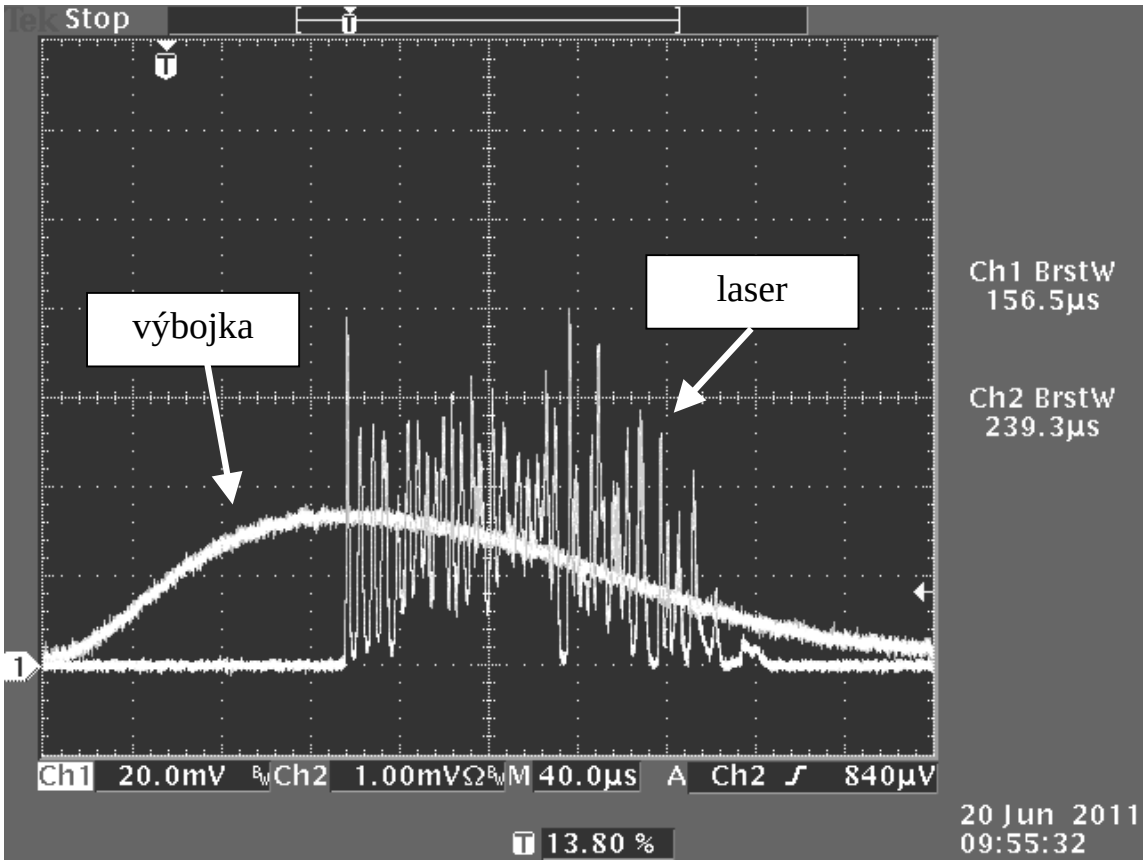
Pomocí fotografického papíru, na který se zaznamená stopa výstupního záření, je možné přibližně určit hustotu energie při jednotlivých pulzech. Pokud známe dobu trvání jednoho takového pulzu, jsme schopni spočítat i hustotu pulzního výkonu. Na fotografickém papíru změříme obsah stopy svazku záření. Další potřebné hodnoty zaznamenává osciloskop připojený k energetické sondě. Změří délku pulzu a pomocí integrace i celkovou energii pulzu. Viz tabulka 1.

maximální výstupní energie E	0,404 J
délka generovaného impulzu τ	203 μs
špičkový pulzní výkon P	1991,5 W
příčný průřez svazku S	0,07544 cm^2
hustota energie F	5,356 J/cm^2
hustota výkonu W	26 399 W

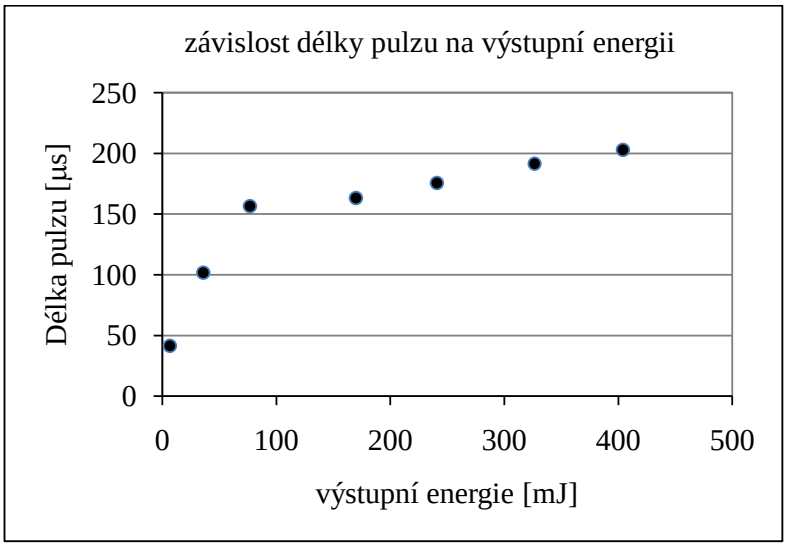
Tab. 1 Naměřené charakteristiky záření Er:YAG laseru pro maximální čerpací energii.

Délka pulzu:

Délka pulzu by se podle teorie měla s rostoucí hodnotou čerpací energie růst. Již ovšem ne lineárně. Křivku závislosti můžeme vidět na grafu (Obr. 5).



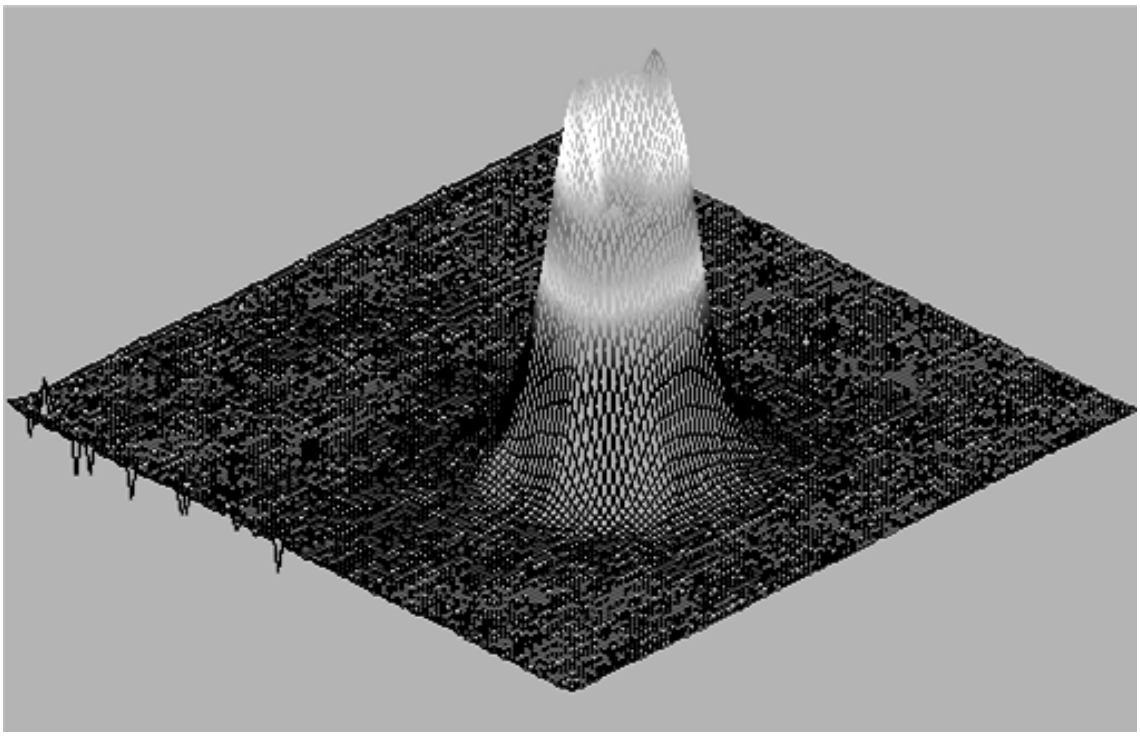
Obr. 4 Záznam z osciloskopu ukazující délku pulzu laseru a dobu svitu výbojky.



Obr. 5 Graf závislosti délky pulzu na výstupní energii

Profil svazku:

Profil svazku záření není, jak by se mohlo na první pohled zdát, homogenní. Intenzita záření se v jednotlivých částech jeho průřezu liší. Rozložení se s měnící se generovanou energií mění také. Za ideální se považuje, má-li svazek jádro s nejvyšší intenzitou záření, které je obaleno vrstvami s intenzitou postupně se snižující. Při určitých čerpacích energiích nebo při určitém nastavení optiky může profil svazku záření vypadat dosti jinak. Nemusí mít např. kruhový tvar, může mít více oblastí s maximální intenzitou.



Obr. 6 3D zobrazení profilu svazku záření. Vertikální osa zobrazuje intenzitu.

3. Shrnutí

Výsledkem naší práce je v první řadě tabulka 1, která ukazuje základní charakteristiky záření pevnolátkového infračerveného Er:YAG laseru. Dále pak grafy (obr. 3 a obr 5) popisující vzájemné závislosti jednotlivých parametrů záření a obrázek 6, který zaznamenává profil svazku záření.

Poděkování

Poděkování patří především supervizorovi projektu, Ing. Michalu Němcovi, dále také organizátorům Týdne vědy na FJFI.

Reference:

[1] VRBOVÁ, M.; JELÍNKOVÁ, H.; GAVRILOV. P.: *Úvod do laserové techniky*. Nakladatelství ČVUT, 1998

Poškození DNA účinkem ionizujícího záření

N. Stoklasová
Friedrich-Schiller-Gymnasium, Pirna
sNatalie.s@seznam.cz

M. Caha
Gymnázium Velké Meziříčí
nitramahac@seznam.cz

G. Krejčíková
Gymnázium Plasy
g.krejcikova@seznam.cz

M. Bulínová
Gymnázium Plasy
mery.bulinova@gmail.com

Oddělení dozimetrie záření
Ústav jaderné fyziky, AV ČR, v.v.i.
Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86

Abstrakt:
Naším úkolem bylo zkoumat poškození DNA účinkem ionizujícího záření. Výtěžek jednoduchých a dvojných zlomů v plasmidové DNA pro různé dávky gama záření byl změřen metodou agarózové elektroforézy.

1 Úvod

Makromolekula DNA, jakožto nositelka genetické informace, se řadí mezi nejdůležitější části buňky. Její poškození může vážně ohrozit celý organismus. V radibiologickém výzkumu se často pracuje s extrachromozomální, autoreplikující se kruhovou DNA, tzv. plasmidem. Pro účely tohoto experimentu byla použita plasmidová DNA pcDNA3, obsahující 5446 bázových párů (dále jen bp), pBR s 5509 bp a pBS s 3204 bp. Ionizující záření poškozuje DNA dvěma způsoby. Přímým způsobem je interakce ionizující částice s atomem molekuly DNA, nepřímý probíhá prostřednictvím produktů radiolýzy vody. Vznikají tak jednoduché i dvojné zlomy řetězce, dochází k poškození bází, cross-linky uvnitř molekuly nebo mezi DNA a proteiny. Buňku tvoří z velké většiny voda, a proto v důsledku ozáření nejčastěji dochází k

radiolýze vody, jejímž produktem jsou hydroxylové radikály. Po ozáření mění plasmidová DNA svoji strukturu na kruhovou (v případě jednochého zlomu) nebo lineární (v případě dvojného zlomu), tyto struktury pak v gelu v elektrickém poli různě rychle migrují. Cílem projektu bylo určit výtěžky jednoduchých a dvojných zlomů plasmidové DNA v závislosti na rostoucí dávce ionizujícího záření.

2 Materiály a metody

• Použité chemikálie:

- autoklávovaná (sterilizovaná) destilovaná voda
- plasmidy pcDNA3, pBR a pBS
- 100 mM fosfátový pufr (pH 7,9)
- agarosa
- 50x TAE pufr (pH 8)
- fluorescenční barvivo SYBR Green I
- nanášecí (loading) pufr

• Příprava vzorků:

Pro nepoškozenou (dvouvláknovou) DNA platí, že je-li spektrofotometrem změřená optická hustota rovna jedné, pak je koncentrace DNA rovna 50 mg/ml. Pro každý plasmid bylo připraveno celkem 8 vzorků, z toho 6 použitých a 2 záložní. Každý vzorek obsahoval 100ng DNA v 10 mM fosfátového pufru. Konečný objem každého vzorku měl být 10 µl.

	pBS	pcDNA3	pBR
Plasmid [µl]	7,7	20	20
Fosfátový pufr [µl]	10	10	10
Voda [µl]	82,3	70	70

• Příprava gelu pro elektroforézu:

1% agarosový gel v 0,5x TAE přikrytý alobalem byl za stálého míchání vařen dostatečně dlouhou dobu pro rozpuštění agarosy. Do této směsi schlazené na 60°C bylo přidáno barvivo SYBR Green I v poměru 1:10 000. Po zamezení přístupu světla mohl gel tuhnout v připravené formě.

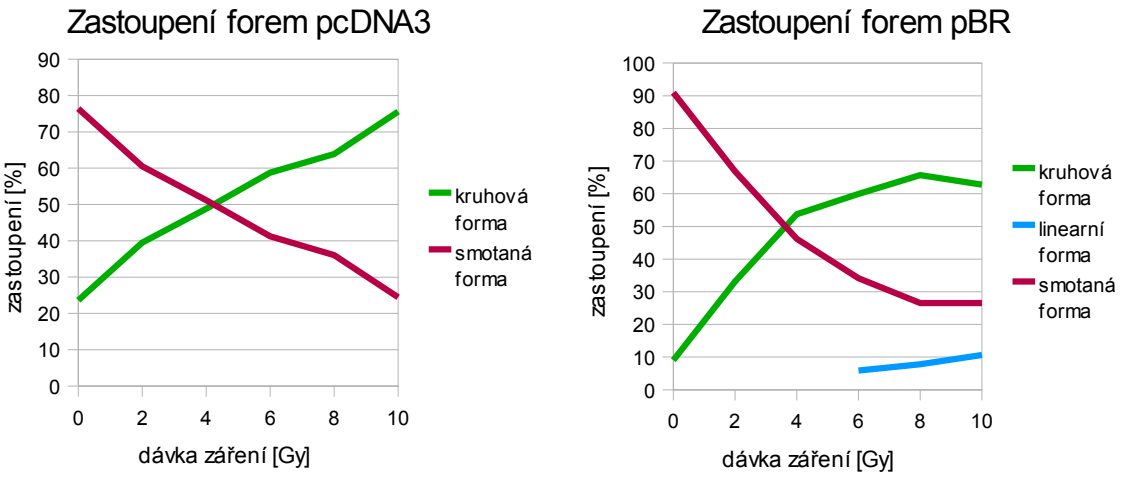
• Ozařování vzorků ^{60}Co:

Vzorky byly ozářeny γ zářením za pokojové teploty ve vzdálenosti 0,293 m zdrojem ^{60}Co. Použité dávky byly 2, 4, 6, 8, 10 Gy. Ze vzorců $\frac{At}{Ao} = e^{-\lambda t}$ a $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ byl odvozen vzorec $t = \frac{Dl^2}{At}$, pomocí něhož jsme vypočítali dobu ozařování pro dávku 2 Gy, která je rovna 5 minutám a 52 sekundám.

- **Elektroforéza:**
  Ztuhlý gel byl umístěn do lázně 0,5x TAE pufru. Každý vzorek obohacený o 2 µl nanášecího (loading) pufru byl velmi rychle nanesen do jamek v gelu. Elektrody zapojené ve správném směru migrace DNA na gelu byly nastaveny na napětí 100 V.

- **Zobrazení gelu:**
  Po úspěšné migraci byl gel vyndán z lázně a následně vyfocen v temné komoře na UV světle.

3 Výsledky a diskuse



Z výše uvedených grafů je evidentní, že s přibývající dávkou ozáření stoupá zároveň pravděpodobnost poškození DNA. Smotaná forma je nepoškozená DNA, ozářením vznikají jednoduché zlomy a tím tzv. kruhová DNA. Při větších dávkách ozáření pak vznikají zlomy dvojné a s nimi lineární forma DNA. U obou výsledků je zřetelné, že při ozáření větší dávkou než 4 Gy již převažuje poškozená DNA nad nepoškozenou.

Zajímavým úkazem je, že pouze u druhého vzorku, a to až při hodnotě ozáření 6 Gy, se poprvé objevila lineární forma. Autoři předpokládají, že tento jev může být způsoben vychytávacími látkami přítomnými v pufru který, jak známo, váže volné radikály, které vznikají při radiolýze vody.

4 Poděkování

Autoři děkují především supervizorce Ing. Viktorii Madhusudhan Štísové, PhD. za vedení našeho projektu ke zdárnému konci a Ing. Kateřině Pachnerové Brabcové, PhD. za ozáření. Dále chtějí vyjádřit své díky Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT, Oddělení dozimetrie záření Ústavu jaderné fyziky a v neposlední řadě týmu Týdne vědy.

Reference:

[1] BRAY A., LEWIS J., WALTER R.R.: *Základy buněčné biologie,* 2. vydání, Espero Publishing, s.r.o., 1998

[2] SAMBROOK J., RUSSELL D.W.: *Molecular Cloning,* 3. vydání, Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2001

[3] HALL E.J., GIACCIA A.J., *Radiobiology for the Radiologist,* 6. vydání, Lippincott Williams and Wilkins, 2006

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice 1

J. Hájek, Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora
D. Miketa, Gymnázium, Nad Kavalírkou 1, Praha 5
J. Náplava, Gymnázium Uherské Hradiště

Abstrakt:
Moderní počítačová technika umožňuje efektivně vytvářet matematické modely i vizuální reprezentace fyzikálních dějů. Zaměřili jsme se na možnosti programu Wolfram Mathematica při řešení některých úloh z vlnové optiky.

1 Úvod

Počítačové algebraické systémy (CAS – computer algebra systems) umožňují rychlou a pohodlnou práci s algebraickými výrazy. S jejich pomocí lze automatizovat i náročnější úlohy, jako je hledání primitivní funkce. CAS se také často využívají k modelování fyzikálních situací.

2 Simulace

Pomocí komerčního CAS Wolfram Mathematica jsme simulovali difrakci vlnění na úzké obdélníkové štěrbině a na kruhovém otvoru. Pro šíření vln platí Huygensův princip – každý bod na čele šířící se vlny lze chápat jako nový zdroj vlnění. Díky této vlastnosti pozorujeme na překážkách, které narušují šíření vlnění, zajímavé jevy.

2.1 Difrakce

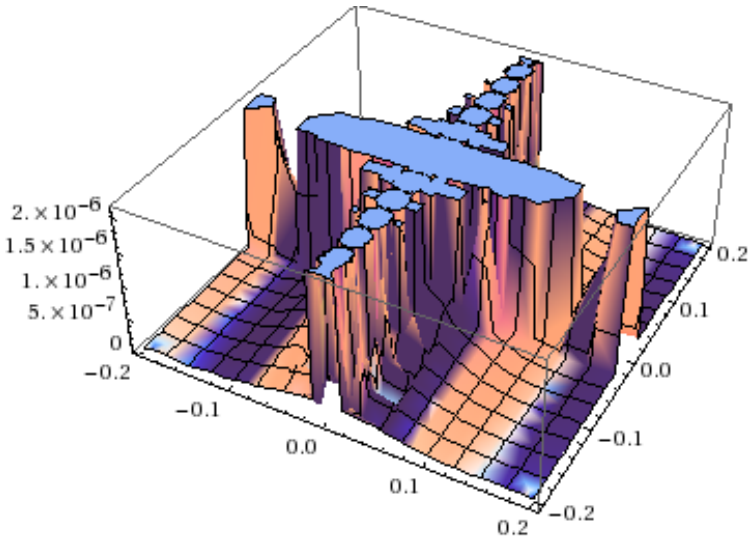
Při průchodu rovinné vlny štěrbinou dochází k Fraunhoferově difrakci. Vlnění se šíří i do oblasti geometrického stínu a vytváří komplikované obrazce. Nepřímočaré šíření lze vysvětlit Huygensovým principem, vznik obrazců pak plyne z periodicity vlnění. Simulovali jsme průchod vln obdélníkovým i kruhovým otvorem.

Pro obdélnikový otvor lze analyticky odvodit, že

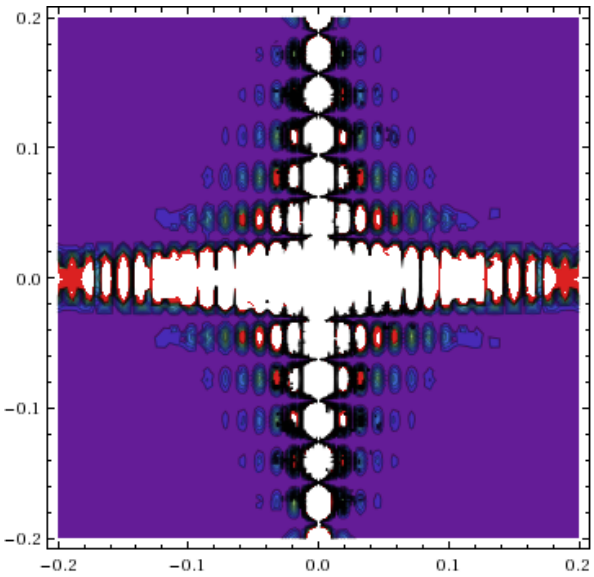
$$I(x,y) = I_0 \operatorname{sinc}^2 \frac{D_x x}{\lambda d} \operatorname{sinc}^2 \frac{D_y y}{\lambda d},$$

kde I je intenzita vlnění na souřadnicích (x,y) desky, ve které je štěrbina, I_0 je maximální intenzita vlnění, *lambda* je vlnovou délkou vlnění, D_x je šířkou a D_y výškou štěrbiny.

CAS umožňují kromě jiného i vykreslování vícerozměrných funkcí několika různými způsoby. Kromě klasického trojrozměrného grafu, kde hodnotu funkce určuje výška bodu na daných souřadnicích, můžeme zobrazit rovinný graf, přičemž hodnotu funkce v daném bodě určuje barva.



Obrázek 1: 3D graf ohybu na obdélníkové štěrbině



Obrázek 2: Simulovaný pohled na obdélníkový otvor s barevně vyznačenou intenzitou

Abychom v CAS Wolfram Mathematica docílili tohoto efektu, zadefinovali jsme nejprve funkci *intensity*, která charakterizuje intenzitu vlnění v bodě. Funkce je proměnná v x, y a λ, takže budeme moci lehce pozorovat vliv vlnové délky na ohybový obrazec.

```
lambda = 550*10^-9
intensity0 = 1
Dx = 0.002
Dy = 0.0001
d = 0.1
intensity[x_, y_, lambda_] :=
 intensity0*Sinc[x*Dx/(lambda*d)]^2*Sinc[y*Dy/(lambda*d)]^2
```

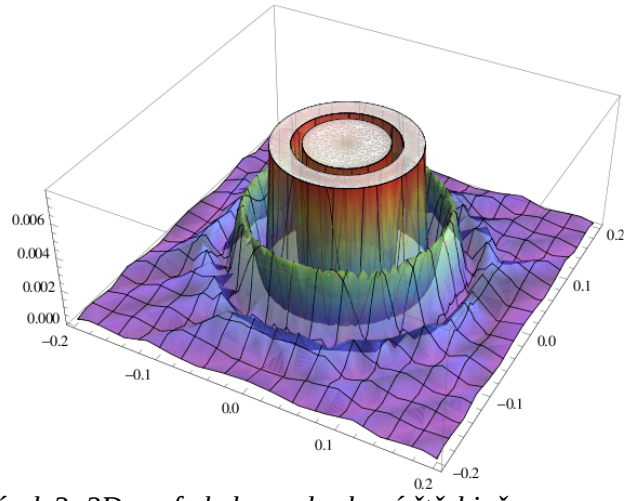
Kód 1: Zavedení funkce intenzity v syntaxi Mathematiky pro obdélníkový otvor

Vykreslování funkcí zajišťuje v Mathematice funkce Plot[*f(x), {x, x_{min}, x_{max}}*], respektive Plot3D[] pro trojrozměrné grafy a ContourPlot[] pro plošné barevné grafy. Příjemnými vlastnostmi tohoto CAS jsou snadné ukládání výsledných obrázků i celkově přehledné formátování, které kombinuje to nejlepší z programátory oblíbeného monospaced písma s typograficky vyspělejšími řezy a dynamickými vizuálními nápovědami, které významnou měrou urychlují hledání syntaktických chyb v kódu.

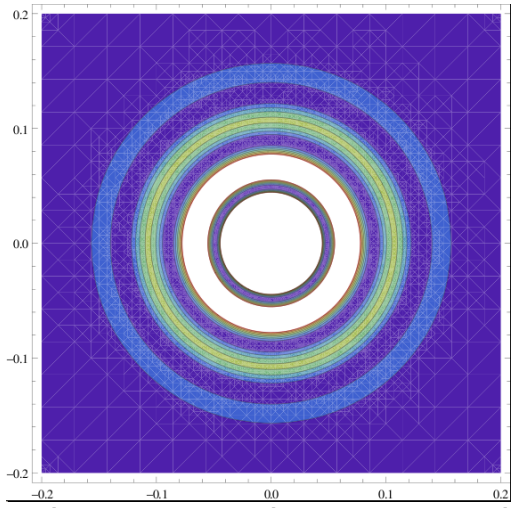
Zkoumali jsme i difrakci na kruhovém otvoru. V tomto případě je dána intenzita vzorcem

$$I(x,y) = I_0 \frac{2J_1(\pi D \rho / \lambda d)}{\pi D \rho / \lambda d}, \rho = \sqrt{(x^2 + y^2)},$$

kde I_0 značí intenzitu vlnění, D je poloměr kruhu a $J_1(\cdot)$ Besselova funkce 1. řádu. Výsledný graf by měl mít dokonalou rotační symetrii, veškeré hrbolaté odchylky jsou tedy jen nepřesnostmi v numerickém výpočtu a algoritmu, který body spojuje v rovinu.



Obrázek 3: 3D graf ohybu na kruhové štěrbině



Obrázek 4: Simulovaný pohled na kruhový otvor s barevně vyznačenou intenzitou

```
d = 0.01
intensity0 = 1
diameter = 0.003
intensityKruh[x_, y_, lambda_] :=
 intensity0*(2*
     BesselJ[1,
       Pi*diameter*Sqrt[x^2 + y^2]/(lambda*d)]/(Pi*diameter*
        Sqrt[x^2 + y^2]/(lambda*d)))^2
```

Kód 2: Zavedení funkce intenzity v syntaxi Mathematiky pro kruhový otvor

3 Shrnutí

Počítačové algebraické systémy jako Wolfram Mathematica mohou sloužit jako výkonná vizualizační pomůcka při řešení fyzikálních úloh i pro prezentační účely. Kromě statických grafů, které jsme využili v této práci, umožňují snadno vytvářet i interaktivní applety. V optických úlohách nacházejí CAS bohaté uplatnění a v mnoha případech je vhodnější provést místo experimentu raději počítačovou simulaci.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Dr. Ing. Milanu Šiňorovi za trpělivou a ochotnou pomoc při vedení našeho příspěvku, organizátorům Týdne vědy na Jaderce a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT.

Reference

[1] SALEH B. E. A. - TEICH M. C. *Základy fotoniky* MATFYZPRESS 1994

[2] WOLFRAM S. *The Mathematica Book* Wolfram Media/Cambridge University Press 1999

[3] REICHL, J. - VŠETIČKA M. *Mathematica - fórum: Materiály* http://www.mathematica-forum.cz/materialy.htm

[4] RŮZNÍ AUTOŘI *Wolfram Demonstrations Project* http://demonstrations.wolfram.com/

[5] RŮZNÍ AUTOŘI *Wikipedie: Difrakce* http://cs.wikipedia.org/wiki/Difrakce

Počítačové algebraické systémy ve fyzice

O. Borovec, J. Krejčí
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
honz.krejci@seznam.cz

Abstrakt:
Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se základy ovládání a použití tzv. počítačových algebraických systémů (dále jen PAS). PAS je speciální druh programů určených pro řešení problémů (které lze matematicky zapsat), včetně grafického znázornění.

Z celé škály těchto programů jsme se nejlépe seznámili s Wolframem Mathematicou. Je to program, který má několik výhod, které především spočívají ve velkém množství pomocné dokumentace k programu. Naučili jsme se používat řadu jeho funkcí – např. řešení rovnic, nerovnic, soustav rovnic i nerovnic, zjednodušování výrazů, práce s goniometrickými funkcemi, úpravu na součinový tvar, tvorbu 2D nebo 3D grafů, integrace, derivace atd. Ze zajímavých funkcí můžeme zmínit např. manipulaci, která umožňuje uživateli úpravu vstupních parametrů.

1 Úvod

V dnešní době existuje řada problémů, které jsou považovány za velmi složité nebo dokonce bez použití počítače prakticky neřešitelné. Naštěstí existují programy, které jsou schopny si s těmito problémy poradit. Nebylo by dobré, pokud si nevíme rady s příkladem, mít v záloze pojistku? Nebylo by dobré proto umět pracovat s některým s těchto programů? Nebylo by dobré umět vizualizovat funkce, jejichž složitost je pro „ruční“ zobrazení již moc velká?

Nás tato možnost velmi zaujala a rádi bychom se s vámi o naše nově nabyté znalosti podělili. Nejdříve se podíváme stručně do historie, řekneme si obecně něco k programu Mathematica, poté se podíváme na základní funkce a rovněž na několik zajímavých ukázek, co lze v Mathematice vytvořit.

2 Historie

Počítačové algebraické systémy (PAS) po poprvé začali objevovat od šedesátých let minulého století, to bylo podníceno rozvojem přírodních věd, jejichž výpočty začaly být velmi složité, a tudíž se zde otevřela cesta pro programy, které tyto výpočty byly schopné efektivně řešit.

Jeden z prvních, kdo se těmto systémům věnoval, byl (budoucí) nositel Nobelovy ceny – M. Veltman, který vytvořil první program pro symbolické výpočty nazvaný „Čistá loď“. Později následoval MATHLAB ad.

V dnešní době jsou nejznámějšími komerčními PAS jsou Mathematica a Maple, mezi volně šiřitelnými např. Axiom, Maxima ad.

3 Mathematica

Při bádání v tomto oboru jsme pracovali hlavně v programu Mathematica 8, který patří mezi neznámější zástupce PAS.

Mathematica je tvořena dvěma částmi – výpočetním jádrem – Kernel a grafickým prostředím. Má několik nesporných výhod – 1. pro začínající má připravenu dobře strukturovanou nápovědu (ke všem funkcím, syntaxím atd.). 2. jeho nápověda se vztahuje i na chyby v zápisu funkcí. 3. u funkcí je možnost zobrazit si jejich defaultní parametry, které daná funkce vyžaduje. 4. na internetu nalezneme obrovské množství materiálů, jak pracovat s tímto programem. 5. zajímavou možností je možnost stáhnout si již vytvořené funkce.

Určitá skupina uživatelů může mít problém s tím, že Mathematica je k dispozici pouze v Angličtině a že psaní syntaxí se je zdánlivě složité.

Práce v Mathematice

Pracovní prostředí programu je pojmenováno notebook, lze ho přirovnat k čistému listu papíru. Výhodou programu je, že umožňuje kombinovat obyčejný text s „matematickým“ textem.

Kromě nejzákladnější části matematiky se nelze obejít bez funkcí, nejpoužívanější funkce má samotný program již nadefinovány a jsou pojmenovány velmi jednoduše. V Mathematice rovněž existuje možnost definovat si své vlastní funkce. Mezi nejpoužívanější funkce patří: Solve, Plot, Manipulate, Reduce, Expand, Graphics, Show, ad.

Funkce Mathematicy

Jak již bylo zmíněno, v prostředí mathematicy se používají funkce, nyní popíšu ty základní:

Solve[rovnice$_1$,rovnice$_2$,...,proměnná,obor] – vyřeší rovnici nebo soustavu rovnic pro zmíněnou proměnnou ve stanoveném oboru (bez zadání oboru je def. obor R)

```
Solve[n^2 + 2 n + 5 == 3 n^2 + 75 n + 1, n]
```

$$\left\{\left\{n \to \frac{1}{4}\left(-73-\sqrt{5361}\right)\right\}, \left\{n \to \frac{8}{73+\sqrt{5361}}\right\}\right\}$$

Reduce[nerovnice, proměnná, obor] – vyřeší nerovnici nebo soustavu nerovnic pro stanovenou proměnnou ve stanoveném oboru

```
In[56]:= Reduce[{x > 2 z + 20, z < 5 * x + 17}, {x, z}]
Out[56]= (x ≤ -6 && z < 17 + 5 x) || (x > -6 && z < 1/2 (-20 + x))
```

Simplify[výraz] – zjednoduší stanovený výraz

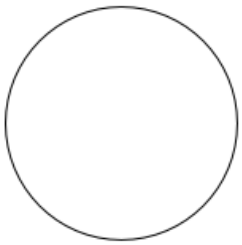
```
In[41]:= Simplify[2 k + 10 l + 34 / 4 k + 12 == 18 k - 34 l + 76]
Out[41]= 128 + 15 k == 88 l
```

Graphics[těleso[parametry]] – vykreslí požadované těleso s předepsanými parametry

- tělesa – Circle, Square, ...

```
In[49]:= Graphics[Circle[{0, 0}, 0.1]]
```

Out[49]=

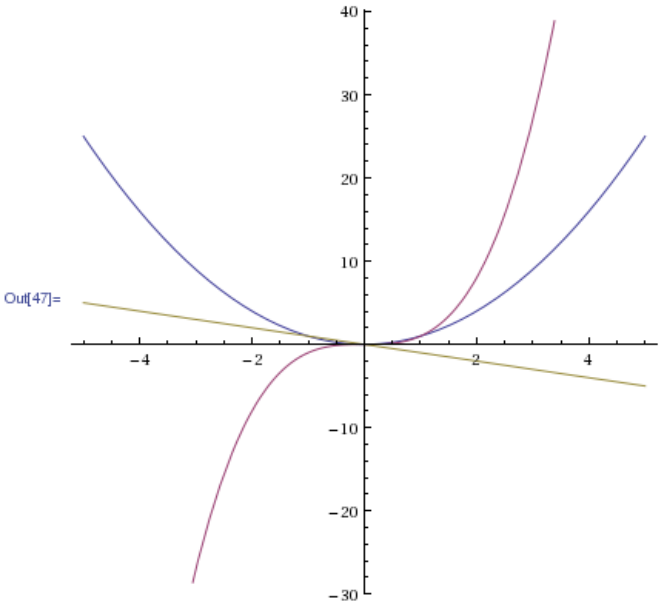


Manipulate[výraz_nebo_funkce,{u, u_{min},u_{max}}] – funkce, která realizuje výraz nebo funkci, s tím, že uživatel je schopen měnit velikost parametru u (nebo parametrů)

Plot[f,{x,x_{min},x_{max}}] – vykreslí danou funkci, pro neznámou v rozsahu x_{min} - x_{max}

```
In[47]:= Plot[{x^2, x^3, -x}, {x, -5, 5}, AspectRatio → 1]
```

Out[47]=



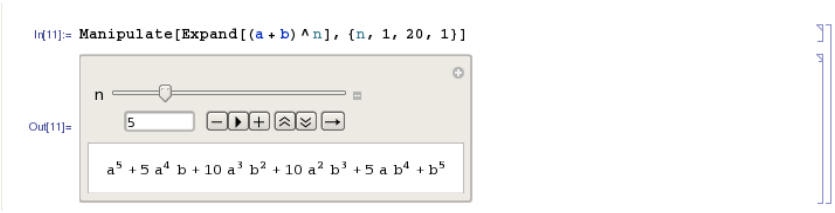
4 Aplikace

Možnosti uplatnění jsou velmi široké, od matematiky, přes fyziku, chemii, biologii, k sociálním vědám ad. Lze ho využít kdekoliv, kde je třeba grafický výstup nebo je nutnost řešit složité algebraické výpočty. V našem příspěvku se budeme zabývat aplikací ve fyzice a matematice.

Názorná aplikace 1

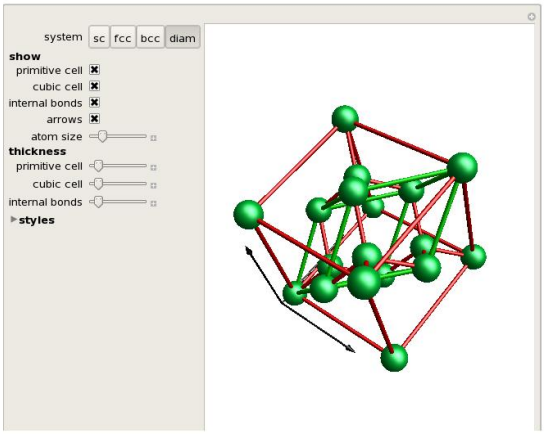
V tomto bodě bych vás rád seznámil s využitím velmi zajímavé funkce manipulace, která jak už bylo napsáno, realizuje výraz nebo rovnici s parametrem nebo parametry, které mění uživatel.

Pod textem vidíme velmi jednoduchý applet, který realizuje roznásobení dvojčlenu a+b umocněného na ntou, n je parametr, který nastavuje sám uživatel (pomocí tažítka), podle hodnoty parametru se poté mění výstup samotné funkce. Nad samotným appletem je vidět přepis, který k appletu vede.



Názorná aplikace 2

Toto je příklad složitějšího použití, autor vytvořil applet, díky kterému můžeme pozorovat vztahy mezi atomy v krystalové mřížce. „Tažítky“ je možné měnit velikost atomů a tloušťku „čar“. Je zde možnost nechat si zobrazit spojnice vnitřních atomů, čtvercovou mřížku,… Tělesem lze otáčet.



4 Shrnutí

Co říci závěrem? V dnešní době astrofyziky, kvantové fyziky, mikrotechniky a podobných odvětví si myslím, že je už jasné, že v některých odvětvích se vědec bez schopnosti použít PAS neobejde. Tudíž si myslím, že je velmi výhodné umět pracovat s těmito programy dříve, než je budeme potřebovat.

Jsme velmi rádi, že během uplynulých dvou dnů jsme alespoň částečně pronikli do jeho tajů a pochopili jsme určitou část jeho funkcí.

Poděkování

Za náš tým bych v prvé řadě chtěl poděkovat našemu supervisorovi Dr. Ing. Milanovi Šiňorovi, který nás zasvětil do problematiky algebraických systémů. Dále bych chtěl poděkovat pořadatelům Týdne vědy, že nám umožnili vůbec se setkat s naším supervisorem a že byli ochotní věnovat úsilí tomu, abychom se mohli něco zajímavého dozvědět. Dále bych chtěl poděkovat FJFI, že nám umožnila práci ve svých počítačových laboratořích s programem Mathematica.

Reference:

[1]*Wikipedia, The Free Encyclopedia* http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_algebra_system
http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematica
[2]*Wolfram Research Company* http://wolfram.com
[3]*Eifert B.:Cubic Crystal Lattices* http://demonstrations.wolfram.com/CubicCrystalLattices

MĚŘENÍ KOSMICKÉHO ZÁŘENÍ

Jan Baborák, Gymnázium Žitavská 2969, Česká Lípa
janbaborak-seznam.cz

Lukáš Běhounek, Gymnázium Nad Alejí
l.behounek-gmail.com

Jan Kotrbatý, Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. 23
kotrbaty.jan-seznam.cz

Lukáš Vacek, Gymnázium Teplice
luk6-atlas.cz

Abstrakt:

Kosmické záření je jednou ze složek přirozené radiace. Naším úkolem bylo změřit celkovou radiační zátěž v různých nadmořských výškách během letu do 4000 m n. m. a určit, jak se mění podíl jednotlivých složek přirozeného ionizujícího záření v závislosti na nadmořské výšce. Z našeho měření vyplývá, že ve výšce přibližně 600 m n. m. dosahuje intenzita přirozené radiace minima. Od této výšky začíná převládat kosmická složka radiace. Ve výšce 4000 m n. m. dosahuje radiační zátěž přibližně stejných hodnot jako na zemi.

Ionizující záření

Ionizující záření je proud částic, které mají dostatečnou energii k ionizaci atomů a molekul ozářené látky. Mohou to být ionty, α částice, protony, elektrony (β záření), neutrony či vysokoenergetické fotony (γ, X). Všechny organismy žijící na Zemi jsou vystaveny nepřetržité radiační zátěži. Ta může být přírodní, či umělého původu.

Umělou radiací označujeme tu, která byla vyprodukována člověkem. Dominantní skupinu tvoří diagnostické a terapeutické přístroje využívané v lékařství. Dalšími zdroji jsou například jaderné elektrárny, urychlovače částic, uměle vytvořené chemické prvky a testy jaderných zbraní. Podíl umělých zdrojů je však oproti stále přítomné přirozené radiaci, až na mimořádné situace (např. jaderné havárie), minoritní.

Přírodní radiaci dělíme dle původu na terestriální a kosmickou. Terestriální složka záření vzniká v zemské kůře při rozpadu jader nestabilních izotopů, především radonu. Kosmické záření rozdělujeme na solární a galaktické. První typ pochází ze Slunce a jeho podíl je vůči druhému zanedbatelný. Galaktickým kosmickým zářením rozumíme ionizující částice extrasolárního původu. Dosud nebylo zjištěno, odkud přesně tyto částice pocházejí.

Kosmické záření má totiž téměř izotropní charakter (objevují se pouze malé odchylky způsobené vlivem solární složky), což znamená, že je ve všech směrech stejně intenzivní. Můžeme tedy vyloučit, že primární zdroj záření se nachází v naší Galaxii.

Podíl terestriálního a kosmického záření se mění v závislosti na nadmořské výšce, kdy při stoupání klesá intenzita terestriální složky a zároveň stoupá intenzita složky kosmické. Zpočátku není úbytek zemské složky vyvážen nárůstem podílu kosmického záření, takže celková radiace s výškou klesá. Po dosažení určité výšky začne přírůstek kosmického záření převládat a celková míra radiace začne stoupat.

Cílem našeho miniprojektu bylo ověřit tyto teoretické předpoklady a zjistit, v jaké nadmořské výšce dosáhne míra radiace minima.

Experiment

Měření bylo provedeno na příbramském letišti dne 19. 6. 2011. Byly uskutečněny celkem tři lety, první do 2000 m n. m. a zbylé dva do 4000 m n. m. Naším úkolem bylo k průměrnému příkonu fotonového dávkového ekvivalentu za 10 s přiřadit příslušnou nadmořskou výšku a sledovat, jak závisí míra radiace na dosažené výšce.

K měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu jsme použili scintilační detektor TESLA NB 3201. Tento detektor detekuje záření beta, gama a dopadající ionty s dostatečnou energií, avšak není určen pro přímou detekci neutronů.

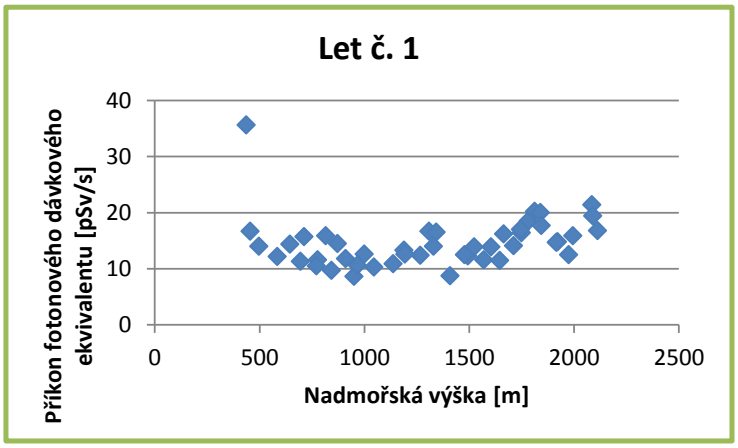
Detektor je tvořen plastickou scintilační sondou a vyhodnocující jednotkou. Dopadající ionizující záření excituje elektrony v látce, které při návratu na původní nižší energetickou hladinu vyzařují foton. Ten následně dopadá na fotonásobič a vzniklý elektrický impulz je následně analyzován vyhodnocovací jednotkou. Jednotka je zkalibrována tak, že ukazuje příkon fotonového dávkového ekvivalentu nebo absorbovanou dávku v materiálu scintilátoru. Správnost kalibrace se ověřuje za pomoci kalibračního zdroje vyrobeného z Cs-137.

K zjišťování aktuální nadmořské výšky byl použit GPS modul.

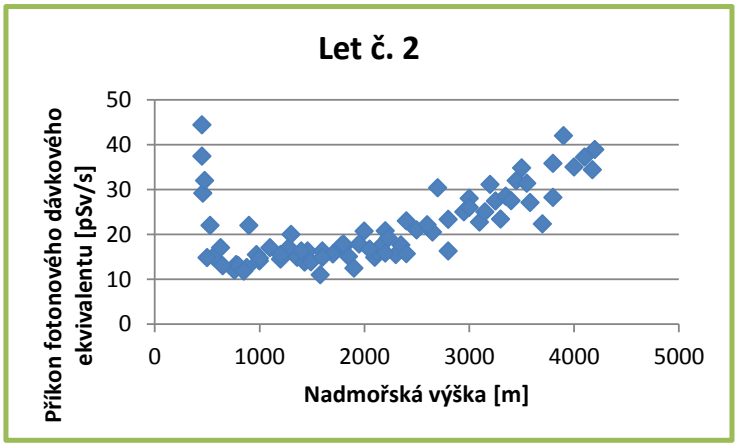
Výsledky

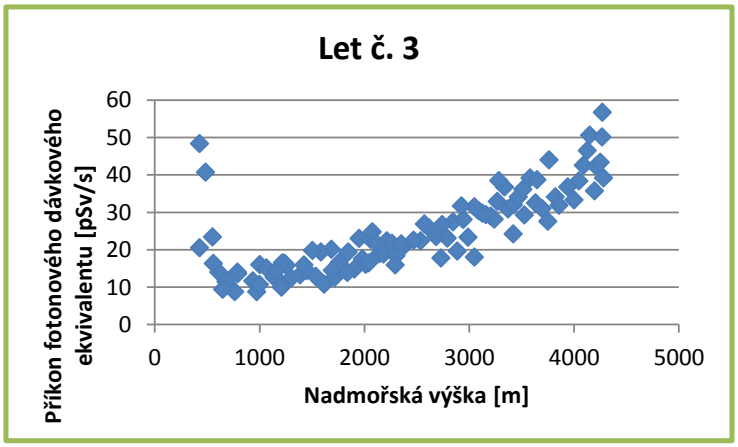
Výsledky všech 3 měření odpovídají teoretickému předpokladu, že do určité výšky bude míra dávkového příkonu klesat a poté začne opět stoupat. Ve všech případech se tato výška nachází v intervalu mezi 500 a 1000 m n. m. Z grafů je dobře patrný průběh míry radiace na nadmořské výšce. Nicméně výsledky se nenachází na jedné křivce, ale poměrně výrazně fluktuují. Kosmické záření totiž není úplně konstantní. Je to proud různých vysokoenergetických částic a naměřené hodnoty závisí na tom, která částice a s jakou energií je detektorem v daném intervalu zachycena, což je z velké části dílem náhody. Velké odchylky jsme kompenzovali měřením průměrného výkonu za dobu 10 s a také velkým množstvím těchto měření.

Let číslo 1 proběhl z povětrnostních důvodů pouze do výšky 2000 m n. m. Nicméně z grafu je stále patrná zkoumaná závislost.



Lety číslo 2 a 3 probíhaly již podle plánu a mohli jsme tedy měřit průběh závislosti až do 4000 m n. m. Kolem této výšky úroveň celkové radiace dosáhla stejných hodnot jako na zemi. Podle směru závislostní křivky můžeme předpokládat další zvyšování intenzity radiace





s rostoucí nadmořskou výškou.

Diskuse

Terestriální záření je produktem radioaktivních přeměn v zemské kůře. Jeho míra závisí na typu podloží, a proto může být v různých lokalitách různá.

Stejně tak míra kosmického záření záleží na zeměpisné poloze. Zemi totiž před kosmickým zářením chrání její magnetické pole.

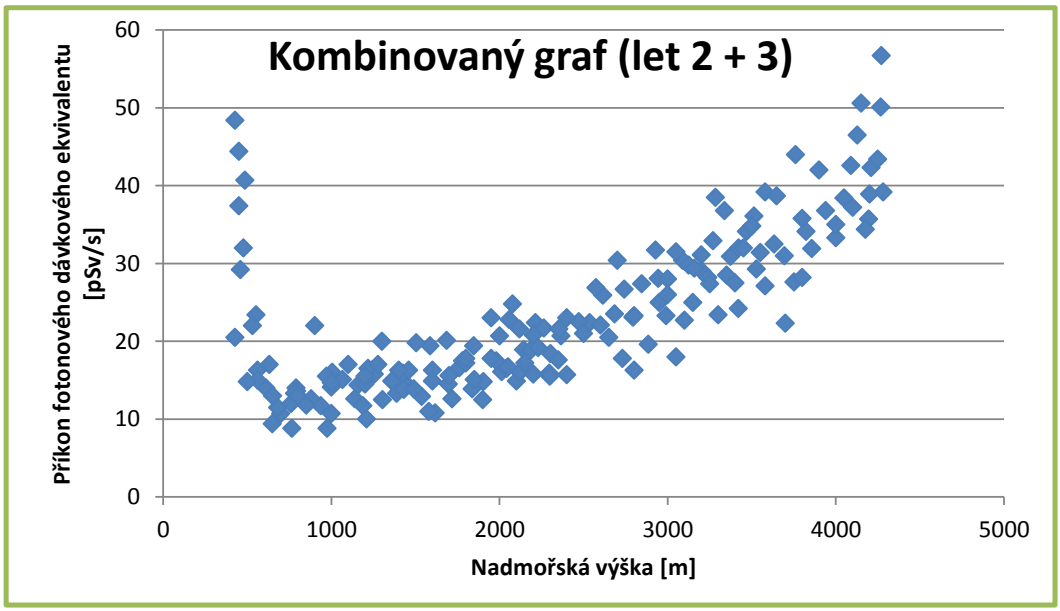
Intenzita obou typů záření je též závislá na výšce, jelikož atmosféra přirozeně stíní ionizující záření.

Protože tyto dvě složky se kombinují, je možné očekávat v určité výšce rovnováhu mezi příspěvky obou složek. Tato výška samozřejmě závisí na geomagnetických souřadnicích.

Závěr

Nejlepší graf závislosti jsme dostali zkombinováním hodnot naměřených při 2. a 3. letu. Je z něho patrné, že během stoupání do výšky přibližně 600 m n. m. míra celkové radiace klesala, jelikož přírůstek vlivu kosmické složky nevyvážil klesající podíl složky terestriální. Při dosažení této výšky dosáhl radiační příkon minima – obě složky se vyrovnaly. Při dalším stoupání převážil vliv kosmického záření a celková míra radiace se začala opět zvyšovat. Ve 4000 m n. m. dosáhla intenzita ionizujícího záření stejné úrovně jako na povrchu Země.

Výsledky měření tedy odpovídají teoretickým předpokladům.



Poděkování

Rádi bychom poděkovali celému organizačnímu týmu TV@FJFI, zejména supervizorovi našeho miniprojektu, Ing. Jánu Kubančákovi, za pomoc a podporu při realizaci a zpracovávání experimentu.

Reference:

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

Vizualizační nástroj Asymptote

T. Brzák[1], P. Kobrle[2], M. M. Machová[3], A. Svoboda[4], J. Tomsa[5]
[1,2]Gymnázium Děčín, [3]Gymnázium Svitavy, [4]Mendelovo Gymnázium Opava, [5]Gymnázium Turnov

brzak.t@seznam.cz, peta.kobrle@gmail.com, MachovaMichaela@gmail.com, janik.tomsa@gmail.com, svoboda.adams@gmail.com

Abstrakt

Programovací jazyk Asymptote umožňuje vytvářet vektorovou grafiku. Nabízí široké spektrum možností využití, od vytváření grafů po 3D grafiku. Mnohé z jeho schopností jsme si v rámci miniprojektu mohli vyzkoušet.

1 Úvod

Softwarový nástroj Asymptote generuje kvalitní vektorovou 2D či 3D grafiku s použitím převážně ve vědeckých publikacích či prezentacích. Jeho hlavní výhodou je, že je také programovacím jazykem a ne pouhým grafickým editorem, čemuž vděčí za svou mimořádnou flexibilitu a rozsah uplatnění. Je vhodný pro tvorbu diagramů, grafů, vizualizaci dat, atd. Další výhodou je, že je podporován všemi hlavními operačními systémy (UNIX, MacOS X, Microsoft Windows). Důležité při jeho používání je dobře vyvinuté logické myšlení a důvtip pro práci s příkazy.

2 Přehled možností Asymptote

Programovací jazyk Asymptote vychází svojí syntaxí z programovacího jazyka C, avšak obsahuje mnohá rozšíření navržená s ohledem na jeho zaměření. Příkladem jsou operátory `--`, `^^`, `..` pro spojování geometrických objektů nebo speciální mechanismus předávání parametrů při volání funkcí, který usnadňuje strukturovaní zdrojového kódu. Obsahuje datové typy pro geometrické objekty, jako je například bod, křivka, atd.

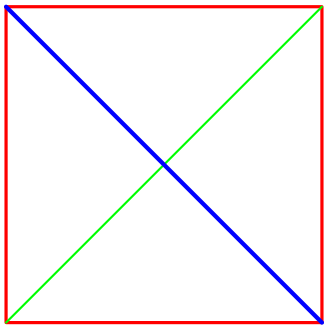
Mezi jeho podstatné vlastnosti patří

- podpora 2D a 3D zobrazování,
- spolupráce s typografickým systémem Latex při vykreslování textu,
- intuitivní koncept kreslení perem (kreslící nástroj s danými vlastnostmi se pohybuje po dané trajektorii),
- snadné geometrické transformace libovolných objektů (rotace, škálování, posunutí),
- řada dalších specifických funkcí v aktivovatelných modulech.

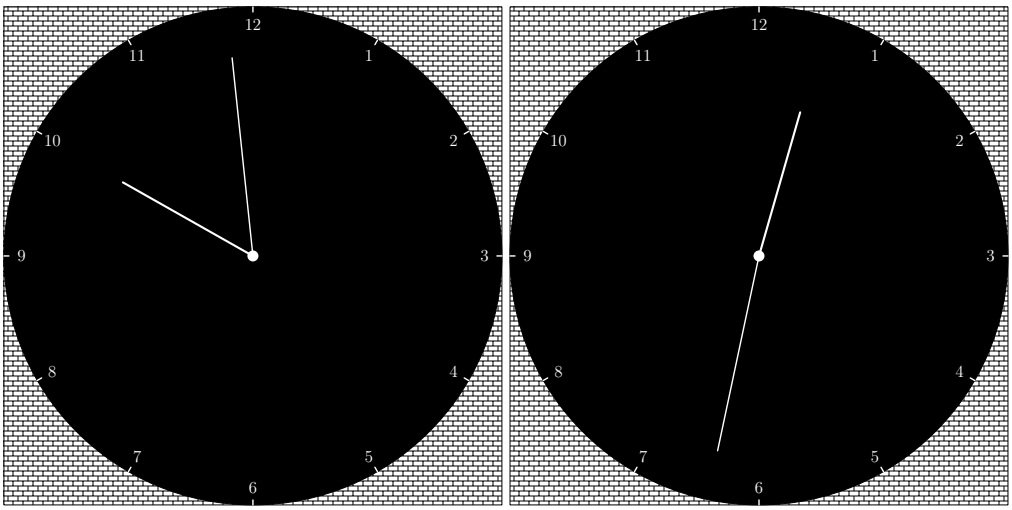
Výstupními formáty jsou PDF, PostScript a SVG, ale pomocí nástroje *convert* je možné získat výstup v celé řadě dalších formátů. Pro zobrazení 3D grafiky obsahuje vlastní prohlížeč s podporou OpenGL.

V následujícím příkladu je uveden kód, který generuje kresbu na obrázku 1.

```
size(300,300);
path ctverec=(0,0)--(1,0)--(1,1)--(0,1)--cycle;
pen p=red+3;
draw(ctverec,p);
draw((0,0)--(1,1),green+2);
draw((0,1)--(1,0),blue+4);
```



Obrázek 1: Příklad jednoduché kresby



Obrázek 2: Obrázek hodin pro čas 21:59 (vlevo) a pro čas 12:32 (vpravo)

3 Výsledky

Následující sekce prezentují výsledky jednotlivých členů týmu.

3.1 Zobrazení ciferníku hodin (Tomáš Brzák)

Dostal jsem za úkol udělat funkční analogové hodiny, které by ukazovaly čas podle zadaných parametrů (hodiny, minuty). Pokud je tedy čas ve formátu ***h:m***, pak úhel α, který svírá minutová ručička se svislicí vypočítáme podle

$$\alpha = m * \pi/30$$

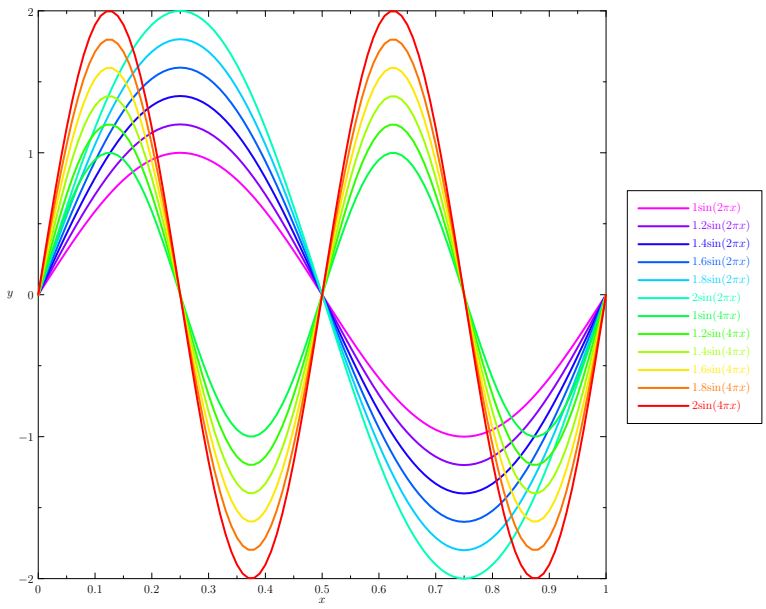
Úhel β, který svírá hodinová ručička se svislicí, potom

$$\beta = h * \pi/6 + \pi/360 * m$$

Na konec jsem přidal pozadí připomínající zeď a "pohrál" si s barvami a velikostmi ručiček a čísel. Výsledek je vidět na obrázku 2

3.2 Automaticky generované grafy (Michaela Mia Machová)

Během své práce v Asymptote, jsem se seznámila s modulem graph, který slouží k vykreslování grafů matematických funkcí nebo dat. Ve výsledku se mi podařilo naprogramovat graf pro funkci $y = A\sin(2k\pi x)$ pro různé hodnoty parametru A a k, které se mění v cyklu, jak si můžeme všimnout na obrázku 3. Pro větší přehlednost jsem ještě v závěru využila barevného odlišení jednotlivých křivek a přidala automaticky se měnící legendu grafu.



Obrázek 3: Automaticky generované grafy funkcí

3.3 3D model (Adam Svoboda)

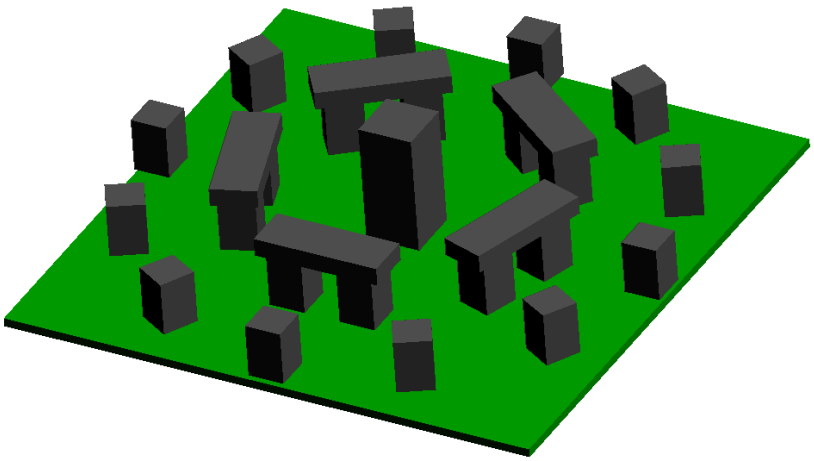
Při vytvoření 3D scény jsme zvolili téma Stonehenge, na kterém se dá ukázat základní schopnosti Asymptote ohledně posunování, nastavování velikostí a rotace celých objektů. Prvotní problém byl jak se dá snadno vytvořit krychle. Rozhodli jsme se ji sestavit ze 6 povrchů, avšak nastal problém s vykreslováním (zadní strana překryla strany vpředu). Tento problém vyřešil program Adobe reader, který toto dokázal hravě překonat. Po vytvoření krychle už zbyla jen snadná práce. Nastavením velikostí (scale) jsme udělali oblouk a udělali z něj proceduru. Tento oblouk jsme zrotovali kolem osy 5 krát. Podobným způsobem jsme zhotovili jednoduchý menhir, také z něj udělali funkci a zrotovali ve větší vzdálenosti 12 krát. Na závěr jsme dali největší menhir do středu osy a vytvořili zem(úprava krychle pomocí scale). Tímto způsobem jsme vytvořili velice jednoduchý Stonehenge (viz obrázek 4).

3.4 Hvězda (Petr Kobrle)

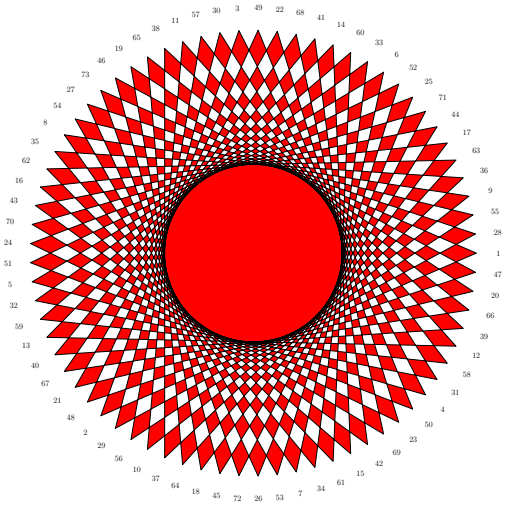
Pro vykreslení 73(n=73) cípé hvězdy jsem použil proměnnou *i* která se v každém cyklu zvětšovala o 46 a dělila výsledným počtem cípů hvězdy a zbytek bylo nové výchozí *i* pro další cyklus: $i = (i + 46)$ *mod n.* Výsledná hodnota *i* reprezentovala pozice vrcholů rovnoměrně rozdělených na jednotkové kružnici. Hvězda vznikala postupným spojováním pomocí rovný čar a ke každému vrcholu jsem přidal číslo(1-73) označující pořadí v jakém byly vrcholy spojovány, jak je vidět na obrázku 5. Příklad pro hvězdu s 47 cípy, *i* zvětšující se o 16 je na obrázku 6.

3.5 Fraktální množina kruhů (Jan Tomsa)

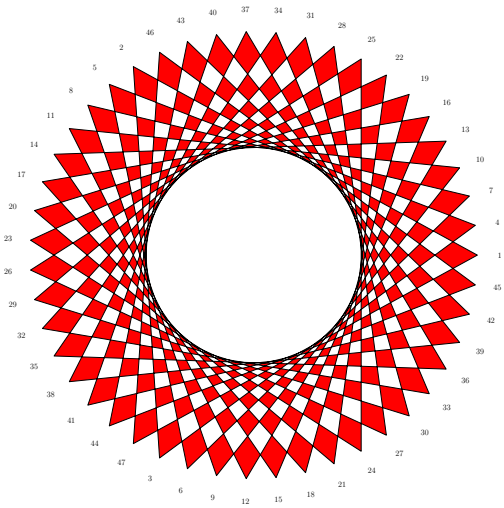
Cílem mého snažení bylo vytvořit nějaký efektní obrazec, který by ihned zaujal diváka. Vždy se mi líbily fraktální množiny. Zkusil jsem tedy něco podobného vytvořit. Jako základ se vzal běžný kruh. Na ten program umístil ze všech stran další kruhy poloviční poloměru (a odlišné barvy). A na každý z těchto nových kruhů se umístí zase další kruhy poloviční poloměru (oproti předchůdci). Celý algoritmus tvoření je tedy založen na rekurzivním volání procedury, která na daný kruh "nalepí" již zmíněné menší kruhy. Rekurze pracuje na tom principu, že funkce/procedura volá sama sebe. Volá se tedy stále stejná procedura, ovšem s pokaždé s jinými parametry závislými na parametrech předchozího kruhu. Program pak systematicky "prochází" celý obrazec až do dané úrovně (hloubky) a postupně vykresluje patřičně velké kruhy na správné místo. Výsledek mého snažení je vidět na obrázku 7.



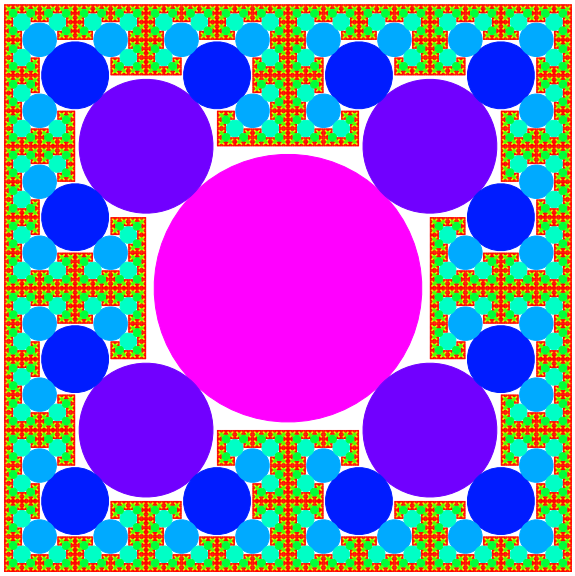
Obrázek 4: Stonehenge



Obrázek 5: 73 cípá hvězda



Obrázek 6: 47 cípá hvězda



Obrázek 7: Fraktální množina kruhů

4 Závěr

V rámci miniprojektu jsme se během dvou dnů seznámili s programovacím jazykem Asymptote. Program je volně stažitelný, jazyk není těžký na naučení a výsledkem je kvalitní grafika.

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

Reference

[1] P. Strachota: *Počítačová grafika* (přednášky). FJFI ČVUT, Praha, 2011.

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

[3] Asymptote documentation. `http://asymptote.sourceforge.net/`

Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop

Vít Kanclíř, G. Turnov
Kristína Nešporová, G. Boskovice
Tomáš Pikálek, G. Boskovice

Abstrakt

Práce se zabývá těžkými ionty a jejich průchodem materiálem. Vyhodnocovali jsme tři detektory stop v pevné fázi ozářené svazkem iontů neonu za různými tloušťkami teflonového stínění.

1 Úvod

Naším úkolem bylo analyzovat připravené detektory, které byly ozářeny na urychlovači těžkých iontů v Japonsku, poté byly naleptány a jejich povrchy naskenovány optickým mikroskopem. Tyto snímky analyzovat pomocí počítačového programu HspFit a vyhodnotit získané výsledky a jejich nejistoty.

Zkoumání chování těžkých iontů v materiálu může napomoci praktickému využití především v lékařství (onkologie). Zkoumání účinku těžkých iontů na materiál podobného chemického složení jako živá tkáň je také velice důležité pro připravované vesmírné lety mimo geomagnetické pole Země, například na Mars.

1.1 Lineární přenos energie

Energie, která je předána při zpomalování nabité částice elektronům látky po dráze, je vyjádřena veličinou lineární přenos energie LET (z anglického *linear energy transfer*)

$$LET = \frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}x}, \tag{1}$$

kde $\mathrm{d}E$ je energie přenesená v blízkém okolí dráhy nabitou částicí na elektrony při jejím průchodu po dráze $\mathrm{d}x$. Více viz Musílek (2000).

1.2 Těžké ionty

Za těžké ionty považujeme nabitá atomová jádra od protonů výše. Při průchodu látkou hustě ionizují a excitují okolní atomy, s nimiž interagují, dále mohou ionty vstupovat do jaderných reakcí za vzniku fragmentů, což jsou pozůstatky původních iontů s větším či menším počtem nukleonů, takže může vznikat jiný prvek či jiný izotop. Při vzniku nového prvku se mění LET, čímž jej můžeme snadno rozpoznat, na rozdíl od vzniku izotopu.

Těžké ionty jsou součástí kosmického záření, tvoří podstatnou část tohoto záření. Vlivem geomagnetického pole a díky atmosféře Země se však ve velké míře nedostanou na zemský povrch či do jeho blízkosti. Nicméně u posádek letadel a zejména u vesmírných lodí je třeba dávku kontrolovat a nepřipustit překročení maximální povolené dávky.

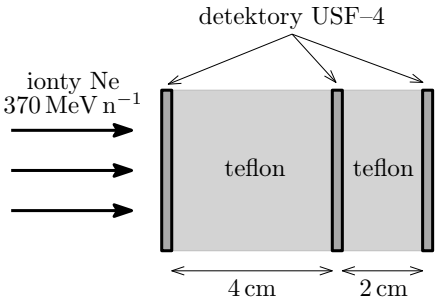
2 Metodika

2.1 Experiment

V rámci naší práce jsme vyhodnocovali tři detektory. Použité detektory byly na bázi PADC (polyallyl di-glykol karbonát, $C_{12}H_{18}O_7$), jednalo se o typ s označením USF–4. Jsou plastové a tenké, tedy velmi lehké. Díky tomu jimi záření snadno prochází, takže je možné je vrstvit za sebe, čímž jsou všechny ozařovány ve stejných podmínkách. Jejich chemické složení je obdobné jako složení lidského těla, z toho důvodu je možné pomocí nich demonstrovat účinek záření na tkáň.

Detektory byly předem ozářeny na urychlovači HIMAC v Chibe (Japonsko) svazkem iontů neonu o primární energii 400 MeV n^{-1}. Záření dopadalo kolmo na detektor, energie na dopadu byla 370 MeV n^{-1}.

První detektor byl nestíněný. Jelikož částice nejsou průchody detektory příliš ovlivněny, další detektory mohou být vloženy za předcházející (viz obrázek 1). Mezi nimi je pak teflonové stínění. První stínění má tloušťku 4 cm, druhé 2 cm. Druhý detektor je tedy za stíněním o tloušťce 4 cm, třetí za stíněním o tloušťce 6 cm.



Obrázek 1: Uspořádání detektorů při ozařování.

Po průchodu iontů zůstanou v detektorech latentní stopy. Ty jsou důsledkem narušení vazeb materiálu detektoru v okolí trajektorie procházející částice. Viditelné jsou pod elektronovým mikroskopem. Aby byly viditelné i pod mikroskopem optickým, byly detektory po ozáření vystaveny leptacímu činidlu. To postupně odleptává jeho povrch. V místech latentních stop dochází k rychlejšímu odleptávání materiálu detektoru. Po odleptání jsou tedy tyto stopy viditelné i pod optickým mikroskopem.

V našem případě byly detektory leptány po dobu 18 hodin pomocí 5 g mol^{-1} roztoku hydroxidu sodného při teplotě 70 °C.

Při leptání se samozřejmě odstraní i část povrchu detektoru (obrázek 2). V našem případě byla tloušťka odleptané vrstvy metodou štěpných trosek stanovena na $B = 15{,}4\,\mu$m.

2.2 Zpracování výsledků

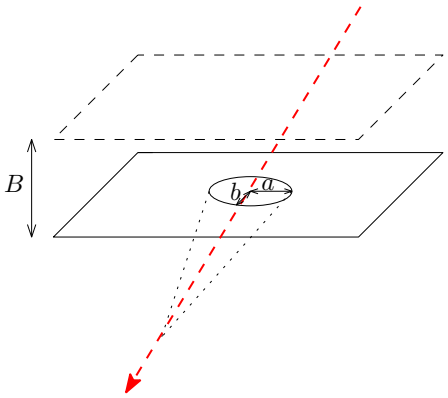
Povrch odleptaných detektorů byl skenován v optickém mikroskopu. Naskenované obrázky poté vyhodnoceny programem na analýzu povrchu detektorů HspFit (viz obrázek 3). Stopy po leptání mají tvar kružnice (v případě ideálně kolmého dopadu) či elipsy. Zmiňovaný program měří hlavní a vedlejší poloosu stop. Je však třeba vybrat, které útvary jsou opravdu stopami. Ačkoliv program automaticky vybírá nejpravděpodobnější útvary, poměrně často se stává, že vybere i různé nečistoty. Ty je třeba z měření ručně odstranit, případně nevybrané stopy ručně vybrat či upravit detekovaný tvar.

Pro každou vybranou stopu zmiňovaný program změří hlavní poloosu a a vedlejší poloosu b eliptické stopy. Následně se např. v Excelu spočítá rychlost leptání

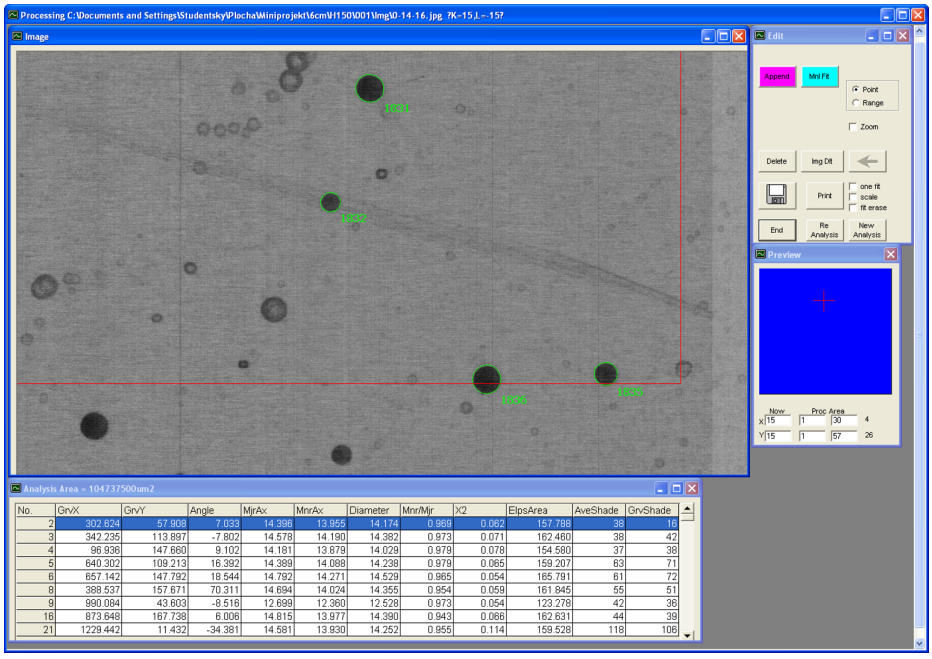
$$V = \sqrt{1 + \frac{\left(2\frac{a}{B}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{b}{B}\right)^2\right)^2}}, \tag{2}$$

kde $B = 15{,}4\,\mu$m je tloušťka odleptané vrstvy detektoru. Dále se pomocí kalibrační křivky určí

$$LET = 462{,}8 - (462{,}8 - 8{,}5)\mathrm{e}^{-(0{,}6(V-1))^{1{,}6}}. \tag{3}$$



Obrázek 2: Princip vytvoření stopy leptáním podél dráhy částice v detektorech stop pevné fáze.



Obrázek 3: Povrch detektorů s vyleptanými stopami zobrazený v programu HspFit, který byl použit pro analýzu detektorů.

3 Výsledky

Hodnoty LET, počet stop v jednotlivých detektorech a energie předaná částicemi poměrně odpovídají předpokladu (viz tabulka 1), že se LET bude zvyšovat se zvyšující se tloušťkou stínění a další dvě veličiny se budou snižovat. První detektor, který byl nestíněn, vykazuje nejmenší LET, neboť zde měl proud největší energii. Z grafického zpracování (viz obrázek 4) je zřejmé, že tímto detektorem prolétlo nejvíce primárních částic neonu (jeho pík je největší), proto byla prvnímu detektoru částicemi předána největší energie primárními částicemi i navzdory nízkému LET.

Při průchodu stíněním se intenzita neonových částic sníží a sníží se jejich kinetická energie, detekované LET se zvyšuje. Předaná energie bude ovšem menší, neboť počet primárních částic, které k druhému detektoru dorazí, je menší. Primární částice totiž mohou podléhat jaderným reakcím a energie těmito reakcemi vzniklých fragmentů jsme do předané energie nezapočítávali. Fragmenty vidíme i z grafu (viz obrázek 4), kde velký zelený pík představuje počet primárních částic neonu, které prošly druhým detektorem, a zelené pozadí před píkem tvoří právě fragmenty. Po průchodu druhým stíněním na třetím detektoru detekujeme ještě méně primárních částic, ovšem už dosti zpomalených, LET je zde téměř dvojnásobné.

Za pozornost stojí fakt, že zatímco počet stop částic v jednotlivých detektorech klesá vlivem stínění poměrně prudce (viz obrázek 5), pokles předané energie tak dramaticky neroste. Tento jev je způsoben právě narůstajícím LET, neboť částic je sice méně, ale jsou pomalejší, a proto předávají více energie okolí, než když předtím letěly rychleji.

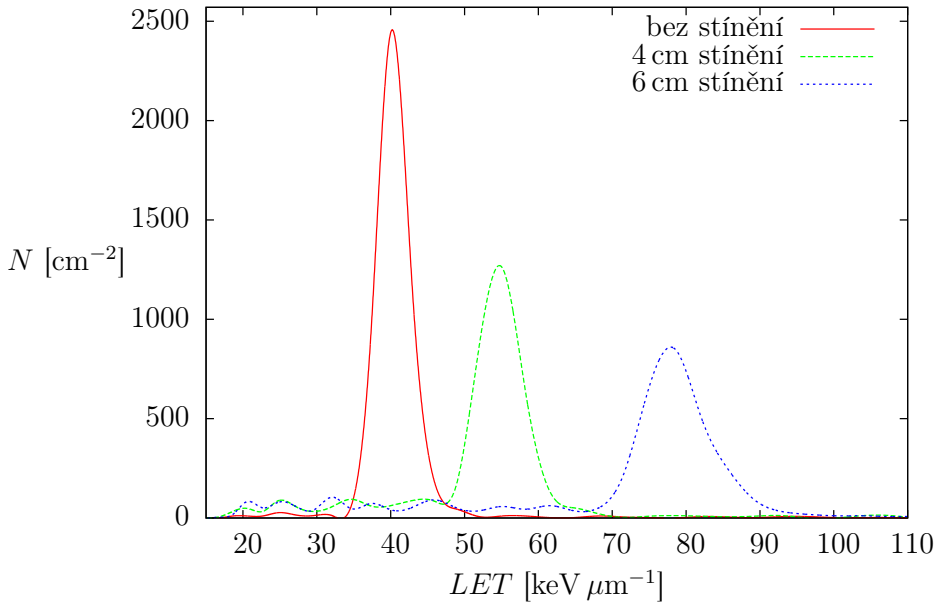
Tabulka 1: Hodnoty LET, počtů stop a předané energie od primárních iontů pro různé tloušťky stínění.

stínění [cm]	LET [keV μm^{-1}]	počet stop [cm^{-2}]	předaná energie [MeV μm^{-1}]
0	40,1	$4\,698 \pm 110$	$187{,}5 \pm 4{,}4$
4	50,1	$2\,758 \pm 100$	$137{,}5 \pm 4{,}9$
6	78,5	$2\,444 \pm 101$	$150{,}0 \pm 6{,}2$

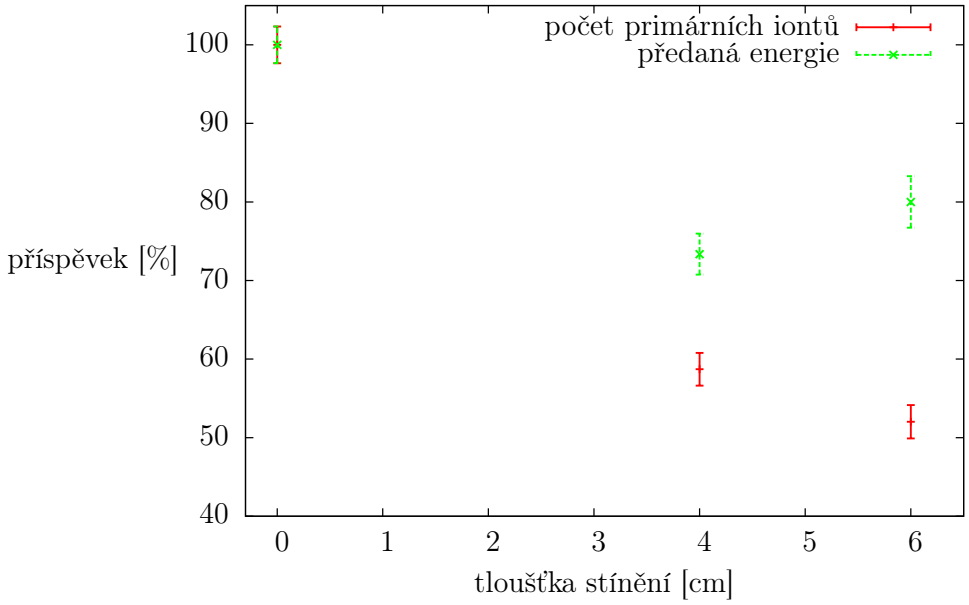
4 Využití

Námi používaná metoda měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem se vzhledem k podobnému složení detektorů využívá při zkoumání působení těžkých nabitých částic na tkáně. A to ze dvou hlavních důvodů. Prvním je zkoumání stínění pro snížení dávky. Druhým je využití při tzv. hadronové terapii.

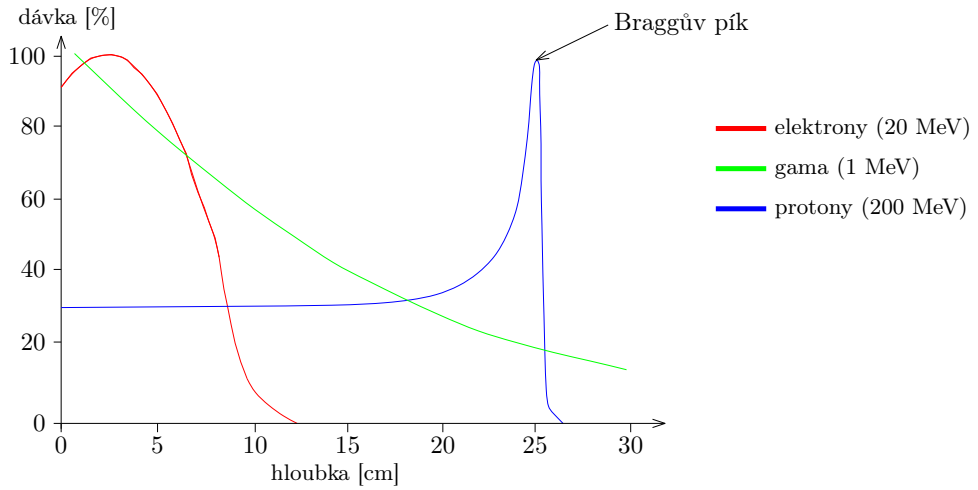
Hadronová terapie je velmi vhodným využitím těžkých nabitých částic v lékařství. Jedná se o neinvazní metodu léčení nádorů. Při běžně používaném ozařování pacientů svazkem elektronů či gama zářením je poškozována velká část zdravé tkáně, neboť tyto lehké částice svou energii při průchodu tělem ztrácí relativně rychle. Tím poškozují buňky v okolí své trajektorie, včetně buněk zdravých. Naopak těžká jádra prochází při vyšší rychlosti tkání bez větší ztráty energie. Energii ve větším množství ztrácí až ve chvíli, kdy je jejich rychlost nízká (viz obrázek 6). Méně tedy poškozují zdravou tkáň a více působí na místo nádoru.



Obrázek 4: Spektrum lineárního přenosu energie svazku neonu s primární energií 370 MeV n^{-1} procházející teflonovým stíněním.



Obrázek 5: Počet primárních částic neonu a předaná energie v závislosti na tloušťce teflonového stínění.



Obrázek 6: Závislost předané energie na hloubce při hadronové terapii. V případě protonů se velká část energie předává až v určité vzdálenosti (Braggův pík), čímž více působí na nádor a méně poškozuje okolní zdravou tkáň.

5 Závěr

Seznámili jsme se s problematikou účinků těžkých iontů při průchodů materiálem. Hlavním cílem bylo analyzování předem připravených pasivních detektorů stop. Data získaná z programu HspFit jsme zpracovali a potvrzují naše předpoklady o narůstajícím *LET* a klesajícím počtu primárních částic. Nicméně je nutné podotknout, že pro dosáhnutí relevantnějších a více vypovídajících dat je třeba použití většího množství dat.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali naší supervizorce Ing. Zlatě Mrázové. Dále pořadatelům Týdne vědy, zvláště pak Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., a v neposlední řadě Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze.

Literatura

BRABCOVÁ K. *Studium a vývoj použití chemicky leptaných detektorů stop pro dozimetrické účely.* 2009. České vysoké učení technické v Praze.
MUSÍLEK L. *Principy a praxe radiační ochrany.* Vyd. 1. Praha : Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000, ISBN 80-238-3703-6

Počítačové zobrazování fraktálních množin

M. Olbrich, A. Šťastná, J. Krásenský, V. Chloubová, J. Bednář

Gymnázium Opatov, Gymnázium Omská, Gymnázium Jihlava
SPŠSaD Děčín, SPŠSaD Děčín

michalolbrich@seznam.cz, aneta.stastna@email.cz,
krasensky@seznam.cz, NikaEsterez@gmail.com,
programagor@gmail.com

Abstrakt

Fraktální geometrie je zajímavá tím, jaké objekty se v ní vyskytují. Jejich pochopení je druhořadé, protože lidské oko je hned odzbrojeno jejich neskonalou krásou. Poté se zaměří na to, jak je možné něco takového vytvořit. Právě nekonečný počet iterací dokáže vytvořit toto dílo. Každý fraktál je jedinečný, protože na jeho vykreslení se použije jiný vzorec, jiná čísla, jiná metoda. V přírodě najdeme fraktály na každém rohu – třeba kapradí, slunečnice, stromy nebo říční systémy.

1. Základní pojmy

Soběpodobnost je pro tyto útvary typická: zvětšená část celku vypadá podobně jako objekt samotný.

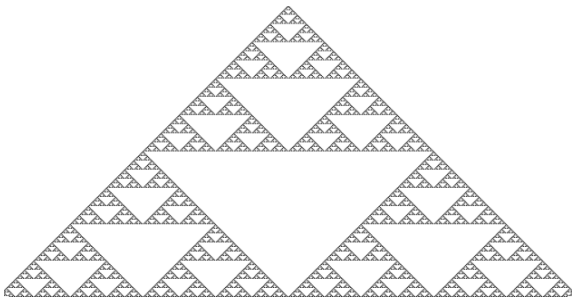
Topologická dimenze určuje, kolik rozměrů jsme použili pro zobrazení daného útvaru.

Hausdorffova dimenze určuje, jakou rychlostí členitost daného objektu směřuje do nekonečna. Udává tudíž, jak moc je daný objekt členitý.

Gaussova rovina se používá pro zobrazování komplexních čísel. Na osu *x* vynášíme reálnou složku, na osu *y* imaginární.

2. Vysvětlení na příkladech

Fraktály většinou vypadají nahodile a chaoticky. Mezi nejjednodušší patří např. Cantorovo diskontinuum. Přímku si rozdělíme na tři části a prostřední vyjmeme. S každou nově vzniklou úsečkou provedeme stejný proces, čímž nám zase vzniknou nové úsečky, s kterými uděláme opět totéž. Dalším příkladem je Sierpinskeho trojúhelník. Narýsujeme



Sierpinského trojúhelník

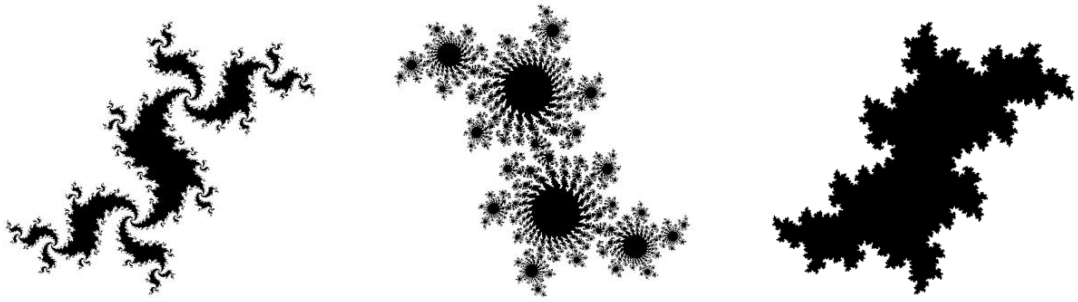
trojúhelník, který si rozdělíme na čtyři díly. Poté prostřední díl vyjmeme a toto děláme s každým nově vzniklým trojúhelníkem. Ideální fraktál je iterovaný až do nekonečna.

3. Komplexní fraktály

Jde o útvary zobrazované v Gaussově rovině.

Juliova množina

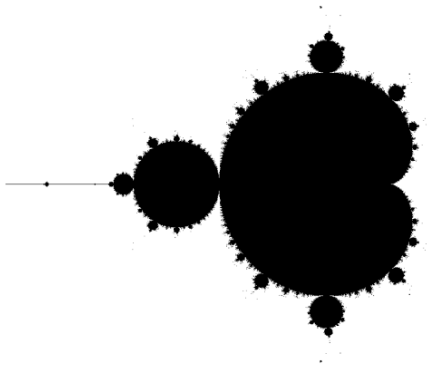
Zvolme libovolný bod na Gaussově rovině a označme jej *c*. Následně každý bod z Gaussovy roviny dosaďme do posloupnosti dané předpisem $Z_{n+1}=Z_n^2+c$. Jestliže bod *Z* po nekonečnu iterací této posloupnosti dojde k nekonečnu, pak do množiny nepatří; v opačném případě tam patří. Konstanta *c* je pro celou množinu stejná a může být libovolná, proto je Juliových množin nekonečně mnoho.



Juliovy množiny

Mandelbrotova množina

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

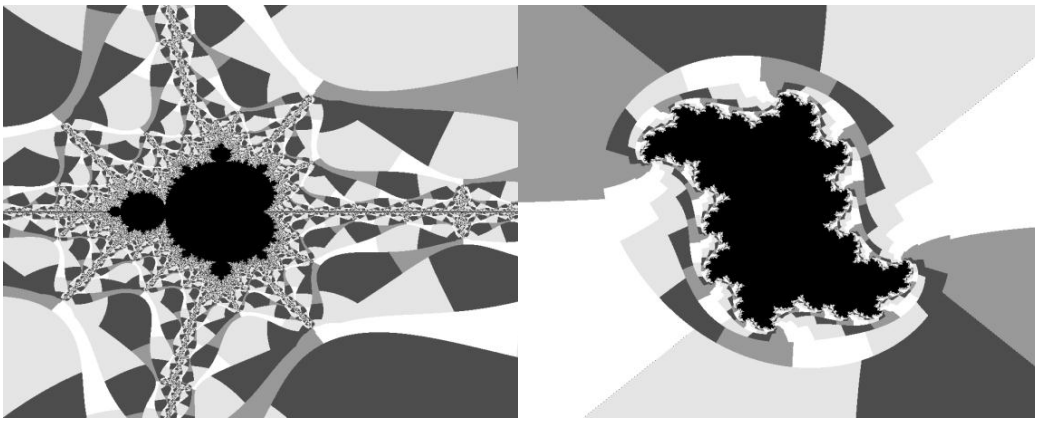


Mandelbrotova množina

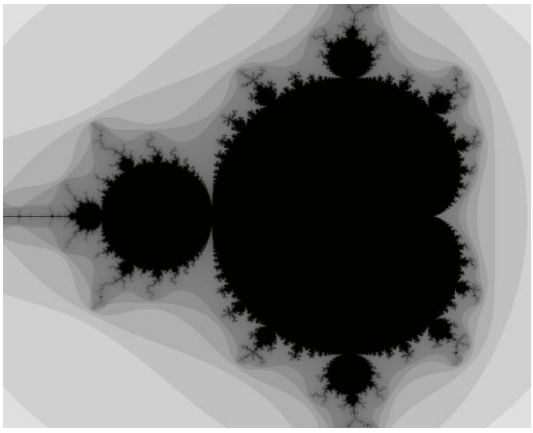
4. Metody zobrazení

Klasické zobrazení – Body, které do množiny patří, mají jednu barvu a ostatní barvu jinou. (Všechny dosud uvedené obrázky vznikly právě tímto způsobem.)

Obarvovací algoritmy – Každému bodu je přiřazena barva podle jeho vlastností, například podle úhlu posledního bodu v komplexní rovině (tzv. únikový úhel) nebo podle počtu iterací, po kterém se pozná, že posloupnost směřuje k nekonečnu. Některé obarvovací algoritmy produkují diskrétní hodnoty, jiné naopak spojité spektrum. Při použití algoritmu s diskrétními hodnotami jsou na výsledném obrázku vidět barevné skoky.

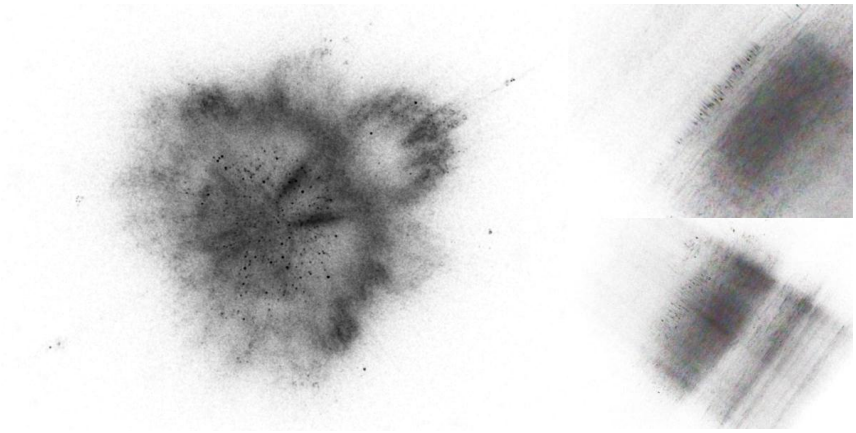


Množiny obarvené podle kvadrantu, do kterého dopadl poslední bod posloupnosti



Množina obarvená podle počtu potřebných iteraci

3D zobrazení – Hlavní myšlenka spočívá v použití hyperkomplexních čísel s dvěma imaginárními složkami. Tím získáme tři osy, které lze využít pro trojrozměrné zobrazení. Můžeme tak zobrazovat klasickou Mandelbrotovu množinu, ve které ale Z není komplexní, nýbrž hyperkomplexní číslo. Nebo lze použít metodu zobrazení Buddhabrot, kde se bod s každou iterací jednoduše naplotuje do prostoru.



Hyperkomplexní Buddhabrot

5. Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Petru Paušovi, který nás důkladně seznámil s problematikou fraktální geometrie. Dále bychom rádi poděkovali Linusu Tovarsovi za poskytnutí Kernelu, Richardu Matthew Stallmanovi a jeho vývojovému týmu za poskytnutí utilit GNU a v neposlední řadě také všem vývojářům gcc, bez kterýchžto by náš svět byl ochuzen o tolik krás (jako například o obrázek do hloubky prokresleného Buddhabrota).

6. Reference

[1] P. Pauš, http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~pauspetr/html/skola/fraktaly/reserse.htm [cit 20.6.2011]
[2] ,H.-O. Peitgen, P.H. Richter, The Beauty of Fractals, 1999

Veškeré obrázky jsou naším dílem.

LINUX Lab

Čeněk Škarda[1], Petra Pelikánová[2], Václav Kučera[3]

21.6.2011

Abstrakt

V nynější době existuje mnoho různých, více či méně používaných operačních systémů. Většina uživatelů osobních počítačů preferuje operační systém Microsoft Windows. To je zajímavé vzhledem k možnosti používání systému Linux, který je zdarma a má menší požadavky na výkon počítače. Domácí uživatelé se domnívají, že Linux je spíše systém pro programátory. To však již není pravda, Linux se snaží přizpůsobovat i běžným uživatelům.

1 Jak Linux vznikl

V roce 1983 Richard Matthew Stallman založil projekt GNU, jehož cílem bylo vytvořit nový operační systém unixového typu, který by byl složen pouze ze svobodného software. Cílem bylo poskytnout uživatelům možnost si jednotlivé programy, které jsou součástí tohoto projektu upravovat a za určitých podmínek dále šířit. Tyto podmínky upravuje licence GNU GPL.

Dlouho chybělo jádro tohoto systému. V roce 1991 ho poskytl Linus Torvalds. Pracoval na něm během svého studia na univerzitě v Helsinkách ve Finsku. V té době však neexistoval pro IBM PC volně dostupný unixový operační systém a Linusovi se nechtělo za komerční platit (MINIX, XENIX, SCO Unix). Vznikl operační systém GNU/Linux. Nyní se nespravně často uvádí pouze Linux.

Myšlenka svobodného software si našla podporu dalších příznivců, kteří začali na jeho vývoji spolupracovat. Jeho vývoj je podporován velkými organizacemi jako jsou Google, Intel, HP a další.

2 Použití operačního systému Linux v dnešní době

V České republice využívá Linux na běžných stolních počítačích asi 100 000 uživatelů internetu. To staví ČR na 12. místo v celosvětovém žebříčku procentuálního zastoupení uživatelů Linuxu mezi uživatelů internetu. Na prvním místě je Kuba. Státy jako Velká Británie a USA se nevyskytují v první dvacítce. Celkově používá linux okolo 2 procent uživatelů počítačových zařízeních.

[1]Gymnázium Uničov, cenek.skarda@seznam.cz
[2]Gymnázium Brno, ppelikanova@gmail.com
[3]Gymnázium Vysoké Mýto, kucera.gvmyto@gmail.com

Logo GNU

Logo Linux

3 Linux v kapse a v hale

Různě upravený systému Linux se nyní používají v nejrůznějších typech zařízení. Již dlouho se používá v klasických počítačích či superpočítačích, stále více se ale setkáváme s jeho použitím v mobilních telefonech a tabletech. Nespornou výhodou je, že na Linux prozatím neexistují opravdové hrozby v podobě virů.

3.1 Android

Android je operační systém pro chytré telefony založený na Linuxu vyvíjený firmou Google. První verze Androidu 1.0 byla vydána 23. září 2008 spolu s volně šiřitelným prostředím SDK Android pro vývoj aplikací pro tuto platformu. První komerčně dostupné zařízení s Androidem byl mobilní telefon HTC Dream, vydaný 22. října 2008 v USA v rámci sítě T-mobile. Do česka se dostal až 30. ledna 2009 s označením G1.

Nyní systém android v různých verzích využívájí stovky mobilních zařízení, tabletů a čteček ebooků. Mezi největší distributory patří firmy Samsung, LG, HTC, Sony Ericson nebo Motorola.

Systém Android nabízí uživateli velkou volnost ve vybavení. V základu nabízí mimo jiné aplikace jako Facebook, Youtube, Gmail, prohlížeč fotografií a videí a internetový prohlížeč. Další aplikace se buď instalují pomocí služby Google Market, nebo, protože i Android si zachovává principy volnosti od Linuxu, instalovat přímo z karty v telefonu. Díky této volnosti se stal jedním z nejpoužívanějších systémů pro chytré telefony a zároveň jedním z nejpoužívanějších odnoží systémů Linux.

Superpočítač Amálka

3.2 Superpočítač Amálka

Amálka je český paralelní superpočítač umístěný v Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR pracující na operačním systému Linux Slackware. Výpočetní výkon má 6.38 Tflops.

Dokáže tedy provést $6,38 \cdot 10^{12}$ operací za sekundu, což je počet operací běžného stolního počítače za přibližně 7 hodin. V posledních letech posloužil např. k výpočtu magnetického pole Merkuru a počítá se s ním ve studiu magnetických anomálií na Měsíci.

3.3 Stolní počítače a notebooky

Samozřejmě se Linux využívá i na běžných počítačích. Na ně existuje hned několik verzí hojně používaných Linuxů od různých programátorských firem. Mezi nejznámější patří Ubuntu, Fedora, Debian, Slackware, SUSE nebo Madriva. Každá z těchto distribucí má své výhody a nevýhody a různé uživatelské možnosti, např. Slackware je spíše pro programátory a servery než pro běžné uživatele.

4 Grafická prostředí a jejich užitnost

Dnešní Linuxové systémy jsou již po grafické stránce k nepoznání od svých předchůdců, kteří byli napsáni jako čistě textové systémy. Většina těchto prostředí se pomalu přizpůsobila nebo přizpůsobuje běžným uživatelům navyklých na prostředí Windows. Mezi nejpoužívanější patří prostředí KME a GNOME. Obě umožňují velkou uživatelskou volnost a nabízí možnost nastavení velkého počtu jazyků. I přes stále velkou různorodost mají Linuxy některé stejné grafické rysy. Jedním z nejlepších vylepšeních jsou virtuální plochy mezi kterými můžete jednoduše přecházet a pracovat na nich.

5 Programy

Pro Linux je dostupné velké množství kvalitních programů. Svědčí o tom i fakt, že některé programy dostupné pro Linux si vydobyly dobré jméno i mezi uživateli MS Windows (Firefox, VLC player). Přesto ne všechny programy jsou tak známé. Uvedeme zde proto seznam několika programů, které považujeme za důležité nebo jiným způsobem zajímavé.

Na svém počítači se určitě budete chtít připojit na internet. Pravděpodobně nejznámějším prohlížečem je již zmiňovaný Firefox. Do většiny distribucí by však mělo být možné instalovat i další známé prohlížeče (Opera, Chrome)

Jako náhrada klasického ICQ složí v Linuxu například Empathy. Jedná se o IM klient se schopností připojovat se do širokého spektra chatů (ICQ, FB chat, Jabber).

Pokud patříte mezi hudební fanoušky, pravděpodobně oceníte Rhythmbox. Tento program Vám pomůže velmi přehledně uspořádat Vaši hudební kolekci podle posloupnosti interpret, album, skladba. Jedním z mnoha dalších přehrávačů je Audacious, který vychází z populárního Winampu.

Pro filmové fanoušky jistě nebude neznámým programem VLC media player, který pod linuxovými systémy bez nejmenších problémů funguje. A jestli patříte mezi fanoušky nejnovější techniky, určitě Vás potěší Bino, program na přehrávání 3D videa.

Pro ty, kdo filmy nejen sledují, ale i s nimi pracují existuje program PiTiVi, nelineární editor videa. Jako obdobu populárního Photoshopu pak pro Linux existuje kvalitní bitmapový editor GIMP. A pro opravdové hračičky existuje Blender, program na 3D modelování.

O správu Vašich dokumentů v Linuxu se postará například Open Office. Kancelářský balík, který je opět známý některým uživatelům Windows. Další alternativou pak je Libre Office, nový balík, který přímo vychází z Open Office, snaží se však být ještě svobodnější.

Někdo z vás možná zaslechl, že pro Linux neexistují žádné hry. Není to pravda, her sice není tolik jako pro Windows, ale existují. A některé jsou velmi podařené (i přes to, že jsou často zcela zdarma). Například Open Arena, svobodný klon populárního Quake 3. A pro milovníky online her zmíníme třeba reatltime fantasy strategii Savage (2). Jestli se stejně nechcete vzdát svých her, existuje možnost spouštět je přes emulátor Wine.

Na závěr už jen malá zajímavost. Co byste řekli, kdyby se Vám programy na plochách automaticky rozmisťovaly tak, jak chcete zcela automaticky? V Linuxu se o to postará program Devilspie. Jen nastavíte několik jadnoduchých parametrů a je hotovo.

6 Závěr

Linux se postupně stává více a více použitelným a používaným systémem, který je vhodný pro běžné uživatele i pro programátory. Velmi důležitým členem rodiny Linux se také stal operační systém Android, který je nyní známý jako velmi praktický systém pro mobilní telefony a PDA. Díky bezplatosti a různorodosti systému si Linux stále získává nové uživatele a díky prostředím, která napodobují systém Windows je přechod na Linuxy jednoduchý. Užitnost systému také zajišťuje velké množství programů k práci na internetu, s dokumenty i pro volný čas.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI ČVUT a organizátorům Fyzikálního týdne a našemu supervizorovi Ing. Janu Machovi.

Reference

[1] http://atanova-zasuvka.blog.cz/1002/amalka-nejvykonnejsi-superpocitac-v-cr/

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Linux/

[3] http://www.linux.cz/

[4] http://www.linux.website21.cz/navody/graficka-uzivatelska-prostredi-pro-gnu-linux-a-unix-dil-1.html

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

Ramseyova teorie aneb příklady, které jsou pro počítač moc složité

Aranka Hrušková, Vladislav Matúš, Jakub Schusser,
Eduard Šubert, Martin Töpfer
Gymnázium Christiana Dopplera, Gymnázium Českolipská 373,
Gymnázium Broumov, Gymnázium Turnov, Gymnázium Nad Štolou
umim.cist@gmail.com, vladislav.matus@seznam.cz, schusserj@seznam.cz,
edasubert@gmail.com, mtopfer@gmail.com

Abstrakt

Ramseyova teorie se zabývá příklady, které hledají nejmenší možný počet prvků zaručující danou vlastnost. Patří mezi ně např. Party Problem, Happy End Problem nebo Van der Waerden Problem. Pro počítače jsou příklady z dané oblasti značně časově náročné, ale úvahou lze výsledku dosáhnout leckdy za pár vteřin. Ramseyovu teorii velmi rozvinul maďarský matematik Pál Erdős.

1 Ramseyova teorie

F. P. Ramsey (1903 – 1930) byl britský matematik a filozof, který i navzdory faktu, že zemřel v pouhých 26 letech, publikoval mnoho článků zabývajících se kombinatorikou, pravděpodobností, matematickou ekonomií a mimo jiné vymyslel Ramseyův teorém (zjednodušeně: absolutní chaos není možný).

Ramseyova teorie se zabývá hledáním nejmenšího počtu prvků, které garantují danou vlastnost. Nejlépe tuto teorii pochopíme demonstrací na následujících 2 příkladech.

Příklad 1. *Vybereme- li z čísel* $1, 2, 3, \ldots 2n$ *libovolně* $n + 1$ *čísel, pak mezi nimi vždy najdeme* 2 *čísla nesoudělná. Vybrat* n *čísel nestačí.*

Vysvětlení. Vždy, když vybereme $n + 1$ prvků, objeví se mezi nimi 2 po sobě jdoucí čísla a ta nejsou soudělná. Pokud ale vybereme pouze n prvků, může nastat situace, kdy vybereme např. n sudých čísel, která budou vždy po dvojicích soudělná. □

Příklad 2. *Vezmi prvních* 101 *přirozených čísel a uspořádej je libovolně. Pak vždy najdeš rostoucí nebo klesající posloupnost* 11 *čísel. (Prvních* 100 *čísel nestačí.)*

Vysvětlení. K dokázání, že 100 prvků nestačí, si čísla uspořádáme ve tvaru

$$91, 92, 93, \ldots, 100; 81, 82, 83, \ldots 90; \ldots\ldots, 11, 12, 13 \ldots 20; 1, 2, 3, \ldots 10.$$

Čtenář si rozmyslí, že v takovémto uspořádání nenajdeme ani klesající, ani rostoucí posloupnost 11ti čísel.

□

2 Van der Waerdenův problém

B. L. van der Waerden (1903 – 1996) byl holandský matematik, který se věnoval především abstraktní algebře. Ve svém díle *Algebra* byl první, kdo obsáhl toto téma jako celek. Jeho jméno bude navždy zapamatováno díky Van der Waerdenovu testu, číslu a teorému, který spadá do Ramseyovy teorie.

2.1 Van der Waerdenův teorém

Věta 1. *Pro každé $r, k \in \mathbb{N}$ existuje $N \in \mathbb{N}$ takové, že pokud čísla $\{1, 2, \ldots, N\}$ obarvíme náhodně každé jednou z r různých barev, pak můžeme vybrat k monochromatických členů aritmetické posloupnosti. Nejmenší možné N určuje Van der Waerdenovo číslo $W(r, k)$.*

V našem případě jsme řešili problém pro $r = 2, k = 3$, tedy hledali jsme nejmenší počet prvních přirozených čísel, ve kterých po obarvení dvěma barvami nalezneme tři členy aritmetické posloupnosti.

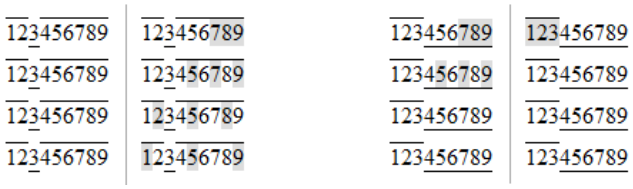
Přijdeme na to, že $N = 8$ je málo, protože můžeme barvit například následovně:

$$\underline{1}\overline{2}\underline{3}\underline{4}\underline{5}\overline{6}\overline{7}\underline{8}$$

Pokud přidáme deváté číslo, tak při jeho libovolném obarvení najdeme 3 členy aritmetické posloupnosti. Důkaz provedeme buď „hrubou silou“ (prozkoumáním všech možností), nebo matematicky.

2.2 Důkaz „hrubou silou“

Všechny možnosti jsme procházeli počítačovým programem napsaném v C++, Mathematica a PHP.



Obrázek 1: Dvě ukázky výstupu z programu. Barevné rozlišení je reprezentováno podtržením a nadtržením. V prvním sloupci jsou posloupnosti nalezené v podtržených, ve druhém v nadtržených. Po řádcích se zvyšuje diference.

2.3 Matematický důkaz

V tomto případě zkoušíme čísla vybarvovat od středu číselné řady (5). Pro zjednodušení jsme místo čísel použili písmena a a b symbolizující jednotlivé barvy. Tečky znázorňují volná místa. Začneme tím, že číslo pět obarvíme bez újmy na obecnosti barvou a - následuje pět možností dalšího obarvování, z nichž jednu jsme znázornili níže a zbylé naznačili. Každé další obarvení pole zabraňuje vzniku aritmetické řady. Nakonec však vznikne pole, kam nelze doplnit ani a ani b - to je označeno *!!!*.

Postup vyplnění

1	2	3	4	5	6	7	8	9
.	.	.	*a*	*a*	.	.	.	.
.	.	*b*	*a*	*a*	*b*	.	.	.
.	.	*b*	*a*	*a*	*b*	.	.	*a*
.	.	*b*	*a*	*a*	*b*	*b*	*!!!*	*a*

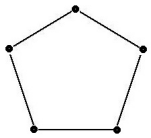
Ostatní možnosti začátku

1	2	3	4	5	6	7	8	9
.	.	*a*	*b*	*a*	.	.	.	.
.	*a*	*b*	*b*	*a*	.	.	.	.
a	*b*	*b*	*b*	*a*	.	.	.	.
b	*b*	*b*	*b*	*a*	.	.	.	.

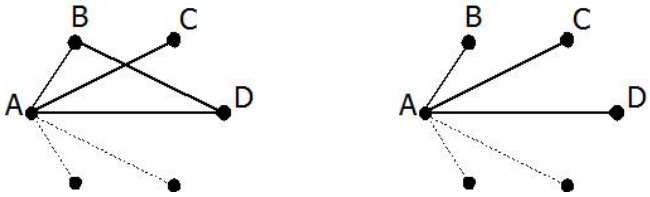
3 Party Problem

Dalším známým problémem, na který lze Ramseyovu teorii použít, je Party Problem. Cílem je najít nejmenší počet lidí, kteří se musí účastnit večírku, má-li být zajištěno, že mezi nimi existuje trojice, kde každý zná každého, nebo existuje trojice, kde nikdo nezná nikoho. Abychom mohli tento problém matematicky snadno popsat, celou situaci budeme reprezentovat grafem. Vrcholy grafu představují hosty a hrana mezi dvěma vrcholy znamená, že se daní dva lidé znají. Nyní můžeme přeformulovat úlohu na hledání minimálního počtu vrcholů grafu tak, abychom měli jistotu, že se v grafu budou nacházet tři navzájem propojené vrcholy nebo tři vrcholy, mezi nimiž nebude žádná hrana.

Následující obrázek ukazuje, že pět lidí nestačí:



Na grafu o šesti vrcholech už ale dokážeme, že podmínku naší úlohy vždy splňuje. Z libovolného vrcholu (označme jej A) vedou alespoň tři hrany, nebo existují alespoň tři vrcholy, se kterými vrchol A spojen hranou není. Bez újmy na obecnosti proto uvažujme, že z daného vrcholu vedou tři hrany. Označme vrcholy spojené s vrcholem A jako B, C a D. Pokud by existovala hrana mezi některými dvěma těmito vrcholy, tvořily by s vrcholem A trojici navzájem propojených vrcholů a tvrzení by platilo. Pokud mezi B, C a D není žádná hrana, tvoří tyto vrcholy hledanou trojici nepropojených vrcholů.



Důkaz, že všechny grafy na šesti vrcholech vyhovují podmínce Party Problemu můžeme provést také pomocí počítače otestováním všech možných grafů na šesti vrcholech. Pokud program nebudeme nijak optimalizovat a budeme uvažovat všechny grafy včetně těch, které jsou navzájem izomorfní, budeme muset otestovat $2^{15} = 32768$ grafů. Výpočet našeho programu napsaného v prostředí Wolfram Mathematica trval přibližně 25 minut.

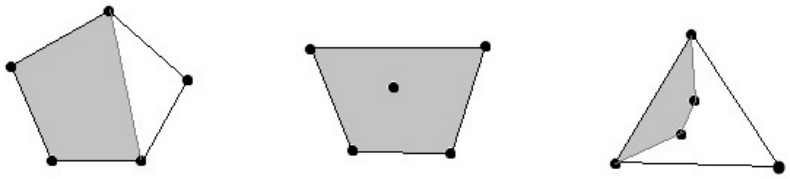
Zobecněním úlohy Party Problem je situace, kdy hledáme nejmenší počet lidí, kteří se musí účastnit večírku, má-li být zajištěno, že mezi nimi existuje n-tice, kde každý zná každého, nebo existuje n-tice, kde nikdo nezná nikoho. Pokud bychom se snažili řešit tento problém hrubou silou bez jakékoli optimalizace, museli bychom ozkoušet $2^{\frac{n(n-1)}{2}}$ grafů. Exponenciální časová složitost programu je důvodem, proč přesná mez dostačujícího

počtu lidí pro vyšší n není známá. Pro $n = 4$ je potřeba minimálně 18 lidí na večírku, ale pro vyšší n známe jen horní a dolní odhady.

4 Happy End Problem

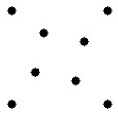
Happy End Problem byl zformulován ve třicátých letech minulého století. Jako první s ním přišla matematička Esther Klein. Ta položila otázku, kolik bodů, z nichž žádné tři neleží v přímce, je minimálně potřeba, aby některé z nich vždy tvořily vrcholy konvexního čtyřúhelníku. Sama si odpověděla a následně se začal zkoumat stejný problém pro pětiúhelník i obecně pro n-úhelník.

Nejmenší počet bodů pro čtyřúhelník je 5, což Ester dokázala pomocí tzv. konvexních obalů (tj. konvexní n-úhelník zahrnující všechny dané body):



Každých pět bodů v rovině lze uzavřít buď do konvexního pětiúhelníku, čtyřúhelníku, nebo trojúhelníku. Pokud vybereme libovolné čtyři body z pětiúhelníku, vytvoří konvexní čtyřúhelník a u čtyřúhelníku jsou hledanými body čtyři krajní. V trojúhelníku spojíme dva vnitřní body přímkou, která nám rozdělí rovinu na dvě poloroviny - víme, že v jedné se nachází jeden vrchol trojúhelníku a v druhé dva. Spojíme-li dva vnitřní body s dvěma vrcholy trojúhelníku ležícími ve stejné polorovině, získáme konvexní čtyřúhelník.

Obdobně najdeme výsledek i pro pětiúhelník, kde je minimální počet bodů devět. Jeden z případů, kdy osm nestačí:



Vzápětí po vyslovení problému přišel matematik György Szekeres s obecným řešením; s počtem bodů $N(n)$, které zajistí existenci konvexního n-úhelníku. Esther Klein tím tak uchvátil, že získal její ruku - od té doby se tomuto problému přezdívá Happy End Problem. Posléze byla vyslovena přesnější hypotéza, že pro n-úhelník je minimální počet bodů $2^{n-2} + 1$, ta však ještě nebyla potvrzena.

5 Pál Erdős a Ramseyova teorie

Pál Erdős se narodil roku 1913 v Budapešti v rodině matematiků. Již jako dítě jevil známky geniality, ve čtyřech letech ovládal záporná čísla a v deseti byl okouzlen Eukleidovým důkazem nekonečnosti prvočísel, který mu ukázal jeho otec - tehdy se malý Pál rozhodl, že se stane matematikem. Své tituly získal velice brzy, všechny za důkazy týkající se prvočísel. Během svého života napsal Erdős rekordní počet článků. Protože měl kromě

velkého množství publikací i obrovský počet spoluautorů, bylo na jeho počest definováno Erdősovo číslo. On sám má číslo 0, každý jeho spoluautor 1, spoluautor spoluautora 2 atd.

Pál Erdős také hledal „Zázračné děti“. Jedním z nich byl např. Lájos Pósa, kterého si Erdős prověřil Příkladem 1. Lájos ho během chvilky vyřešil a díky tomu byl Erdősem přizván ke spolupráci.

Tento matematik ze svých životních zkušeností usoudil, že Bůh rozhodně nemůže být dobrý a přezdíval mu Supreme Fascist (SF). Krom toho tvrdil, že SF má Knihu (The Book), která obsahuje jen ty nejhezčí důkazy. Největší pochvalou tedy bylo, když o vašem důkazu prohlásil: "It's straight from the Book."

O Erdősovi se ale zmiňujeme proto, že jeho oblíbeným odvětvím matematiky byla právě Ramseyova teorie, kterou rozvinul a zpopularizoval.

6 Závěr

Během našeho miniprojektu jsme se postupně seznámili s Ramseyovou teorií, Van der Waerdenovým problémem, Happy end problémem a Party problémem. Dále jsme se dozvěděli několik zajímavých faktů o životě Pála Erdőse a jeho vědecké práci. Nakonec jsme si některé z výsledků ověřili naprogramováním v různých jazycích, čímž se potvrdilo, že některé úlohy jsou pro počítač opravdu složité a počítači zaberou hodně času, zatímco jejich matematický důkaz je krátký a elegantní.

Poděkování

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

Reference

[1] Graham R. L., Spencer J. H. *Ramsey Theory.* Scientific American (1990), 112–117.

[2] Csicsery G.-P. *N Is a Number: A Portrait of Paul Erdös.* DVD, Springer, Berlin, 1999.

[3] Hoffman P. *The Man Who Loved Only Numbers.* The Story of Paul Erdös and the Search for Mathematical Truth. Hyperion, New York, 1998.

[4] Schechter B. *My brain is open: The mathematical journeys of Paul Erdös.* Simon & Schuster, New York, 2000.

Práce v radiochemické laboratoři - ověření zákonitostí radioaktivních přeměn

Autoři:
H.Brandejská, Gymnázium Jiřího Ortena, brandejskahelena@seznam.cz
A. Hladíková, Gymnázium J.K.Tyla, AJA.HLADIK@seznam.cz
T.Pfohl, Gymnázium a SOŠPg Jeronýmova, Pfohltomas@seznam.cz
D. Valko, Střední škola logistiky a chemie, ValkoDavid@seznam.cz
J. Kaňourek, Gymnázium Otrokovice, janvanourek@seznam.cz

Abstrakt:
Měření poločasu radioaktivní přeměny krátkožijících radionuklidů. Aktivace stabilních izotopů stříbra neutrony s využitím neutronového generátoru Am-Be o aktivitě ^{241}Am 500mCi. Eluce ^{137m}Ba z radionuklidového generátoru fyziologickým roztokem a stanovení poločasu rozpadu ^{137m}Ba spolu se stanovením účinnosti vymytí kolony.

Úvod

Na Zemi se vyskytují prvky, které se dají rozdělit na stabilní a nestabilní - radionuklidy.Ty podléhají v čase přeměně, při které se mění jejich aktivita a tedy i množství. Radionuklidy můžeme dále rozdělit na přírodní a umělé. Mezi přirozené radioaktivní látky patří např.: uran, thorium a řady jejich dceřiných produktů. Dále sem náleží radionuklidy, které tyto řady nevytvářejí, jako jsou například $_{40}$K, $_{14}$C, $_{3}$H. Umělé radionuklidy vznikají v jaderných reaktorech nebo na cyklotronech.

Pro počet jader radioaktivního prvku v závislosti na čase platí základní rozpadový zákon:

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

kde N je počet částic v čase t, N_0 je počet částic v t = 0 a λ je přeměnová konstanta.

Dále platí vztah pro určení závislosti poločasu rozpadu T na přeměnné konstantě:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

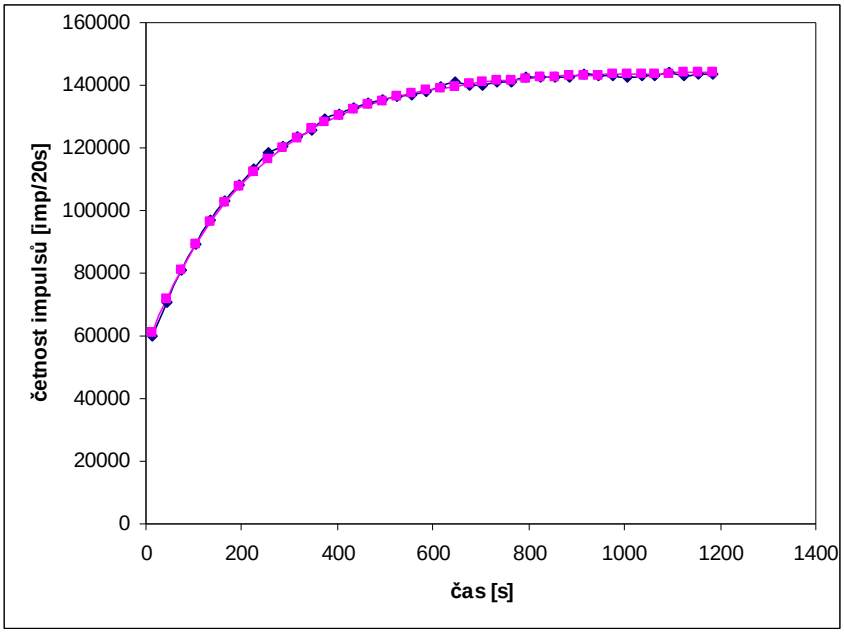
Obecná a experimentální část

Stanovení poločasu ^{137m}Ba a měření nárůstové křivky

Radionuklidový generátor pracuje na principu separace dceřiného radionuklidu od mateřského, který je pevně vázán v matrici. Použitý radionuklidový generátor ^{137}Cs-^{137m}Ba byl naplněný sorbentem na bázi ferrokyanidu draselno-nikelnatého, který iontovou výměnou váže cesné ionty, zatímco Ba^{2+} ionty nezadržuje. Chemickou separací je tedy možné získat dceřiný radionuklid přímo do elučního roztoku. Tímto postupem jsme připravili roztok ^{137m}Ba. Následující radioaktivní rovnováha

$$^{137}Cs\left(\beta^{-};30{,}23r\right)\rightarrow{}^{137m}Ba\left(\gamma;153s\right)$$

je díky krátkému poločasu dceřiného nuklidu ustavena relativně rychle, používá se doba 10 poločasů, kdy je aktivita ^{137m}Ba rovna již 99,9% aktivity mateřského ^{137}Cs, tedy po 25,5 minuty. Ustanovení rovnováhy mezi baryem a cesiem po vymytí generátoru popisuje následující graf:



Obr. 1: Ustanovení rovnováhy mezi Ba a Cs po vymytí generátoru

Pomůcky:

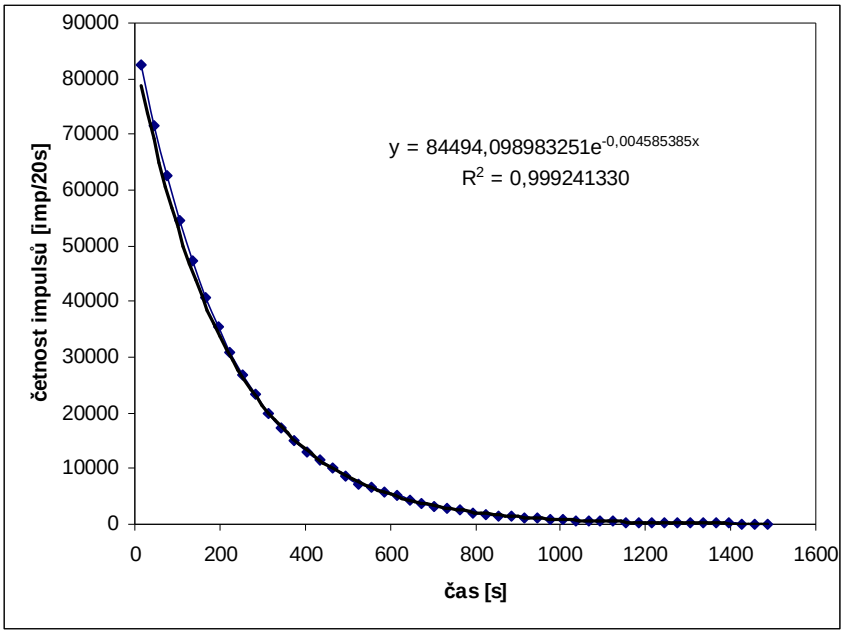
Radionuklidový generátor (137Cs-137mBa), fyziologický roztok NaCl, stříkačka, měřicí ampule, studňový NaI(Tl) detektor, stopky.

Pracovní postup:

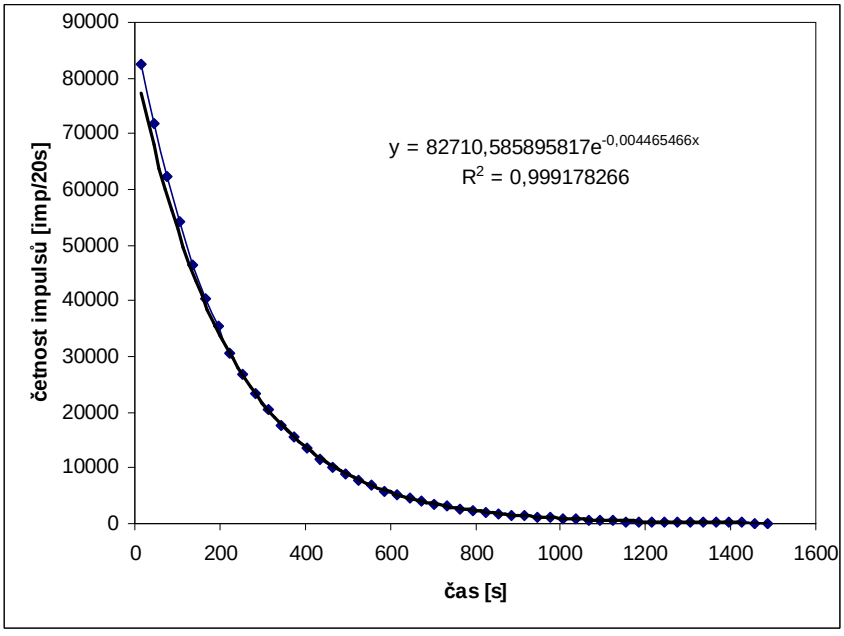
Připravili jsem generátor k promytí, zamezili jsme vzniku bublin v generátoru a připojili stříkačku s fyziologickým roztokem. Generátor jsme eluovali 5 ml fyziologického roztoku protlačením ze stříkačky, eluát jsme jímali do 7 ml měřicí ampule. Ampuli jsme ve studňovém NaI(Tl) detektoru měřili opakovaně 20s s 10s prodlevou. Naměřená data byla přímo vkládána do programu MS Excel a prokládána exponenciální závislostí.

Výsledky:

U připravených vzorků roztoku ^{137m}Ba jsme z naměřených hodnot sestrojili grafy rozpadových křivek a z proložení exponenciální závislostí získali hodnoty poločasu rozpadu ^{137m}Ba (Tabulka1). Z grafů jsme určili poločasy přeměny, které jsme porovnali s tabulkovou hodnotou (153s).



Obr. 2: Rozpadová křivka vzorku č. 2, ($y = 84494{,}09e^{-0{,}00458x}$, $R^2 = 0{,}999$)



Obr. 3: Rozpadová křivka vzorku č. 3, ($y = 82710{,}58e^{-0{,}00446x}$, $R^2 = 0{,}999$)

Tabulka 1: Naměřené hodnoty poločasu rozpadu ^{137m}Ba

Vzorek	Poločas přeměny (s)	Rozdíl proti tabulkové hodnotě (%)
1	149,3	2,5
2	151,2	1,2
3	155,2	1,4
4	150,4	1,7
Průměr	151,5 ± 2,2	1,7

Na Obr. 1 je uvedeno postupné ustavování trvalé radioaktivní rovnováhy v použitém radionuklidovém generátoru. Získaná závislost byla proložena nárůstovou funkcí:

$$A = A_0(1 - e^{-\lambda t}) + A_x ,$$

kde A_0 je počáteční aktivita v čase měření t = 0, a A_x je aktivita generátoru po ukončení eluce. Ze získaných hodnot počáteční (A_x) a saturační aktivity (A_0+A_x) po promytí generátoru byla vypočtena účinnost jeho eluce, která činila 76%.

Poločas rozpadů izotopů stříbra

Přírodní stříbro se vyskytuje jako směs dvou stabilních izotopů ^{107}Ag a ^{109}Ag. Jejich ozařováním pomalými neutrony vznikají jadernou reakcí nestabilní izotopy ^{108}Ag a ^{110}Ag, beta zářiče, jejichž aktivitu lze změřit např. scintilačním detektorem. Naměřená závislost počtu impulsů na čase má exponenciální charakter. Pokud by byl přítomen pouze jeden radioizotop, měla by tato závislost v semilogaritmickém měřítku tvar přímky.

Pomůcky:

Počítací zařízení s trubicí beta, stříbrný terčík umístěný na destičce z plexiskla, neutronový zdroj, dvoje stopky

Pracovní postup:

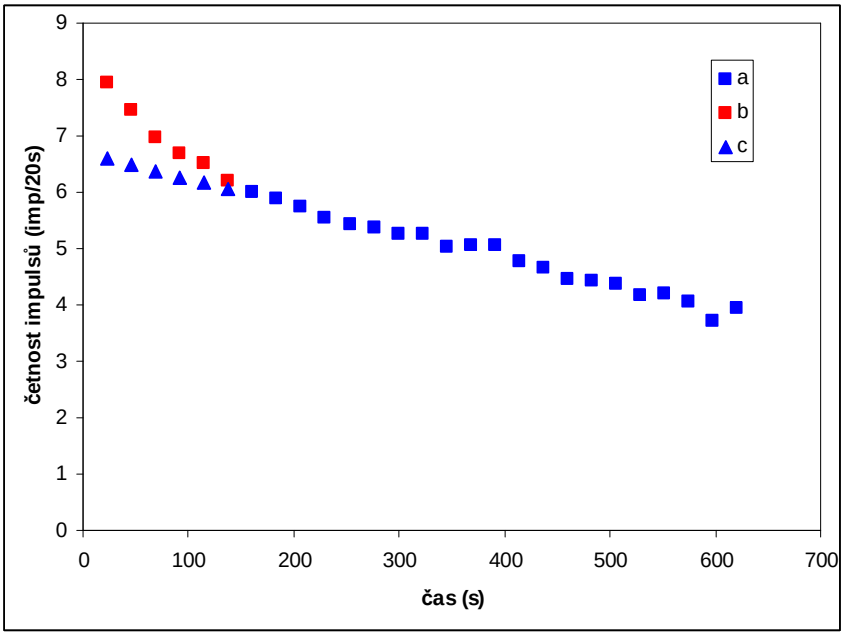
Stříbrný plíšek vložíme ke zdroji termálních (pomalých) neutronů a necháme jej ozařovat asi dvacet minut. Během ozařování minimálně pětkrát změříme přirozenou radioaktivitu pozadí. Jelikož vznikající izotopy stříbra mají krátké poločasy rozpadu, je třeba po ukončení aktivace plíšku a vyjmutí izotopů z neutronového generátoru postupovat rychle. Ozářené plíšky vložíme do detektoru (nejpozději 15-25 sekund po skončení ozařování) a zahájíme měření. Měřící program automaticky zaznamenává četnost impulsů v čase. Z těchto výsledků sestrojíme graf závislosti logaritmu aktivity na čase. Provedeme grafickou analýzu rozpadové křivky a určíme poločasy rozpadů obou radioizotopů. Měření provedeme alespoň čtyřikrát.

Při ozařování probíhají jaderné reakce

$$^{107}\text{Ag}\ (n,\gamma)\ ^{108}\text{Ag}$$

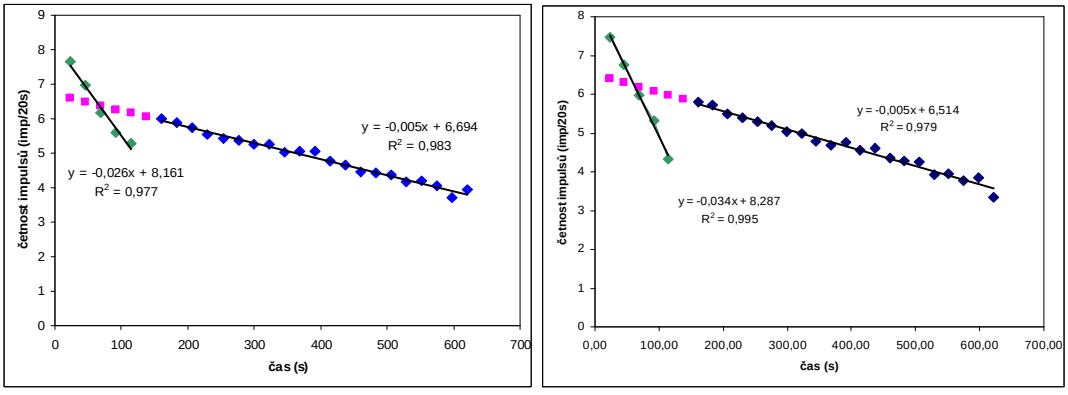
$$^{109}\text{Ag}(n,\gamma)\ ^{110}\text{Ag}$$

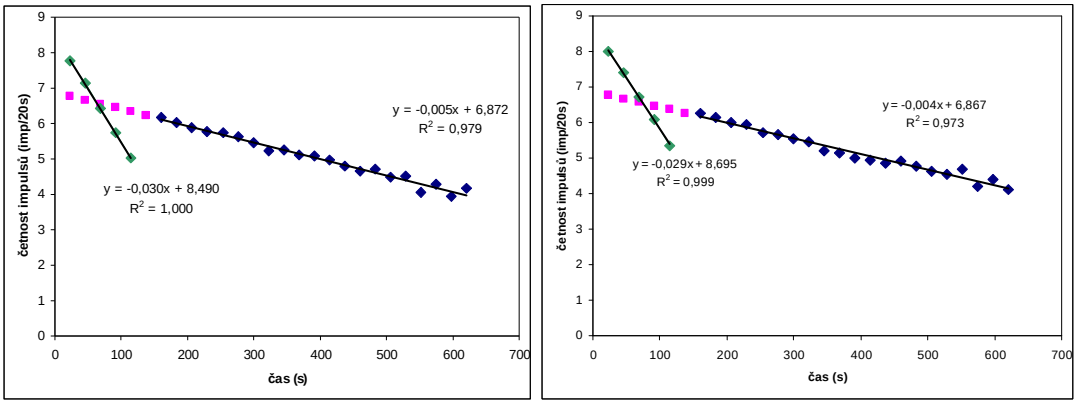
Aktivita vzniklých radioizotopů se vyznačuje složitou rozpadovou křivkou, kterou lze geometricky rozdělit na rozpadové křivky jednotlivých radioizotopů. Část křivky pod označením „a“ je v logaritmickém měřítku přímka, ze které lze rovnou vypočítat poločas rozpadu déle žijícího radioizotopu ^{108}Ag (v tomto čase se krátkožijící radioizotop již rozpadl). Část křivky pod označením „b“ vyjadřuje společnou aktivitu obou radioizotopů, ze které lze po odečtení příspěvku dlouhodobějšího izotopu „c“ vypočítat poločas rozpadu krátkožijícího radioizotopu. Přímku rozdělíme v místě odhadu většinového rozpadu většiny krátkodobého izotopu, což lze rozpoznat výrazným zmenšením strmosti křivky.



Obr.4: Záznam naměřených četností impulsů ozařovaného vzorku stříbra a jeho rozložení na příspěvky jednotlivých izotopů (a – ^{110}Ag, b-sumární četnost impulsů směsi obou izotopů, c-příspěvek ^{110}Ag k celkové četnosti směsi obou izotopů).

Výsledky měření:





Obr.5: Rozklad závislostí celkových četností impulsů jednotlivých vzorků Ag na čase na příspěvky jednotlivých izotopů, zobrazení v semilogaritmickém měřítku.

Tabulka 2: Stanovené hodnoty poločasu rozpadu připravených izotopů stříbra a jejich rozdíly proti tabulkovým hodnotám

měření	108Ag	110Ag	rozdíl (%)	108Ag	110Ag
1.	146,8	20,6	1.	1,5	16,2
2.	149,1	26,2	2.	3,1	6,5
3.	149,1	23,1	3.	3,1	6,0
4.	157,9	24,1	4.	9,2	1,9
průměr	150,7	23,5	průměr	4,22	7,67
smodch	4,3	2,0			
smodch%	2,8	8,5			
Poločas	150,7 ± 4,3 s	23,5 ± 2,0 s			
Tabelováno	144,6 s	24,6 s			

Závěr

Z naměřených hodnot jsme ověřili platnost základního rozpadového zákona a vytvořili rozpadové křivky. Pro tyto účely jsme využili radionuklidový generátor a určili jsme, jaké účinnosti eluce dceřiného radionuklidu jsme dosáhli. Průměrná hodnota námi stanoveného poločasu ^{137m}Ba činila (151,5 ± 2,2)s průměrným rozdílem od tabulkových hodnot o 1,7%.
Dále jsme aktivovali ^{107}Ag a ^{109}Ag pomalými neutrony za vzniku izotopů ^{108}Ag a ^{110}Ag a stanovili jejich poločas rozpadu (150±7s u ^{108}Ag a 23,5±2s u ^{110}Ag).

Poděkování

Rádi bychom poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze za poskytnutí zázemí k našemu měření. Děkujeme pořadatelům Týdne vědy na FJFI ČVUT a našemu supervizorovi ing. Mojmíru Němcovi, Ph.D. za uvedení do problematiky a pomoc během vypracovávání práce.

Reference

[1] $^{137}_{56}Ba$ - NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=56&n=81, 21.6.2011

[2] $^{110}_{47}Ag$ - NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=47&n=63, 21.6.2011

[3] $^{108}_{47}Ag$ - NuDat 2, http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=47&n=61, 21.6.2011

[4] MAJER, V.: Základy jaderné chemie, Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1961, pp. 96–98

Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením

P. Urban
Gymnázium Nad Štolou, Praha
patrik.urb@gmail.com

Abstrakt:
Zabývali jsme se měřením specifického spektrálního záření směsi sloučenin uranu, vybuzených laserovým paprskem. Pomocí dvou různých metod jsme zjišťovali zastoupení jednotlivých složek.

1 Úvod

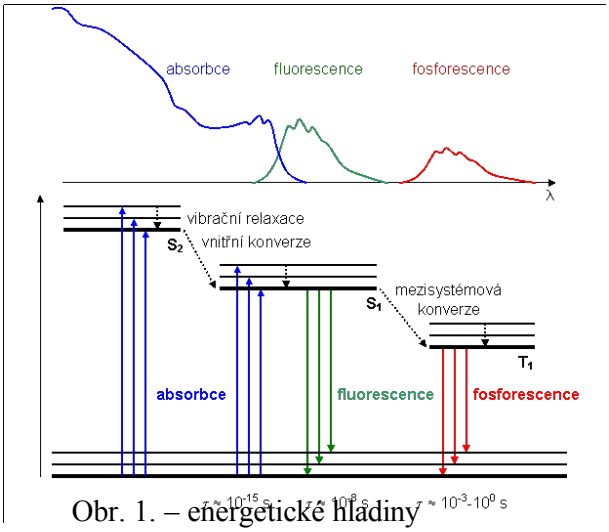
Fluorescenční spektrometrie je založena na detekci spekter záření látky, která je excitována na vyšší energetickou hladinu a při zpětné deexcitaci ztrácí získanou energii v podobě záření-fluorescence. Excitace sloučenin uranu byla navozena laserovým pulsem, fluorescenční záření pak bylo zachytávanou ICCD kamerou. ICCD kamera nám umožňovala softwarově nastavit zpoždění mezi průchodem laserového paprsku vzorkem a zaznamenáním záření. Tímto způsobem jsme se tedy vyhnuli detekci rozptýleného paprsku laseru a záření, které jsme dále zpracovávali bylo pouze fluorescenčního původu. Měření spektra a jeho intenzity v závislosti na čase umožňuje při zpracovávání výsledků určit, kolik složek v roztoku fluoreskuje a jaké konkrétní látky to jsou. Díky tomu je poté možné určovat, jak jsou jednotlivé složky ve vzorku zastoupeny, což je důležitá informace například pro chemiky.

2 Fluorescence

Fluorescence je jev, při kterém se uvolňuje charakteristické záření v průběhu deexcitace elektronů vybuzených do vyšších hladin. K vybuzení elektronů je potřeba dodat excitační energii. Tato energie se různí, podle toho, mezi kterými hladinami elektron přeskakuje. Excitační energii absorbuje elektron z elektromagnetického záření-

$$E=h\,f,$$

kde *h* je Plancova konstanta a *f* je frekvence záření. Pokud je tedy energie záření stejná



Obr. 1. – energetické hladiny

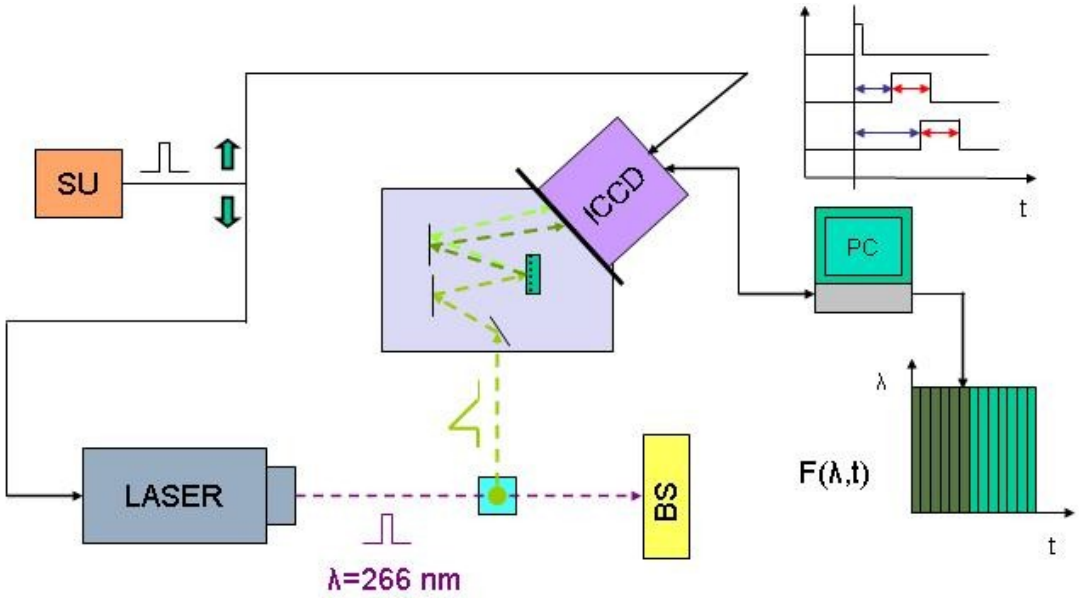
jako je excitační energie elektronu, dojde k absorpci záření, excitaci elektronu a jak elektron postupně klesá přes hladiny zpět na svou původní hladinu vyzařuje fotony při jednotlivých přechodech mezi hladinami.

Fluorescence je charakterizována časem τ (doba vyhasínání), za který 63% excitovaných atomů či molekul přejde do své původní hladiny. Tento čas vyhasínání je u fluorescence v řádech okolo 10^{-8} sekundy. Různé sloučeniny mají ovšem dobu vyhasínání jinak dlouhou, čehož se (kromě různého spektra záření) využívá k jejich identifikaci.

5 Laserový systém

Uspořádání celého experimentu bylo následující:

- laserový puls vybudil vzorek umístněný v kyvetě
- fluorescenční záření z kyvety je soustředěno na spektrograf
- rozložené spektrum bylo detekováno ICCD kamerou
- pro časovou synchronizaci laseru a kamery je zapojena synchronizační jednota (SU)
- vše bylo ovládáno softwarově z PC



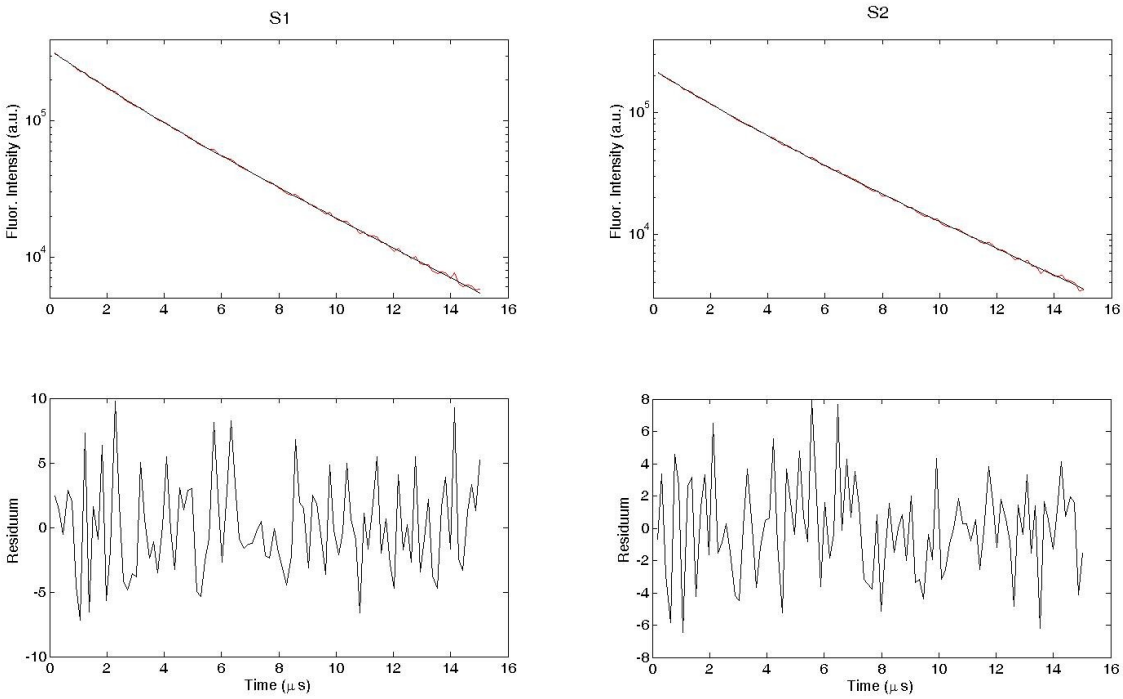
Obr. 2. – experimentální uspořádání

4 Metody práce, zpracování výsledků

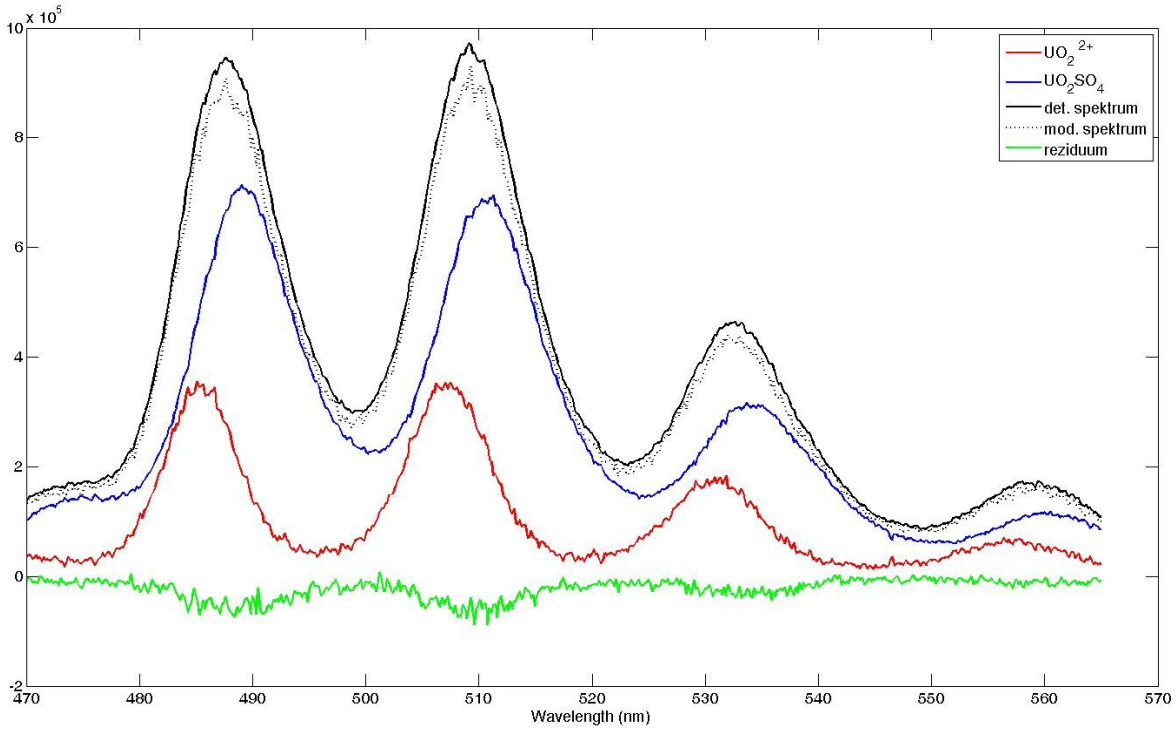
Byly měřeny dva vzorky. Pro každý vzorek byla detekována kinetická série fluorescenčních spekter, které byla normována vzhledem k naměřeným energiím pulzů, zpracování dat bylo prováděno v programu MatLab. Byly použity dvě metody analyzování výsledků.
V první metodě byly zprůměrňovány fluorescenční intenzity okolo hlavních peaků, čímž byly získány dva průběhy poklesu fluorescenční intenzity. Tyto dva průběhy byly modelovány biexponencionálním poklesem, což odpovídalo přítomnosti dvou forem uranu. (UO_2^{2+}, UO_2SO_4) Doby vyhasínání těchto složek byly získány nafitováním exponenciál na modelová data.

Druhá metoda pracovala jak ve vlnové délce tak v čase. Datová matice (**X**) byla rozložena svd algoritmem na tři matice (**U**,**S**,**V**), jejichž vzájemný součin dá opět matici původní. **S** je diagonální matice s hodnotami na diagonále, které jsou uspořádány sestupně podle velikosti. Jestliže sestrojíme graf zobrazující závislost přirozeného logaritmu těchto hodnot v závislosti na indexu *i* (pořadí na diagonále), tak obdržíme dvě přímky s odlišnými směrnicemi. Metoda předpokládá, že body ležící na rychle klesající přímce náleží signálu, body na pomalu klesající přímce obsahují pouze šum. Vezmeme-li tolik prvních sloupců matice **U**, kolik je bodů ležících na rychle klesající přímce, měli bychom být schopni reprezentovat signál obsažený v datové matici **X**. Sloupce matice **V** určují zastoupení příslušných sloupců matice **U** v jednotlivých časech. Pro získání dob vyhasínání byly průběhy prvních dvou sloupců také fitovány na dvě exponenciální funkce. Metoda umožňuje navíc oproti první metodě stanovit spektra obou forem uranu.

5 Výsledky, závěr



Obr. 3. - zpracování výsledků první metodou – *vlevo*- proložení poklesu fluorescenční intenzity prvního peaku + reziduum od naměřených hodnot (dole), *vpravo*- proložení poklesu fluorescenční intenzity druhého peaku + reziduum od naměřených hodnot (dole)



Obr. 4. – rozklad prvního spektra kinetické série pomocí druhé metody na jednotlivá spektra forem uranu

Doby vyhasínání jednotlivých složek zjištěné oběma metodami vyšly podobné (konkrétně: UO_2^{2+} M1.: 2,007 μs a M2.:1,8206 μs, UO_2SO_4 M1.:4,055 μs a M2.: 3,9086 μs) a fyzikálně smysluplné. První metoda je jednodušší pro implementaci, avšak na rozdíl od druhé metody neposkytuje spektra jednotlivých forem uranu.

Poděkování

Chtěl bych zde tímto poděkovat svému instruktorovi, Mgr. Aleši Vetešníkovi Ph.D. za vedení miniprojektu. Spolupráce s ním byla skvělá.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Vojtěchu Svobodovi a celému organizačnímu týmu za uspořádání této akce a FJFI ČVUT v Praze za možnost se této akce účastnit.

Reference:

[1] Lakowicz Joseph R. – Principles of Fluorescence Spectroscopy – 1983 – Plennum Press
[2] Christian Moulin, Ivan Laszak, Valérie Moulin, Christian Tondre – Time-Resolved Laser-Induced Fluorescence as a unique Tool for Low Level Uranium Speciation – 1997 – Society for Applied Spectroscopy

Mikroskopie v materiálovém výzkumu

Mikuláš Dítě
Gymnázium Christiana Dopplera, Praha 5, *mikulas.dite@gmail.com*

Tereza Konečná
Gymnázium Brno, tř. Kap. Jaroše 14, *Terezka.Konecna@seznam.cz*

1 Abstrakt

Práce seznamuje čtenáře se základními druhy mikroskopů a jejich jednoduchou charakteristikou. Dále popisuje a vysvětluje pozorování 2 vzorků oceli a niklové slitiny. Ty byly pozorovány v optickém a rastrovacím elektronovém mikroskopu. Srovnává klady a zápory jednotlivých metod mikroskopování.

2 Úvod

V naší práci jsme se zabývali zkoumáním kovových vzorků mikrostruktury. Využili jme při tom řádkovací elektronový mikroskop, energiově disperzní analýzu a světelný mikroskop.
Mikroskopy se využívají v materiálovém výzkumu, při studiu mikrostruktury materiálů, studiu konstrukcí a strojních zařízení a studiu nových materiálů.
Všechny naše experimenty a měření jsme prováděli na optickém mikroskopu typu Neophot 32 a rastrovacím elektronovém mikroskopu JEOL JSM 5510 LV s energiově disperzním analyzátorem IXRF 500.

3 Mikroskopy

Zvětšení je závislé na vlnové délce záření ve kterém daný předmět pozorujeme.

3.1 Optické mikroskopy

– princip odražených paprsků světla od povrchu vzorku, ten bývá většinou leštěný (lepší odraz světla)
– maximální zvětšení až 1 000 násobné, za použití speciální prostředí s lepším indexem lomu než vzduch až 2 000
- vzorky: neprůsvitné, musí dobře odrážet světlo (leštěné a mírně leptané)

3.2 Elektronové mikroskopy

a) **transmisní** (*TEM*)

– princip procházejících elektronů přes vzorek. Ten musí být hodně tenký (řádově stovky nanometrů [1])

– maximální zvětšení až 1 000 000 násobné

– vzorek: elektricky vodivý, snášenlivé vákuum (nesmí obsahovat velké množství vody)

b) **rastrovací** (*SEM*)

– princip sběru odražených elektronů z povrchu vzorku. Ten může být libovolně tlustý

– výsledný obraz je vytvořen sekundárním signálem

– velká hloubka ostrosti

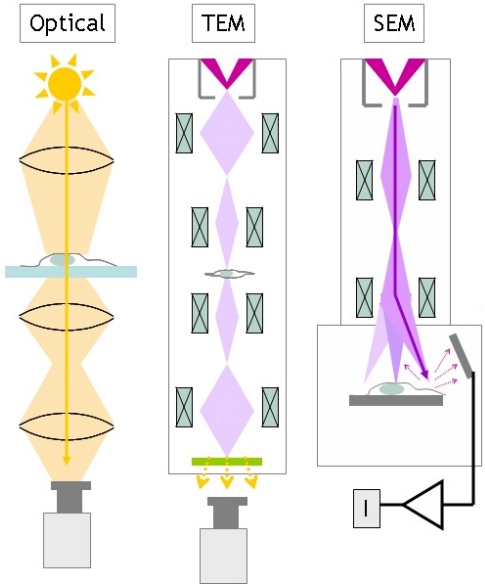
– maximální zvětšení 30 000 - 100 000 násobné

– vzorky: elektricky vodivé, snášenlivé vákuum (nesmí obsahovat velké množství vody)

c) **energiově disperzní analyzátor** (*EDS*)

–princip: detekce rentgenového záření, které je vybuzeno dopadajícími elektrony

–nositel informace o chem. složení – charakteristické, které má pro různé prvky různou energii rentgenového záření



Obr. 1: Schémata principů a rozložení částí mikroskopu v jednotlivých typech

4 Experiment

4.1 Přípravy vzorků

Nejdříve se materiál se hrubě opracuje brusnými kotouči. Poté se ručně opracuje brusným papírem a pomocí pasty s krystalky diamantu se vzorek vyleští na výsledný pozorovaný řez.

Další zjemnění povrchu se dá získat omýváním vzorku v elektrolytu.
Pokud je zkoumaný vzorek náchylný na prostředí, malé velikosti, křehký, nebo jinak nevhodný pro přechovávání, je vhodné zalít preparát do polymeru, pryskyřice nebo jiného tuhého základu (samotná testovaná plocha ale musí zůstat přístupná). [1]

4.2 Zkoumané vzorky

Pozorovali jsme slitinu deformovanou dlouho trvajícím pnutím.

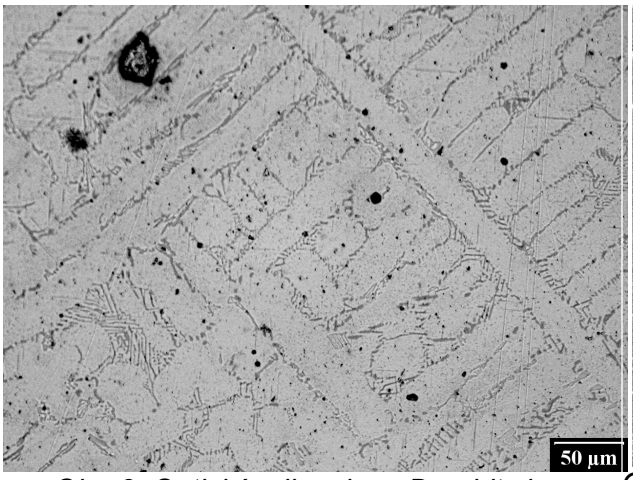
– na optickém mikroskopu jsme našli místo s výraznými dendrity

– elektronový rastrovací mikroskop (se kterým se pracuje výrazně pomaleji) jsme použili později - nabízí větší zvětšení než optický (1 000x vs 3 000x)

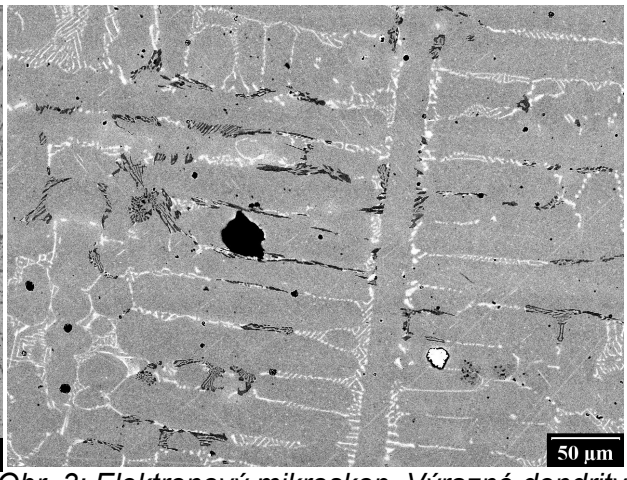
– na stejné aparatuře jsme provedli energetickou analýzu rentgenových paprsků, z které jsme díky charakteristickým energiím různých prvků dokázali přesně určit složení

V preparátu jsme hledali dendrity, cizí příměsi i díry ve vzorku. Energetická analýza nám umožnila sběr dat na konkrétní lokaci, díky čemuž jsme rozpoznali, jaké prvky tvoří v materiálu nepravidelnosti.

Dendrity nebo dendritické růsty jsou útvary podobné sněhovým vločkám, které se mohou vytvářet na povrchu kovů a slitin, místo monokrystalických vláken. Tento mechanismus růstu je dobře pochopen a vyžaduje chemickou reakci schopnou rozpuštění kovu do roztoku kovových iontů, které jsou následně redistribuovány elektromigrací za přítomnosti elektromagnetického pole. [3]

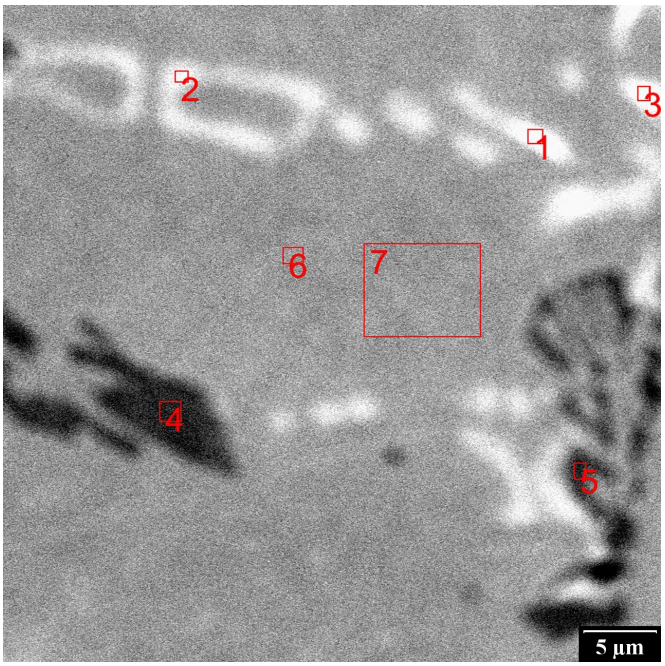


Obr. 2: Optický mikroskop. Dendrity jsou pozorovatelné, ale nerozlišíme jednotlivé materiály. [300x]



Obr. 3: Elektronový mikroskop. Výrazné dendrity, tvořené niklem (bílé křivky) a chromem (černé). [300x]

4.3 Analýza složení

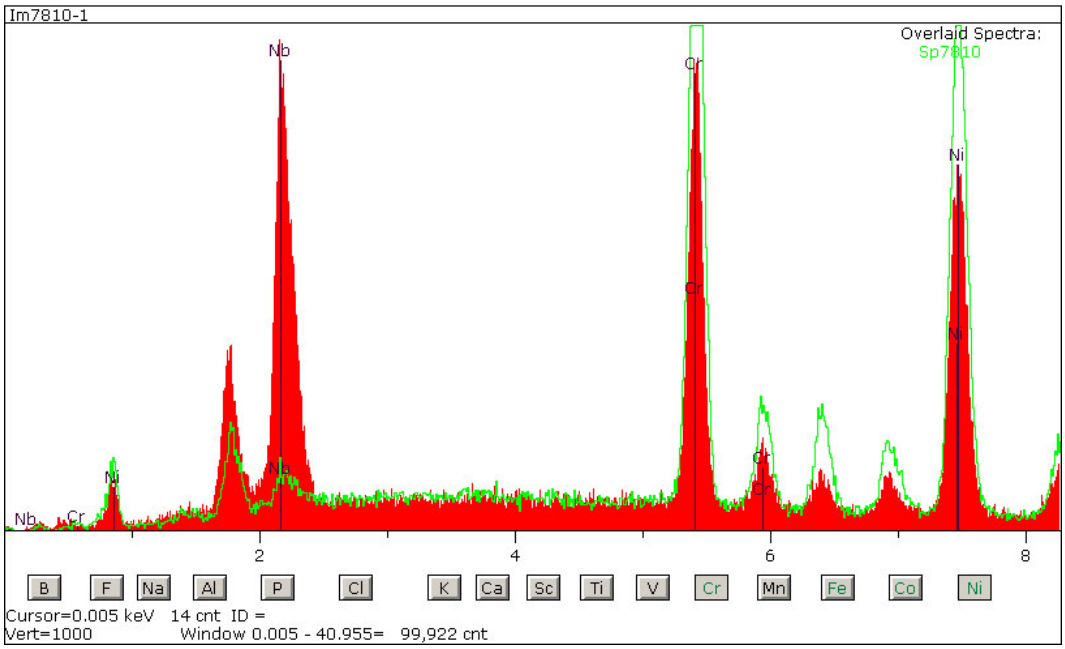


Obr. 2: Označené výseče pro energetickou analýzu. [3 000x]

Oblasti, které jsou zobrazené plnou černou barvou, nám energetická analýza určila jako místa s výraznou převahou chromu. Bílá místa jsou lehké prvky, s největší pravděpodobností prachové částice.

prvek výseč	C	Si	Cr	Fe	Co	Ni	Nb	W
1	8.830	2.087	19.108	2.171	2.456	**30.271**	27.665	7.412
2	10.335	4.266	11.721	1.797	3.165	**45.738**	19.416	3.564
3	9.746	2.179	15.464	2.080	2.367	**30.470**	31.422	6.272
4	7.419	0.000	**74.992**	1.240	1.077	3.914	0.415	10.943
5	6.681	0.296	**58.319**	2.881	2.342	18.037	1.171	10.274
6	5.340	0.457	25.181	6.436	5.242	49.266	1.872	6.206
7	4.369	0.174	26.086	6.386	5.388	49.554	1.091	6.953

Tab. 1: Uvedené hodnoty jsou uvedeny v procentech vůči celkové hmotnosti měřené oblasti.



Obr. 4: Energetická analýza: zelená křivka je průměrná hodnota z celého zorného pole, červená oblast je výseč č. 2 z Obr. 2.

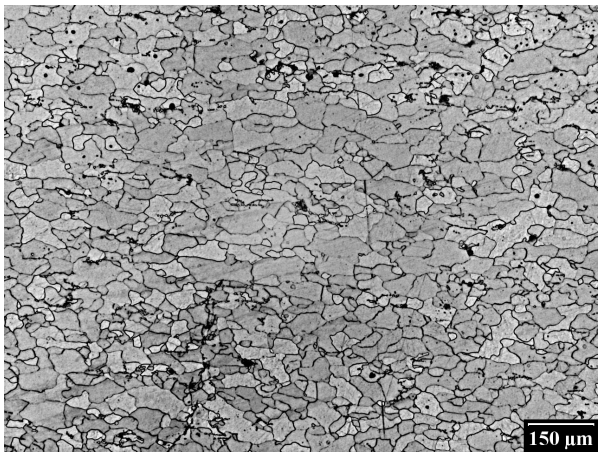
Na vodorovné ose je energie záření a na svislé ose je četnost záznam jednotlivých kvant.

V bílých oblastech (1, 2, 3) převažují lehké prvky, často prachové částečky. Podle našeho měření jsou to místa obsazená hlavně niklem.

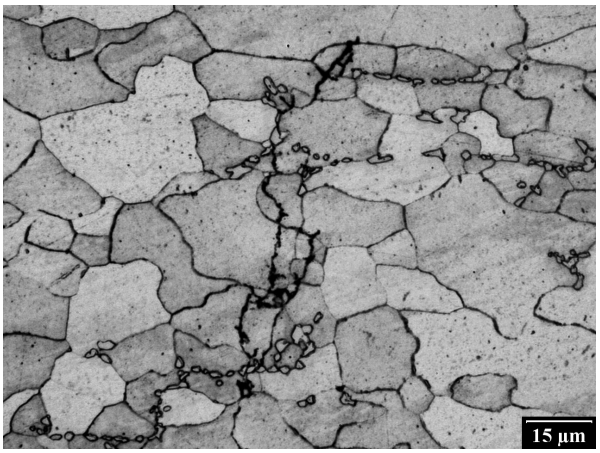
Černá místa (4, 5) jsou především chrom a wolfram.

Na oblastech 6 a 7 jsme pozorovali kontaminaci vzorku, která se projeví koncentrací uhlíku (potažmo jeho karbidů). Malá oblast 6 byla kontaminována více, proto ukazuje přibližně o jedno váhové procento větší obsah uhlíku než větší část 7.

4.4 Trhliny v materiálu



Obr. 5: Je patrné, že trhlina putuje po křehkých místech - hranice jednotlivých dendritů. [1 000x]



Obr. 5: Viditelná trhlina v dolní části vzorku z nízhouhlíkové oceli. [250x]

5 Závěr

V projektu jsme se obeznámili s principem přípravy vzorku pro dané účely a s prací na optickém a rastrovacím mikroskopu. Na předpřipraveném vzorku (slitině chromu, železa a niklu) jsme udělali energetickou analýzu a určili jsme složení konkrétních nepravidelností materiálu.

6 Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovy Ing. Janu Adámekovy za vedení naší práce a spoustu informací, co nám poskytl. Velké díky patří i Prof. Dr. RNDr. Miroslavovy Karlíkovi za spoustu zajímavých informací.

7 Zdroje

[1] *Transmission electron microscope - Sample preparation*. [online]. citováno 21. 6. 2011. Dostupné z <http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_electron_microscope#Sample_preparation>
[2] ŠAFÁŘOVÁ, Klára. *Skenovací (rastrovací) elektronová mikroskopie*. [online]. citováno 21. 6. 2011. Dostupné z <http://nanosystemy.upol.cz/upload/18/safarova_sem.pdf>
[3] Nordson Corporation. *Slovník pojmů v oblasti technologie pájení* [online]. citováno 21. 6. 2011. Dostupné z <http://www.efd-inc.com/Intl/CZ/Pajky/slovnik-pojmu-oblasti-technologie-pajeni/Slovnik-pojmu.httm>

Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund

H. Picmausová, J. Povolný, T. Pokorný
Gymnázium, Česká Lípa, Žitavská 2969; Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14;
Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14
helenapicmausova@seznam.cz, jan.povolny@gmail.com, xtompok@gmail.com

Abstrakt

Náplní projektu bylo proměření charakteristik laseru s ultrakrátkými pulzy, který má v současné době širokou škálu využití. Dále jsme se seznamovali se základními principy pevnolátkových laserů. Změřili jsme vlnovou délku, frekvenci, závislost výkonu na procházejícím proudu a časový průběh generovaného pulsu.

1 Teorie

1.1 Lasery

Laser byl v šedesátých letech, době svého vzniku, označen za „Řešení čekající na problém.“ Od té doby se stal prakticky nepostradatelným a nachází uplatnění v tisících odlišných aplikací. Mezi ně patří chirurgie, zubní medicína, či oční operace; v průmyslu pak řezání, bezkontaktní měření, zápis a čtení optických disků, tisk laserovými tiskárnami, výroba ukazovátek a značkování; ve vědě laserová interferometrie, spektroskopie nebo fluorescenční mikroskopie.

Jedná se o zařízení emitující, pomocí stimulované emise fotonů, koherentní světelný svazek. Koherence světla spočívá ve shodné vlnové délce a fázi paprsků vycházejících z bodového zdroje. Při stimulované emisi ozařujeme aktivní prostředí, čímž způsobíme přechod elektronů v aktivním prostředí do vyšších energetických hladin. Dříve se k ozařování používaly výbojky, dnes se aktivní prostředí ozařuje výkonnými diodami. Při následném přechodu elektronů do nižších energetických hladin dochází k emisím fotonů, s vlnovou délkou větší než jakou mělo budící záření (vyplývá ze zákona zachování energie). Vzniklý foton při průletu aktivním prostředím strhává další fotony a vzniká koherentí záření. Světelný svazek je dále zesílen soustavou dvou zrcadel, z nichž je jedno polopropustné. Díky zrcadlům zde dochází k lavinovému efektu a vzniku pronikavého svazku.

1.2 Generování pikosekundových pulsů

Lasery s ultrakrátkými pulsy, laditelné do blízké infračervené oblasti spektra, jsou stále častěji využívány v celé řadě vědeckých a technologických aplikací a systémech. Ke generaci ultrakrátkých pulsů slouží saturovatelný absorbér, který je použit místo polopropustného zrcadla. Propustnost absorbéru je závislá na intenzitě dopadajícího záření – pro

nízké intenzity se většina záření odrazí, pro vysoké intenzity většina záření projde. Tímto způsobem je zajištěno, že v aparatuře obíhá jeden ultrakrátký světelný puls, jehož část vždy po dopadu na absorbér projde ven.

V našem měření byt použit izotropní krystal Yttrium Aluminium Granátu ($Y_3Al_5O_{12}$) dopovaný ionty neodymu (Nd_{3+}) - Nd:YAG.

1.3 Osciloskop

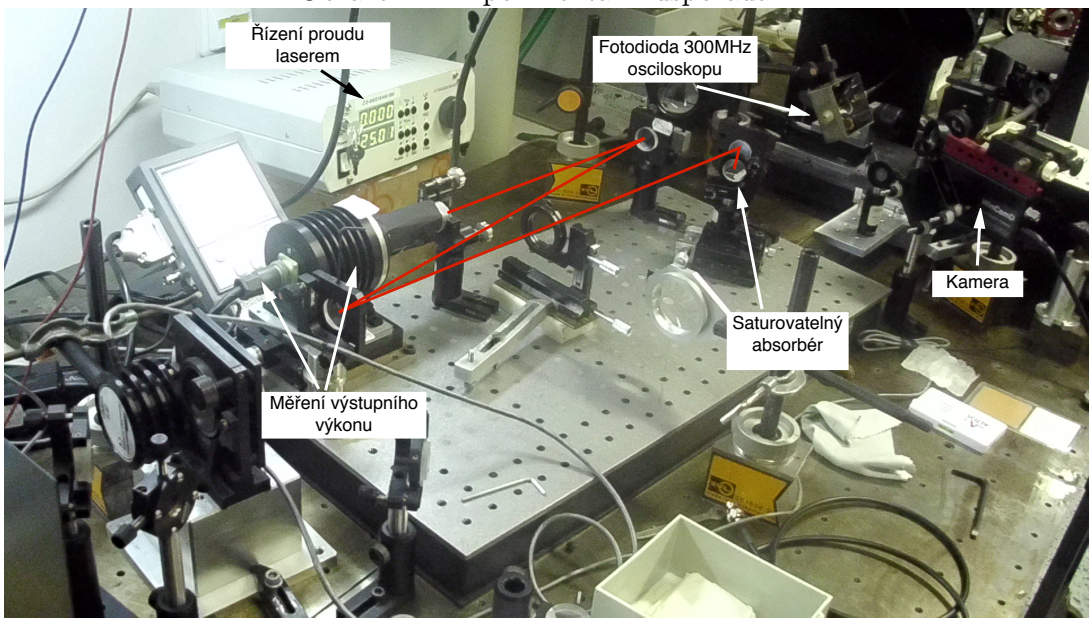
Osciloskop je elektronický testovací přístroj, umožňující pozorování neustále se měnícího napětí vstupního signálu, obvykle jako dvojrozměrný graf tvořený z jednoho či více potenciálových rozdílů. Přestože je na svislé ose zobrazeno napětí, lze měřit i jakékoliv jiné hodnoty, které lze na napětí převést. Běžně se používají k pozorování přesného tvaru vlny daného signálu. Osciloskop zobrazuje kromě amplitudy signálu i zkreslení, čas mezi dvěma událostmi (jako je šířka pulzu, perioda nebo doba růstu) a relativní načasování dvou souvisejících signálů.

2 Experiment

2.1 Experimentální uspořádání

Zkoumaný laser byl složená ze zdroje s regulovatelným proudem, laserové diody pro buzení aktivního prostředí - Nd:YAG. Paprsek z tohoto prostředí je infračervený, takže není za normálních podmínek vidět. Dále zde byla soustava 3 zrcadel, přístroj pro měření výkonu (pracuje na principu absorpce záření, a následného změření vzrůstu teploty), saturovatelný absorbér, 2 fotodiody, kamera a 2 osciloskopy - jeden 300 MHz a druhý 9 GHz. Vzhledem k malé frekvenci zaznamenávání osciloskopů není měření příliš přesné.

Obrázek 1: Experimentální uspořádání



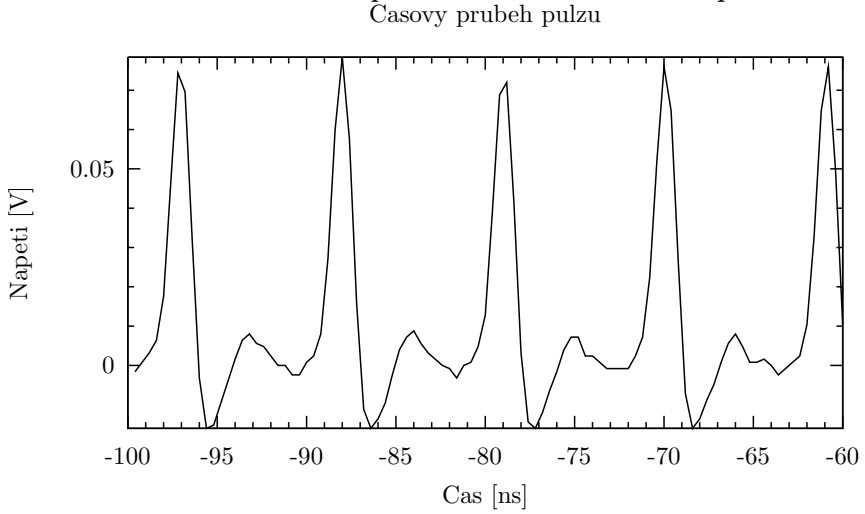
2.2 Měření dráhy paprsku

Na osciloskopu jsme změřili frekvenci pulsů $f = 110,5$ MHz Celková dráha paprsku byla nejdříve stanovena pomocí vzorce: $L = \frac{c}{2f}$, poté i manuálně změřena. Následně byla oba způsoby srovnány: měření i výpočet vyšly velmi podobně, dráha byla spočtena na 1,36 m a změřena na 1,35 m.

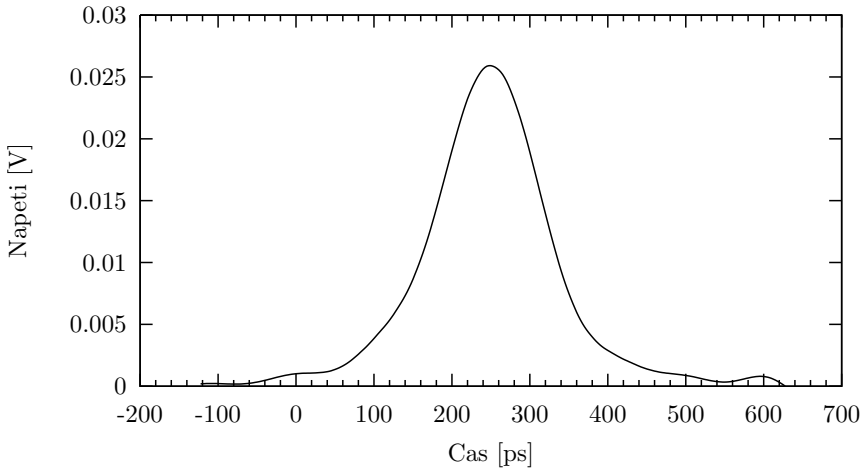
2.3 Měření délky pulsu

Na osciloskopech byl výstup z fotodiody, která byla vložená za saturovatelným absorbérem, takže jsme viděli časové průběhy pulsů a z osciloskopu jsme odečetli jejich délku. Na pomalejším jsme naměřili délku 1230 ps, zatímco na rychlejším 140 ± 16 ps.

Obrázek 2: Průběh pulsu na 300MHz osciloskopu



Obrázek 3: Průběh pulsu na 9GHz osciloskopu

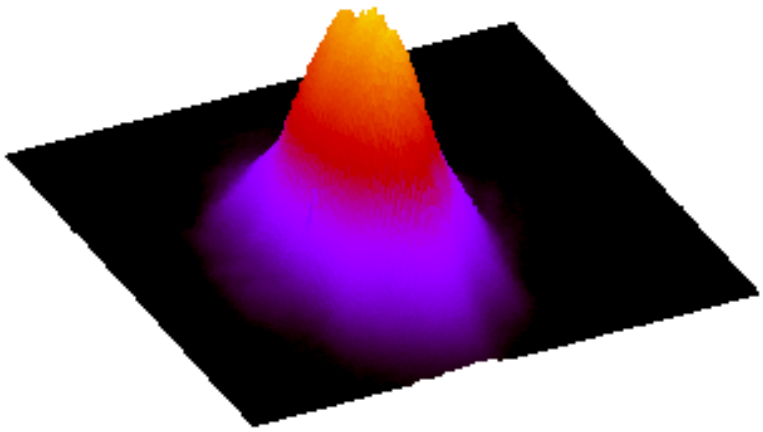


2.4 Měření profilu svazku

Svazek jsme pozorovali kamerou, jejíž výstup nám vykreslil rozložení v prostoru. Rozložení ideálního svazku se dá popsat Gaussovou křivkou, ale ve skutečnosti je svazek mírně rozostřený a vznikají další mody.

Obrázek 4: Rozostřený svazek

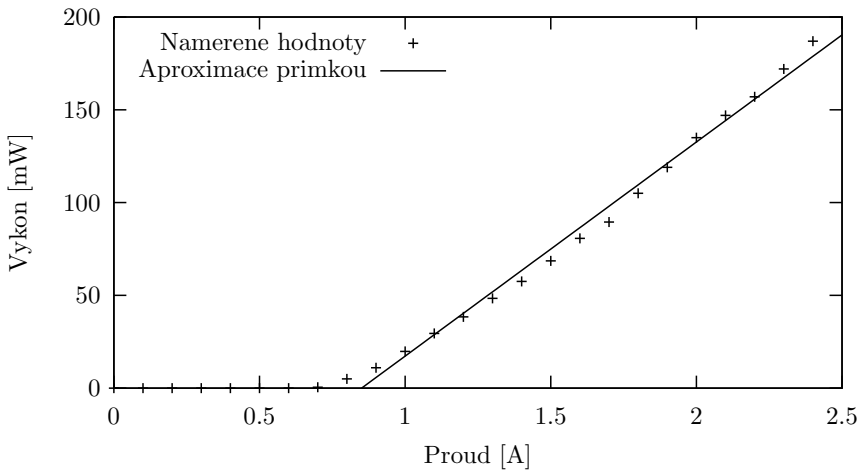
Obrázek 5: Seřízený svazek



2.5 Měření výkonu

Změřili jsme také výkon svazku v závislosti na proudu procházejícího budící diodou. Laser nám začal fungovat až při proudu 0,8 A. Při maximálním proudu (2,4 A) měl svazek výkon 187 mW. Závislost proudu jsme aproximovali nejdříve exponencielou, a po té linearní funkcí, z grafu je zřejmé, že závislost výkonu na proudu je linearní.

Obrázek 6: Závislost výstupního výkonu na proudu



3 Závěr

Vlnová délka	1062 ± 2 nm
Maximální výstupní výkon	187 mW
Frekvence opakování pulsu	110,5 MHz
Délka laserového rezonátoru	1,36 m
Délka pulsu	140 ± 16 ps

4 Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat Ing. Michalu Jelínkovi a jeho spolupracovníkům za zajímavý projekt a trpělivé zodpovídání našich dotazů. Obrovský dík také patří celé FJFI a zvláště pak organizačnímu výboru týdne vědy.

Reference

[1] Blum, *Roller Physics*. Holden-Day, San Francisco, Volume 2, 1982.

[2] Vrbová M., Jelínková H., Gavrilov P., *Úvod do laserové techniky*. ČVUT, Praha, 1998.

Šifrování

J. Fejtek[1], M. Jelínek[2], J. Kapr[3], J. Štula[4]
[1]Gymnázium, Dukelská 1, Bruntál
[2]Gymnázium Sokolov
[3]Gymnázium Plasy
[4]Gymnázium a SOŠPg Jeronýmova, Liberec

[1]jan.fejtek@gmail.com
[2]jelinek.mi@gmail.com
[3]kapr.jiri@seznam.cz
[4]stula.jakub@seznam.cz

Abstrakt:

Většina z nás už určitě slyšela o šifrování. Může se zdát, že šifrování bylo aktuální v minulých letech a dnes už je součástí historie. Opak je pravdou. Šifry, kódy a hesla nás obklopují na každém kroku. Našim cílem bylo seznámit se s historií šifrování až po současnost. V naší práci se postupně zabýváme šiframi, jako jsou caesarova šifra, afinní šifra, jednoduchá substituční šifra, playfairova šifra, transpoziční šifra a další. Některé šifry jsou náchylné na útok hrubou silou, jiné jsou odolné vůči frekvenční analýze. S principem asymetrického šifrování se hranice této disciplíny posouvají dále k moderním technologiím a vývoj nových, odolnějších algoritmů je tak hnán kupředu. Díky znalostem základních šifer se nám podařilo vytvořit vlastní jednoduchý šifrovací a dešifrovací program v jazyce Pascal a C++. Programy šifrují pomocí caesarovy a afinní šifry.

1 Úvod

Někomu se může zdát, že se ho šifrování netýká. Stačí se ale rozhlédnout a zamyslet se. Internetová pošta, peněžní služby, vojenství. To je jen malý výčet oblastí, kde se šifry a šifrování užívají každý den. Čí zásluhou a proč šifry vůbec vznikly? Války, obchodní tajemství a tajné dopisy milenkám, to byly důvody pro utajení už před několika staletími. Historie lidstva je protkaná tajnými zprávami. My jsme se naučili, jak s těmito šiframi zacházet. Ať už se jedná o jednoduchou caesarovu šifru nebo o transpoziční šifry. Díky získaným znalostem jsme vytvořili zdařilé šifrovací a dešifrovací programy na základě caesarovy a afinní šifry.

2 Zasvěcení do kryptologie

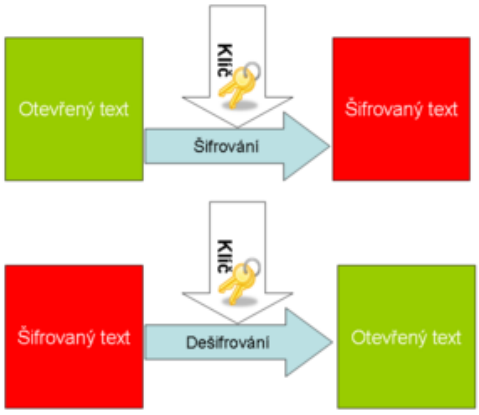
Kryptografie společně s kryptoanalýzou tvoří společnou vědu kryptologii. Kryptografie se zabývá šifrováním a dešifrováním, kdy známe klíč. Kdežto kryptoanalýza se snaží o prolomení šifry a získání otevřeného textu.

Pro začátek si vymezíme několik základních pojmů z šifrování:

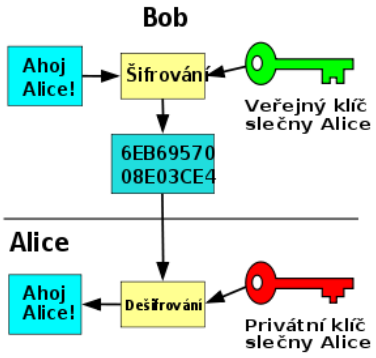
- Otevřený text (OT) – původní zpráva, kterou chceme zašifrovat
- Šifrovaný text (ŠT) – zpráva, která je zašifrovaná
- Šifrování – proces utajení zprávy
- Šifrový algoritmus (šifra) – soubor pravidel pro šifrování a dešifrování
- Šifrovací a dešifrovací klíč – slouží ke správnému užití šifry
- Prolomení šifry – zjištění šifrového algoritmu a klíče

Druhy šifer

- Symetrické – dešifrovací klíč se dá odvodit od šifrovacího, účastníci si musí důvěřovat
- Asymetrické – odesílatel šifruje zprávu podle veřejného klíče, příjemce zprávu podle osobního tajného klíče dešifruje, nemusí si důvěřovat
- Substituční – nahrazení písmen jinými písmeny nebo znaky
- Transpoziční – zaměňuje pořadí znaků podle daného systému



Obr. 1 – Užití klíče, symetrické šifrování



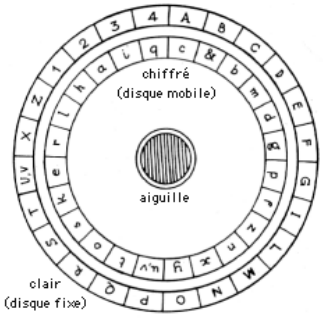
Obr. 2 – Asymetrické šifrování

Šifry napříč historií

Caesarova šifra

Je to symetrická šifra založená na substituční metodě. Každému písmenu z abecedy je podle klíče přiřazeno písmeno jiné. Klíč je celé číslo, které udává posunutí znaku v abecedě. Př. Klič = 3, pak A = D

Pomůckou k šifrování jsou dva otočné kruhy každý se stejným počtem znaků.



Obr. 3 – Pomůcka k šifrování

Afinní šifra

Pro afinní šifru platí vztah: $C_i = aT_i + b \pmod m$ pro šifrovací klíč

$T_i = (C_i - b)\, a^{-1}$ pro dešifrovací klíč

platí: $(a \cdot a^{-1}) = 1 \pmod{26}$

C_i – písmeno ŠT, T_i – písmeno OT, m – počet znaků použité abecedy, a – parametr tak, aby největší společný dělitel čísla m, a byl 1, b – libovolný parametr

Př. Písmenům abecedy přiřadíme číslice 0,1,2,3,…,25, OT – ahoj, b = 9, m = 26, a = 5, $a^{-1} = 21$. Ahoj = 0 7 14 9

$C_1 = 5 \cdot 0 + 9 = 9 \rightarrow$ J

$C_2 = 5 \cdot 7 + 9 = 44 \bmod 26 \rightarrow 1 \cdot 26 + 18 = 18 \rightarrow$ S

$C_3 = 5 \cdot 14 + 9 = 79 \bmod 26 \rightarrow 3 \cdot 26 + 1 = 1 \rightarrow$ B

$C_4 = 5 \cdot 9 + 9 = 54 \bmod 26 \rightarrow 2 \cdot 26 + 2 = 2 \rightarrow$ C

Jednoduchá substituční šifra (monoalfabetická)

K abecedě si zvolíme náhodné pořadí písmen, to nám dává 26! možností uspořádání abecedy. Pro lepší orientaci zvolíme klíčové slovo př. TYDEN VEDY NA JADERCE, žádné písmeno se nesmí opakovat → TYDENVAJRC + doplníme abecedou v normálním pořadí → TYDENVAJRCBFGHIK…Z.

Polybiův čtverec

Písmena se vypíší do tabulky 5x5 a šifra je jejich souřadnicovým zápisem. (I a J jsou v jednom políčku.

Playfairova šifra

Pracujeme se čtvercem 5x5. Písmena zapíšeme v náhodném pořadí. OT rozdělíme po dvojicích, když se nacházejí v 1 sloupci - posun o 1 dolů, když se nacházejí v 1 řádku - posun o 1 vpravo, když jsou v různých řádcích a sloupcích, doplníme na obdélník a zaměníme za rohová písmena.

Homofonní šifra

Pro písmena abecedy, která se v daném jazyce vyskytují nejčastěji (A,E,N,O,R,T), volíme dva znaky. Znaky jsou čísla.

Polyalfabetická šifra

Písmenu z OT může náležet 1, 2 i více znaků z ŠT, a naopak jednomu písmenu z ŠT můžeme najít 1, 2 i více znaků z OT.

Uvedli jsme si několik možností jednoduchého šifrování. Pro větší zabezpečení zprávy můžeme užít kombinaci různých šifer, to se nazývá superšifrování.

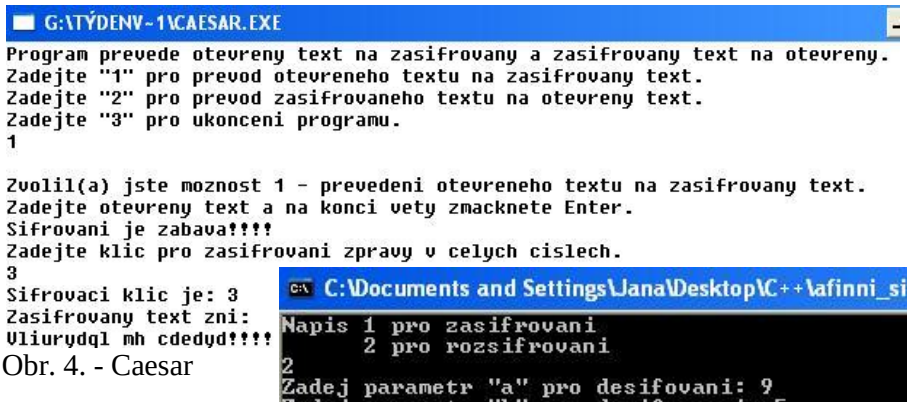
Jedna z metod prolomování šifer se nazývá frekvenční metoda. Využívá četnosti znaků v jazyce. Z výše uvedených šifer jsou proti této metodě odolné homofonní a polyalfabetická šifra.

Moderní kryptografie

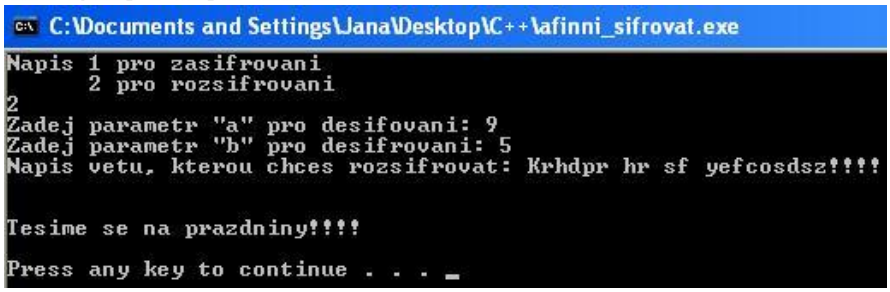
Používá se především v elektronice při přenosu a zabezpečení dat. Je postavena na binárním zápisu čísel a využívá asymetrického šifrování. Nejznámějším užitím asymetrického šifrování je RSA algoritmus, který využívá obrovská prvočísla.

Šifrovací programy

Cílem naší práce bylo vytvořit šifrovací a dešifrovací program v programovacím jazyce Pascal a C++. V jazyce Pascal jsme vytvořili program Caesar, který je založený na principu caesarovy šifry. V jazyce C++ jsme vytvořili program, který využívá principu afinní šifry.



Obr. 4. - Caesar



Obr. 5 – Afinní_šifrování

3 Shrnutí

V dnešní době plné elektrotechnických vymožeností jsou šifry a šifrování nepostradatelnou součástí systému. Napříč staletími byly klíčem k úspěchu a i dnes a v budoucnu se bez nich moderní člověk neobejde. Na vlastní kůži jsme poznali složitou práci šifrantů a luštitelů, kde i malá chyba hraje velkou roli. Výsledkem naší práce jsou správně fungující šifrovací a dešifrovací programy.

Poděkování

Velké poděkování patří Bc. Janě Hradilové za zasvěcení do problematiky kryptologie a za pomoc při Týdnu vědy 2011. Dále chceme poděkovat FJFI a celému realizačnímu týmu za velice povedenou akci, zvláště pak Ing. V. Svobodovi, Csc.

Reference:

[1] PŘIBIL, J. – KODL, J.: *Ochrana dat v informatice*, Vydavatelství ČVUT, 1997

[2] PIPER, F. – MURPHY, S.: *Kryptografie*, Dokořán, s. r. o., 2006

[3] JANEČEK, J.: *Rozluštěná tajemství*, Nakladatelství XYZ, 2008

http://friedo.szm.com/hist1.html, [cit. 15. 6. 2010]

http://cs.wikipedia.org/wiki/Symetrick%C3%A1_kryptografie, [cit. 15. 6. 2010]

http://cs.wikipedia.org/wiki/Asymetrick%C3%A1_kryptografie, [cit. 15. 6. 2010]

Kvantový Hallův jev

Tomáš Bárta, Zuzana Bobková, Lukáš Buchta
Jiří Jelínek, Martin Ševčík

Gymnázium Nad Štolou, SPŠ Třebíč, Gymnázium Velké Meziříčí,
Gymnázium Blansko, SPŠ Frýdek Místek

facebook.com/tombarta
facebook.com/profile.php?id=1819932833
facebook.com/profile.php?id=1209532514
facebook.com/jelinekjiri
facebook.com/profile.php?id=100000031861427

Abstrakt

V tomto pokusu jsme zkoumali kvantový Hallův jev a pokoušeli se změřit Hallovo napětí na vzorku polovodiče. Tento vzorek jsme si nařezali, vytvořili vodivé spoje a připojili k patici. Za pokojových teplot byla vodivost v pořádku, avšak po dosažení velmi nízkých teplot kontakty nevydržely.

1 Úvod

Dnes často využívaným fyzikálním principem je Hallův jev objevený na konci 19. století Edwinem Hallem. Jedná se o účinek magnetického pole na plochý polovodič zapojený ke zdroji. Využívá se mimo jiné pro určení standartu odporu a na 2D elektronovém plynu lze pozorovat kvantový Hallův jev.

2 Teorie

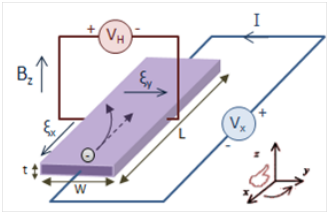
Hallův jev
Při umístění zapojeného plochého vodiče do magnetického pole působí na pohybující se elektrony Lorentzova síla. Je kolmá na směr pohybu náboje i na siločáry magnetického pole. Trajektorie elektronů je tedy superpozicí přímočarého a kruhového pohybu[1].

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Kde $\mathbf{F}$ je Lorentzova síla, $\mathbf{E}$ je vektor intenzity elektrického pole, $\mathbf{B}$ je vektor magnetické indukce, $\mathbf{v}$ je vektor rychlosti nabité částice a q je velikost náboje částice. Kolmo k $\mathbf{E}$ lze naměřit Hallovo napětí způsobené vychýlením elektronů.

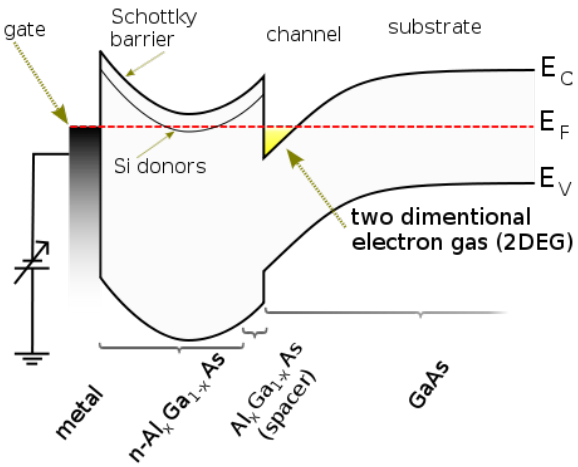
$$U_H = R_H \frac{IB_y}{d}$$

U_H je zmíněné Hallovo napětí, R_H je Hallova konstanta, I je protékající elektrický proud, B_y magnetická indukce kolmá na destičku tloušťky d. Hallova konstanta má rozměr $m^3A^{-1}s^{-1}$ a umožňuje stanovit typ vodivosti polovodiče.
Na základě uvedených vztahů jsme očekávali, že Hallovo napětí bude lineárně závislé na velikosti magnetické indukce, neboť lze očekávat, že bude přímo úměrné Lorenzově síle, která je lineárně závislá na magnetické indukci.



Obrázek 1: Hallův jev

Kvantový Hallův jev
Kvantový Hallův jev je možno pozorovat pouze na elektronovém 2D plynu, což je běžný elektronový plyn, ve kterém se elektrony mohou hýbat pouze v ploše. Ten vznikne zachycením elektronů v kvantové jámě[2]. Ta se může objevit na rozhraní mezi polovodiči vlivem vyrovnání energií jejich vodivostních pásů.



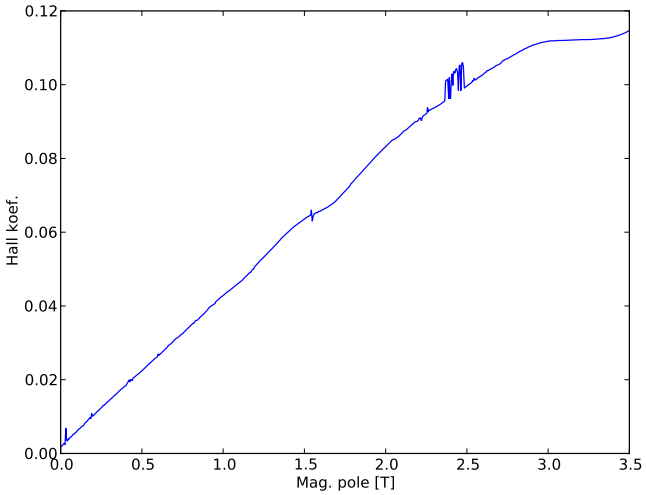
Obrázek 2: Kvantová jáma

Takovéto rozhraní mezi polovodiči se vytváří pomocí tzv. molekulární epitaxe, což je nanášení vrstev molekul jednotlivých polovodičů na sebe ve vakuu. Při tomto jevu nabývá Hallův odpor diskrétních hodnot.

$$R_H = \frac{h}{ne^2}$$

h je Planckova konstanta, n udává jednotlivé excitované stavy a e elementární náboj.

Při určitých diskrétních hodnotách magnetické indukce bude trajektorie elektronů cykloidní, elektrony se tedy nebudou kumulovat na jedné straně vodiče a Hallovo napětí

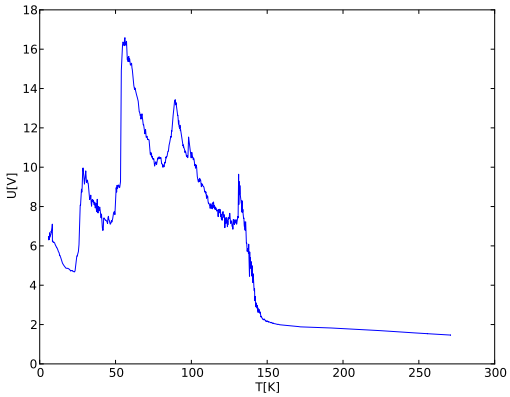


Obrázek 3: dříve naměřené hodnoty na Cukrovarnické (očekávaný průběh)

nebude růst. To se na závislosti Hallova napětí na indukci projeví tím, že budeme pro určité hodnoty pozorovat schůdky[3], naznačující, pro které hodnoty B_y jsou trajektorie cykloidní. Kvantový Hallův jev je při dnešních technických možnostech pozorovatelný pouze za velmi nízkých teplot a ve velmi silném magnetickém poli.

3 Experiment

Samotný experiment jsme prováděli na poskytnutém vzorku AlGaAs, GaAs a GaAs-n, kde n znamená dotovaný polovodič. Ze vzorku jsme odřízli kousek o rozměrech 4,5mm na 4,5mm. 2D elektronový plyn však nemůže díky rozdílným podmínkám existovat v okrajích vzorku. Abychom se k 2D elektronovému plynu dostali, vytvořili jsme kontakty nanesením india na vzorek a následným žíháním v dusíkové atmosféře. Indium takto prodifundovalo skrz materiál a silně lokálně dopovalo polovodič elektrony a vytvořilo tak vodivé cesty. Poté jsme takovéto kontakty napájeli k patici. Vzorek jsme následně spolu s elektromagnetem dali do kapalného helia a začali postupně ochlazovat až na 4K. Sledovali jsme jak se v závislosti na teplotě a magnetické indukci mění Hallovo napětí. Po pozorování hodnot jsme došli k závěru, že nám kontakty během ochlazování vymrzly. Nízká teplota způsobila přesun kritického množství elektronů z vodivostního pásu do valenčního a přestože za pokojové teploty kanálky dopované indiem vedly proud výborně, vymrznutí této jejich funkci zabránilo, což ilustruje následující grafické zpracování[4] výstupu z měřících přístrojů: U zde značí napětí mezi svorkami zdroje. Při teplotě kolem 150K ale odpor výrazně vzrostl, tedy aby se udržel stejný proud, vzrostlo s odporem i napětí na svorkách zdroje.



Obrázek 4: Průběh napětí na svorkách zdroje v závislosti na teplotě

Závěr

Za daných podmínek jsme nebyli schopni Hallovo napětí změřit, neboť kontakty na vzorku výrazně ztratily na vodivosti, zřejmě se nedostaly až na 2D elektronový plyn. Chtěli bychom poděkovat Fyzikálnímu ústavu v Cukrovarnické za přístup na moderní pracoviště a našemu garantovi ing. Štěpánu Svobodovi za morální podporu, předané vědomosti a umožnění podílet se na měření vzorku, které před námi ještě nebylo vykonáno. Dále děkujeme ČVUTu a FJFI ČVUT a Jimmymu z Wiki.

Holografie

Vojtěch Klimša, Matouš Vozák, Tomáš Zikmund
Gymnázium Studentská, Havířov; Gymnázium Františka Palackého Valašské Meziříčí; SPŠSE Dukelská 13, Č. Budějovice
klimvoj@centrum.cz; matous1993@centrum.cz; tommekster@gmail.cz

Abstrakt:
Tento projekt objasňuje základní principy holografie, jako jsou interference světla a jeho difrakce na mikrostruktuře. Protože se holografie zabývá především záznamem a rekonstrukcí trojrozměrného obrazu, byl v rámci práce vytvořen reflexní hologram raka na mušli.

1 Úvod a Principy

Holografie je obor zabývající se úplným záznamem a rekonstrukcí vlnoplochy. Tento název vznikl spojením dvou řeckých slov „Holos=úplný a Grafo=záznam.“ Jako nejznámější příklad Holografie můžeme uvést zaznamenání prostorového obrazu (hologramu). Běžná fotografie zaznamenává pouze intenzitu světla, proto je pouze dvourozměrná. U hologramu se však zaznamená nejen intenzita (amplituda), ale i fáze, díky níž můžeme objekty na hologramu vidět prostorově.

Teoretické základy holografii dal v roce 1948 Dennis Gabor. Prvotním cílem bylo zvýšení rozlišení v elektronové mikroskopii. V optice se holografie rozšířila až po sestrojení laseru v roce 1960. První obrazový hologram, vytvořili Emmett Leith a Juris Upatnieks v Michiganu (1964).

Abychom správně pochopili, jak hologram funguje, musíme připomenout pár základních pojmů. Důležitou roli hraje v zaznamenávání hologramu interference. Tu můžeme popsat jako vzájemné ovlivňování vln. Aby spolu vlny interferovaly, musí být koherentní, proto se jako zdroj používá laser, který nám zaručuje dostatečnou koherenci. V případě hologramu se zaznamenává i interferenční obrazec signální a referenční vlny. Další děj, který můžeme pozorovat u hologramu je difrakce. Tento fyzikální jev můžeme popsat jako ohyb světla na překážce (štěrbina, mřížka,…). K efektu difrakce dochází při rekonstrukci hologramu, kdy světlo procházející hologramem je pomocí difrakce transformováno do signální vlny.

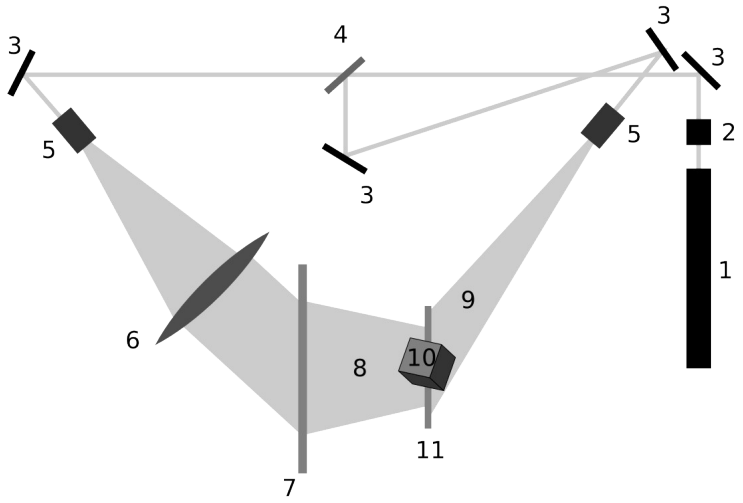
Podle geometrie záznamu a pozorování dělíme hologramy na transmisní a reflexní. Transmisní hologramy se zaznamenávají tak, že signální a referenční vlny dopadají na záznamové médium společně z jedné strany. Naopak reflexní jsou tvořeny tak, že signální vlna je vedena z jedné strany a referenční z druhé. Výhodou reflexního oproti transmisnímu je, že pod bílým světlem lze hologram krásně pozorovat. U transmisního pozorujeme směs spektrálních barev, která se na pohled matně přibližuje původnímu hologramu

Díky vysokým nárokům na stabilitu záznamového schématu a požadavkům na reálný model objektu (v měřítku) se dnes kromě klasické obrazové holografie hodně používá i holografie syntetická. U syntetických hologramů je výhoda ta, že objekt nemusí být skutečný a lze ho pomocí stereoskopie vygenerovat počítačem

V současné době jsou hologramy nejrozšířenější v oboru optické ochrany dokumentů. Můžeme je vidět na různých dopravních či platebních kartách. V optické výrobě se hologramy používají při zjišťování nerovností astronomických zrcadel. A samozřejmě se holografie používá také v optických komunikacích, umění a architektuře.

2 Realizace hologramu

Při realizaci klasických hologramů je nutné, aby zachycovaný objekt existoval. Hologramy vzniklé zaznamenáním skutečného objektu rekonstruují objekt v místě, ve kterém byl původně při záznamu. Pro rekonstrukci bílým světlem je žádoucí, aby se rekonstruovaný obraz nacházel co nejblíže k desce hologramu- obraz v rovině média je "ostřejší" něž obraz, který je vzdálený. Z tohoto důvodu je výhodnější zaznamenat obraz v rovině média, což se skutečným předmětem nelze, proto se využívá kopírování hologramu (Obr. 1). Další výhodou je, že množství kopií není omezeno a poutáno na scénu (původní objekt).



Obr. 1: 1-laser, 2-závěrka, 3-zrcadlo, 4-dělič, 5-prostorový filtr, 6-čočka, 7-master, 8-signální vlna, 9-referenční vlna, 10-objekt, 11-médium (záznamová deska).

Koherentní svazek z laseru rozdělíme na děliči na referenční a signální větev. Signální paprsek jde přes zrcadlo do prostorového filtru (který odstraní nežádoucí poruchy na vlnoploše způsobené například difrakcí na prachových částicích). Dále jde paprsek do čočky, která utvoří z paprsku rovinnou vlnu. Ta rekonstruuje master hologram, ze kterého se vygeneruje signální vlna. Referenční paprsek jde přes 2 zrcadla do prostoru filtru na čočku a osvítí médium zezadu. V místě překryvu referenční a signální vlny vzniká interferenční pole, které se zachytí do záznamového materiálu.

Intenzitní rozložení interferenčního pole je pohlceno záznamovým materiálem. V našem experimentu se jednalo o halogeno-stříbrnou emulzi. Absorpcí světla z laseru vznikne v emulzi latentní obraz. Další zpracování záznamového materiálu probíhá tak, že se ponoří do roztoku vývojky. Při chemické reakci probíhající ve vývojce se přemění exponovaný

halogenid na atomární stříbro a vznikne tzv. amplitudový záznam. Destička s emulzí se vypere ve vodě, aby se zbavila solí. Poté se destička vybělí v roztoku běličky. Během bělení dojde k přeměně amplitudového záznamu na fázový. Destička se opět ponoří do vody na odsolení a poté se dá sušit. V případě reflexního hologramu se výsledný hologram pozoruje v bílém světle.

Měření

Expoziční energie.....$E = 600\ mJ/cm^2$

Výkon.....$P = P_s + P_r \cdot \cos\alpha$

Výkon signálního paprsku.....$P_s = 8{,}8\ \mu W/cm^2$

Výkon referenčního paprsku.....$P_r = 32{,}6\ \mu W/cm^2$

Úhel dopadu ref. paprsku.....$\cos\alpha = 0{,}601$

$P = 28{,}6\ \mu W/cm^2$

Doba, kterou bude médium ozářeno paprsky= doba expozice

$t = E/P = 21\ sec$

3 Shrnutí

Za čas, který jsme strávili v optických laboratořích KFE jsme si stihli osvojit základní principy holografie. Výsledkem naší práce byly 3 reflexní hologramy, které jsme si sami zhotovili.

Poděkování

Závěrem bychom chtěli poděkovat katedře fyzikální elektrotechniky FJFI ČVUT, všem v optických laboratořích KFE, kteří nám poskytli nejen prostory ale i vzácné rady. A hlavně supervizorům Jakubovi Svobodovi a Milanu Květoňovi za jejich trpělivost a snahu nás něčemu naučit.

Reference:

http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=457

http://cs.wikipedia.org/wiki/Holografie

http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/PPOP_03.pdf

http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP_04.pdf

Rentgenofluorescenční analýza

Petr Koza
Gymnázium Plasy, Plasy
koza.p@seznam.cz

Eva Hrdličková
Gymnázium Šumperk, Šumperk
e.hrdlickova@seznam.cz

Adéla Hrdličková
Gymnázium Šumperk, Šumperk
hrdlickova.adela@seznam.cz

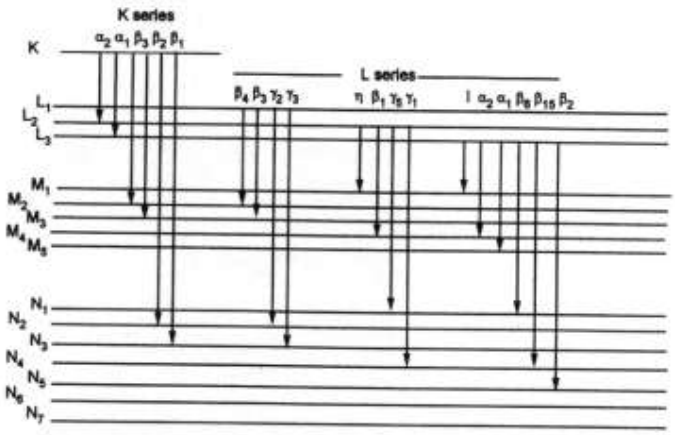
Abstrakt:

Článek je zaměřen na porovnání složení různých druhů mosazi a naší dvacetikoruny. Dále se také zabývá složením modrého barviva z keramického střepu, černého a červeného barviva z pergamenu pravděpodobně Desek zemských.

1 Úvod

Rentgenofluorescenční analýza využívá charakteristické záření vybuzené rentgenovým zářením. Tento princip je poměrně jednoduchý a rychlý a díky tomu se uplatňuje například při zkoumání památek, historických předmětů a jejich fragmentů. Zde je klíčová i nedestruktivnost metody. Je využívána dále například v geologii, archeometrii, biologii, těžbě a průmyslu.

Rentgenofluorescenční analýza (RFA) je využívána k určení prvkového složení zkoumaných vzorků. V současné době lze detekovat touto metodou pouze prvky s protonovým číslem $Z > 10$; v praxi však $Z > 20$. RFA pracuje na principu fotoefektu, vakance a následného specifického záření každého prvku. Záření je způsobeno přechody elektronů do slupek K a L. Viz obr.1



Obr. 1 – přechody elektronů mezi slupkami el. obalu

2 Teorie

Záření vybuzené rentgenovým zářením zachycuje křemíkový polovodičový detektor typu PN chlazený dusíkem zapojený v závěrném směru. Vybuzený elektron předá svou energii diodě, vznikne impulz, ten je zaznamenán. Do grafu je zaznamenávána jak energie, tak i počet odpovídajících impulzů.

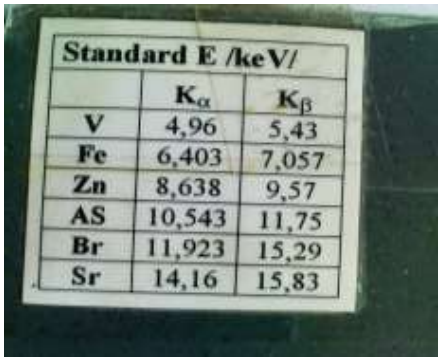
Zdrojem rentgenového paprsku mohou být radionuklidy (^{238}Pu, ^{55}Fe, ...). Jejich výhodou je relativně nízká cena, lehká manipulace. Naopak nevýhodou je omezený rozah energií. Jako další zdroj záření může být použita rentgenka nebo synchrotron, jehož negativem je vysoká cena.

Problémem RFA metody je zpětně rozptýlené záření ze zdroje, které zkresluje výsledky. Analýzou zjistíme jen prvkové, nikoli však molekulární a izotopové složení vzorku.

Velkou výhodou je nedestruktivnost, nízká cena, jednoduchá obsluha a univerzálnost. Z těchto důvodů se RFA používá především pro zkoumání historických předmětů.

3 Měření

Naše vzorky jsme vystavili zaření radionuklidu ^{238}Pu. Vzniklé impulzy byly měřeny 300s. Energetická kalibrace byla provedena na destičce o známém složení.



Standard E /keV/		
	K_α	K_β
V	4,96	5,43
Fe	6,403	7,057
Zn	8,638	9,57
AS	10,543	11,75
Br	11,923	15,29
Sr	14,16	15,83

Obr.2. – Kalibrační destička

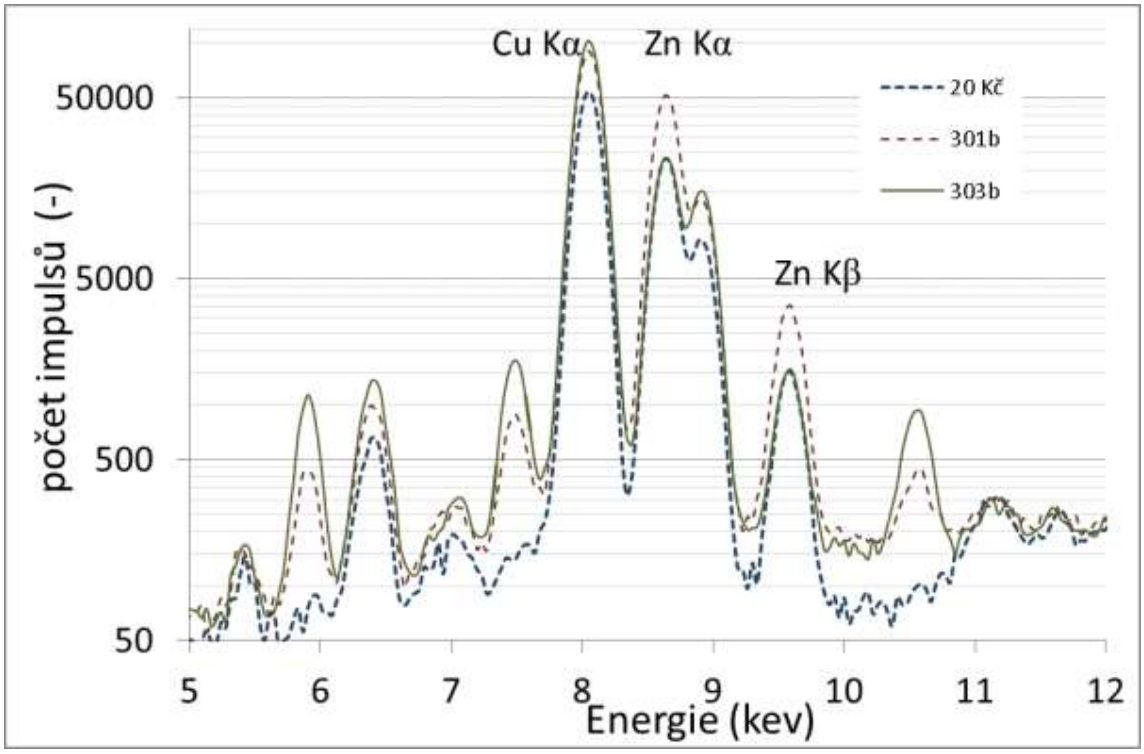
Obr.3. – Měřící aparatura

3.1 Mosazné standarty a dvacetikoruna

Pomocí RFA analýzy jsme naměřily hodnoty obsahu pro zinek a měď čtyř mosazných standart a dvacetikorunu. Plochy píků jsme zjistily pomocí programu Axel. viz tabulka:

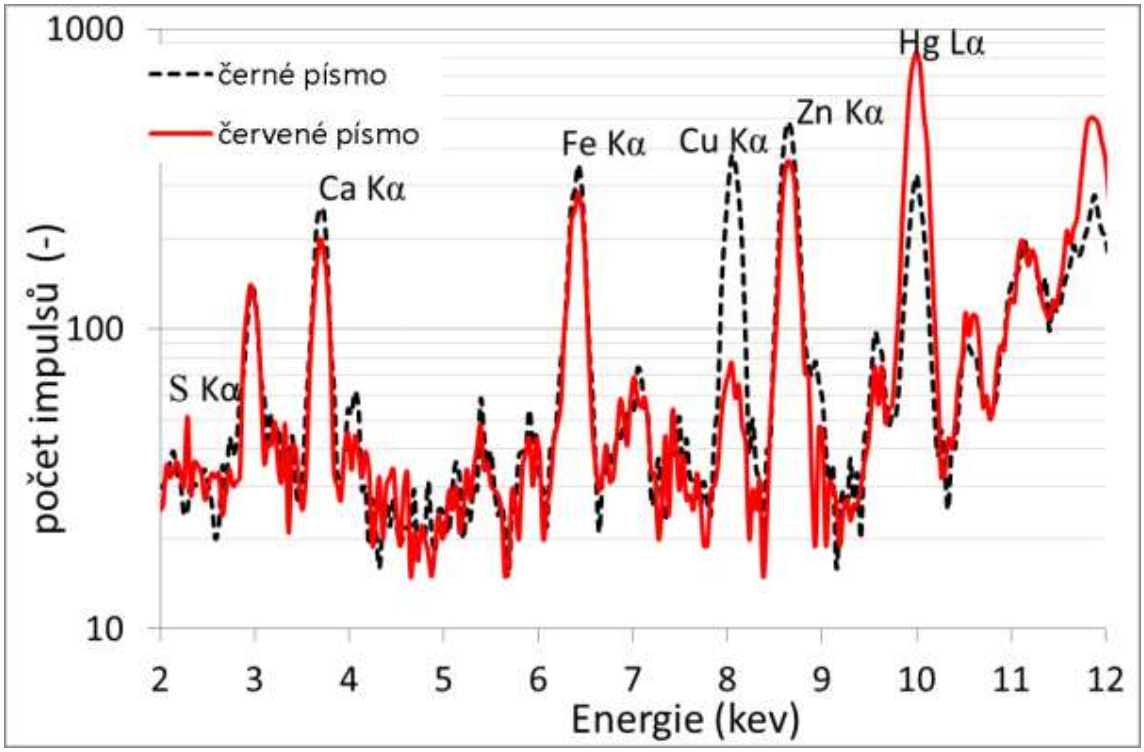
vzorek	plocha Cu	plocha Zn	poměr ploch Cu/Zn	poměr obsahů Cu/Zn	obsah Cu	obsah Zn
300b	438903	376735	1.17	1.46	58.70	40.20
301b	488234	286382	1.70	2.15	66.85	31.15
302b	517411	198281	2.61	3.38	72.75	21.50
303b	553766	128532	4.31	5.43	78.80	14.50
20 Kč	293149	128121	2.29	2.95	**74.68**	**25.32**

Pokusily jsem se ověřit poměr obsahu Cu a Zn: náš výsledek – 74,68 : 25,32, a Česká národní banka uvádí poměr 75 : 25 s tolerancí ±1%.[4]



Graf 1. – Spektrum naměřené z dvacetikoruny křemíkovým dekektorem.

3.2 Inkoust z pergamenu

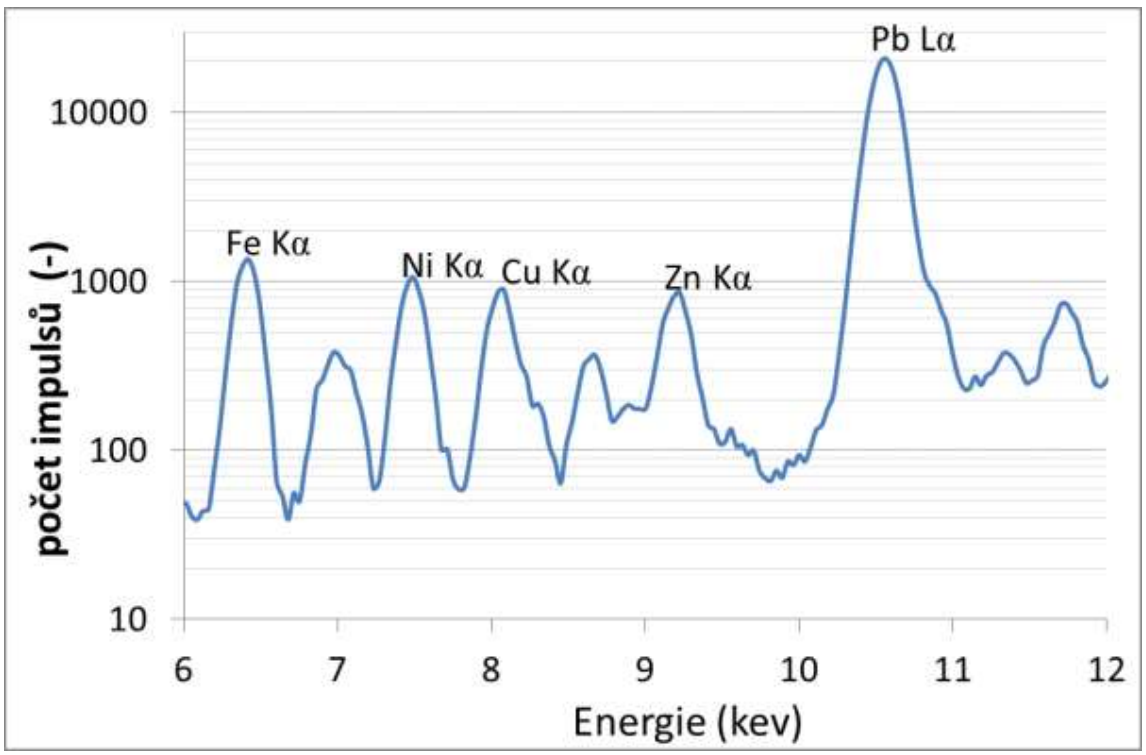


Graf 2. – Rozdíly složení červeného a černého inkoustu na pergamenu.

Jako červené barvivo byla s největší pravděpodobností použita rumělka HgS (sulfid rtuňatý). Černé barvivo obsahuje především měď. A vápník se ve spektru objevil, protože byl nejspíše součástí látky použité k jeho vybělení.

Obr.2- rukopis: Desky zemské (písmeno S je červené)

3.3 Keramický střep z 18. stol



Graf 3. – Spektrum keramického střepu s modrou glazurou

Obr. 3 – Střep

Na tento střep byla pravděpodobně použita barviva: modré – azurit (možno vydedukovat z obsahu mědi) $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, bílá barva obsahuje zinkovou bělobu. Glazura obsahovala olovo, což je typické pro danou dobu..

4 Závěr

Při naší práci jsme si vyzkoušeli měření i analýzu získaných dat. Samotné praktické využití RFA není náročné, ale o to složitější je analýza získaných dat.

Složení dvacetikoruny jsme měřili, aby jsem zjistili přesnost RFA. Měli jsem možnost porovnat získané hodnoty s hodnotami, které uvádí ČNB.

Zjištěním složení pigmentů inkoustu na rukopisu, jsme mohli zjistit, že jde pravděpodobně o originál z Desek zemských. Jsou zhruba známé doby, kdy se jaké pigmenty používaly.

Složení barev na střepu také zhruba vypovídá o jeho stáří.

Poděkování

Děkujeme především svým supervizorům Ing. P. Průšovi, Ing.T. Vrbovi a Ing. T. Trojkovi za pomoc při zpracování dat, pomoc při měření a zapůjčení techniky.A také Ing. V. Svobodovi CSc. za realizaci celého Týdne vědy.

Reference:

[1] PRŮŠA, P.: *Rentgenofluorescenční analýza.ppt*

[2] PRŮŠA, P.: *Rentgenofluorescenční analýza* Diplomová práce, FJFI ČVUT Praha, 2001

[3] WIKIPEDIA.CZ, 21.6.2011; Heslo: rumělka

[4] http://www.cnb.cz/cs/platidla/mince/mince_20czk.html, 21.6.2011

Jak poznat dávku z barvy gelu?

Barbora Dršková, Gymnázium, Česká Lípa
barbora.drskova@seznam.cz
Jiří Bárdoš, Gymnázium Teplice
jiri.bardos@post.gymtce.cz
Michal Račko, Gymnázium Jozefa Lettricha,Martin
vttcmikos@gmail.com

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámení se s gelovou dozimetrií. Připravili jsme Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží a zkoumali jsme účinky různých dávek ionizujícího záření, které se opticky projevily změnou barvy. Následně jsme měřili absorbanci vzorků.

1 Úvod

Gelovými dozimetry se zjišťuje míra ozáření. Jedná se o integrální chemický dozimetr, který zaznamenává celkovou absorbovanou dávku. Gelové dozimetry dělíme na polymerní a radiochromní. Frickeho dozimetr, se kterým jsme pracovali, patří do skupiny radiochromních. Funguje na principu oxidace železnatých kationtů na železité vlivem ionizujícího záření, což způsobuje v kombinaci s xylenolovou oranží změnu barvy.

Gelová dozimetrie se může uplatňovat hlavně v medicíně při radioterapii pro zjišťování přesnosti dodané dávky, a to díky podobnosti s lidskou tkání a možnosti trojrozměrného měření.

2 Vlastní experiment

- **Příprava dozimetru**

  Složení: 0,1 mM xylenolové oranže
  0,5 mM Mohrovy soli
  25 mM kyseliny sírové
  5% roztok želatiny

  Z těchto látek jsme připravili roztok, který jsme rozlili do kyvet a nechali ztuhnout.

- **Ozařování**

  Vzorky jsme ozařovali v Gammacellu 220 (^{60}Co) v rozpětí 0 - 18,5 Gy. V závislosti na dávce se měnila barva gelu.

- **Měření absorbance**
  Absorbance (také optická hustota) je veličina popisující zeslabení intenzity světla při průchodu materiálem.

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

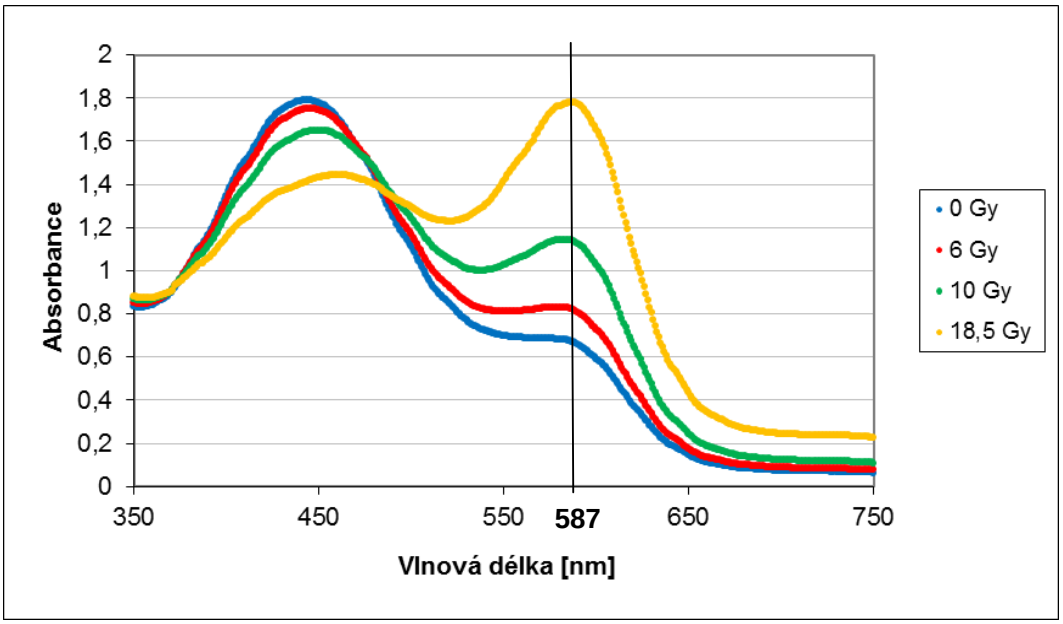
  kde I je intenzita světla určité vlnové délky λ, které prošlo vzorkem a I_0 je počáteční intenzita tohoto světla dopadajícího na vzorek.

  Absorbance se mění v závislosti na dávce.

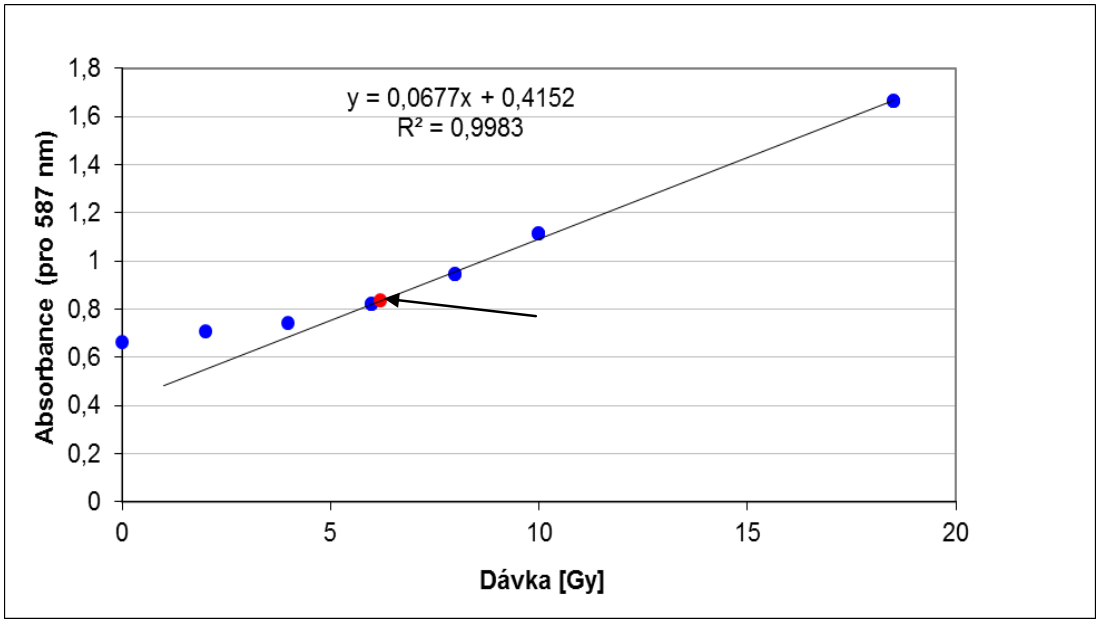
  K měření absorbance vzorků jsme použili spektrometr Helios Beta.

3 Výsledky

Výsledky měření absorbance:



Graf 1.: Závislost absorbance na vlnové délce (v oblasti viditelného světla) pro čtyři různé hodnoty dávek.



Graf 2.: Závislost absorbance na dávce při vlnové délce 587 nm.

Naměřené hodnoty v grafu 2 jsou proloženy regresní přímkou, ze které vidíme, že hodnoty lze spolehlivě měřit až od dávky přibližně 6 Gy. Na základě regresní analýzy jsme u neznámého vzorku vypočítali hodnotu dávky podle známé absorbance (v grafu označen šipkou).

Poděkování

Děkujeme naší supervizorce Ing. Kateřině Vávrů za vynikající vedení a pomoc při experimentu. Dále děkujeme organizátorům TV@J.

Reference:

ŠOLC, J.: *Výzkumný úkol,* KDAIZ FJFI ČVUT, 2003

Termoluminiscenční dozimetrie

Eva Málková, Gymnázium Myjava, emmalkova@gmail.com
Petra Vaníčková, SPŠSE a VOŠ Liberec, vanickova.p@gmail.com
Ondřej Vrba, ZŠ s RVJ K Milíčovu Praha, vrba.ondrej@gmail.com

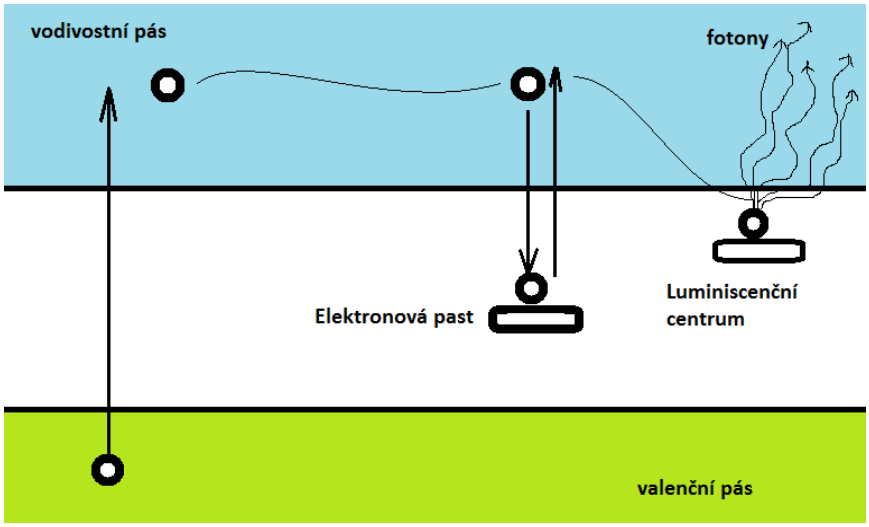
Abstrakt:
Tato práce se zabývá stanovováním radiačních dávek pomocí termoluminiscenční dozimetrie. Byla zkonstruována kalibrační křivka pro dozimetry typu TLD 1000, které byly ozářeny pomocí přístroje GammaCell 220 a vyhodnoceny TLD Readerem Harshaw 3500. S využitím závislosti TL odezvy na dávce byla určena hodnota neznámé dávky ozářené sady dozimetrů.

1. Úvod

Cílem tohoto projektu bylo seznámit se s principem termoluminiscenční dozimetrie, která se využívá jak v osobní dozimetrii a medicíně (v radiodiagnostice i radioterapii), tak v dozimetrii životního prostředí a například i v geologii. Naším hlavním úkolem bylo určit neznámou dávku, kterou byla ozářena sada termoluminiscenčních dozimetrů.

2. Princip termoluminiscenční dozimetrie

Některé materiály mají tu vlastnost, že jsou schopny určit radiační dávku, kterou byly ozářeny. Metody určování těchto dávek jsou rozličné: jednou z možností je mj. i termoluminiscenční dozimetrie. Tato metoda nebyla dodnes zcela objasněna, přesto se používá v mnoha oblastech dozimetrie.



Obr. 1 Pásový model pevných látek

Elektron, který se nachází ve valenčním pásu, může mj. vlivem ionizujícího záření excitovat do vodivostního pásu materiálu. V něm se může do jisté míry volně pohybovat. Po elektronu se ve valenčním pásu vytvoří kladně nabitá díra. Většina elektronů deexcituje zpátky do valenčního pásu, kde zaplní vzniklé díry.

Mezi valenčním a vodivostním pásem se nachází tzv. zakázaný pás, ve kterém se v ideálním materiálu elektrony nemohou vyskytovat. Vlivem přítomnosti příměsí a poruch krystalové mřížky (např. vakance) se však v zakázaném pásu vyskytují energetické hladiny, kde se elektron zachytit může. Tyto hladiny jsou dvojího druhu-dělí se na elektronové pasti (odkud se již elektron do valenční vrstvy přímo nedostane) a luminiscenční centra.

Elektron však lze např. teplem opět excitovat do vodivostního pásu, odkud může spadnout do luminiscenčního centra při současné emisi fotonů ve viditelné nebo UV oblasti spektra. Tyto fotony jsou detekovány na fotokatodě fotonásobiče, jejich energie je konvertována na kinetickou energii elektronů, které nesou signál k dalšímu vyhodnocení TL odezvy.

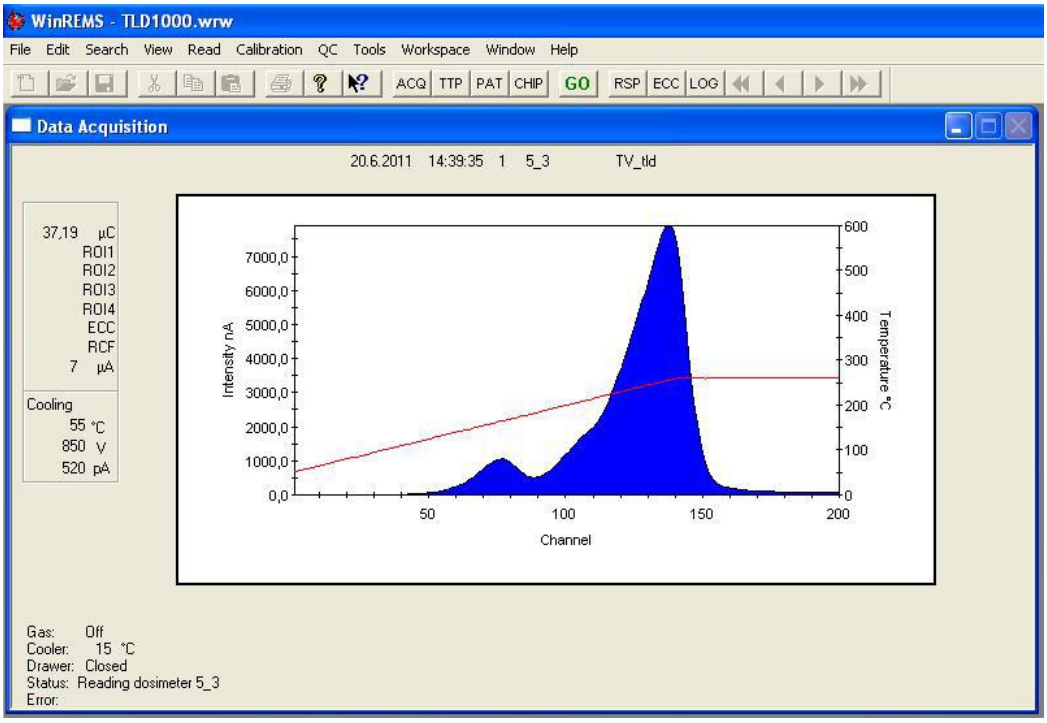
3. Materiál a metody

K našemu experimentu jsme používali dozimetry TLD-1000 (LiF aktivovaný Mg a Ti). Rozdělili jsme si je do pěti kyvet po sedmi kusech. Jedna sada měla představovat nulové dozimetry (ozářené pouze přírodním pozadím), další tři jsme ozářili známými dávkami 1, 2 a 3 Gy v ozařovači GammaCell 220 (^{60}Co). Pátý vzorek byl ozářen neznámou dávkou, kterou jsme měli určit.

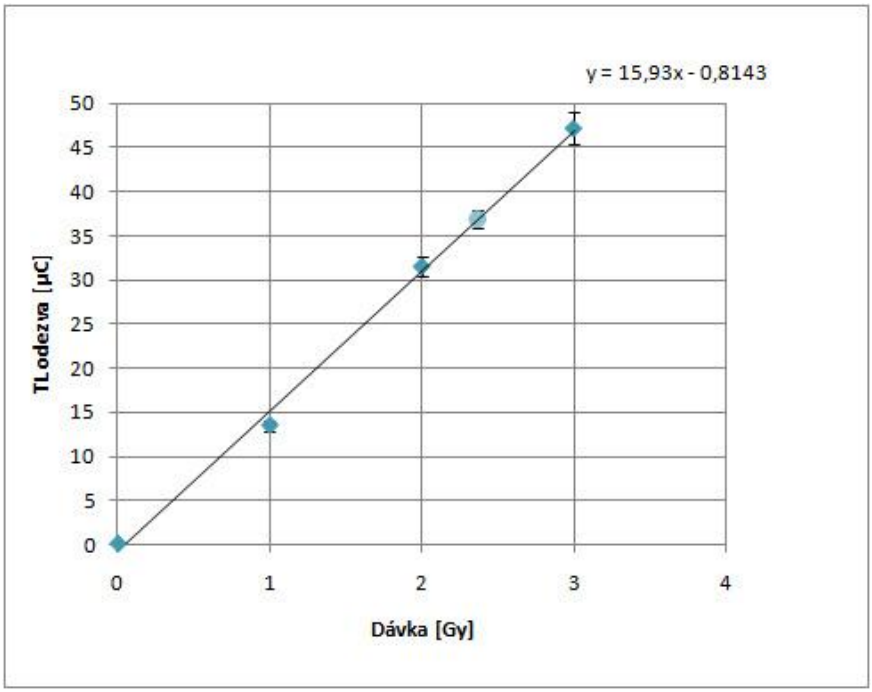
Obr. 2 Ozařovač GammaCell 220

Všechny sady dozimetrů jsme vyhodnotili na přístroji Harshaw Model 3500 Manual TLD Reader. Pro komunikaci TLD Readeru s počítačem jsme využili software WinREMS (okno programu viz obr. 3). Dozimetry ozářené známou dávkou jsme použili pro kalibraci, tj. určení závislosti TL odezvy na dávce ozáření. Tyto body jsme vynesli do grafu a proložili lineární funkcí vypočítanou metodou nejmenších čtverců (viz obr. 4).

Průměrnou TL odezvu *36,95 ± 1,03 μC* u páté sady dozimetrů jsme vynesli do grafu a našli průsečík s kalibrační křivkou *TL odezva=15,93*dávka-0,8143*. Z této závislosti jsme určili neznámou dávku jako *2,37±0,04 Gy*.



Obr. 3 Okno programu WinREMS, který byl použit při vyhodnocování dat z TLD Readeru



Obr. 3 Graf závislosti TL odezvy na dávce

4. Shrnutí

Sestrojili jsme kalibrační křivku pro dozimetry TLD 1000, pomocí níž jsme následně určili neznámou dávku záření absorbovanou v jedné ze sad dozimetrů. Na základě hodnoty dávky 2,37±0,04 Gy jsme určili, že tato sada dozimetrů byla vystavena ionizujícímu záření v ozařovači GammaCell 220 s aktuálním dávkovým příkonem 56,51 Gy/hod po dobu 151 s.

Poděkování

V závěru bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Ing. Tomáši Urbanovi a fakultě Jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze za organizaci Týdne vědy.

Reference

[1] HOROWITZ Y.S. (Ed): Thermoluminescence and Thermoluminescent dosimetry, Boca Raton, CRC Press 1984
[2] MUSÍLEK L., ŠEDA J., TROUSIL J.: Dozimetrie ionizujícího záření (Integrující metody), ČVUT 1992

Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?

Š. Holub, Gymnázium Jihlava

F. Nedorost, Gymnázium Otokara Březiny, Telč

V. Veselý, Gymnázium Otokara Březiny, Telč

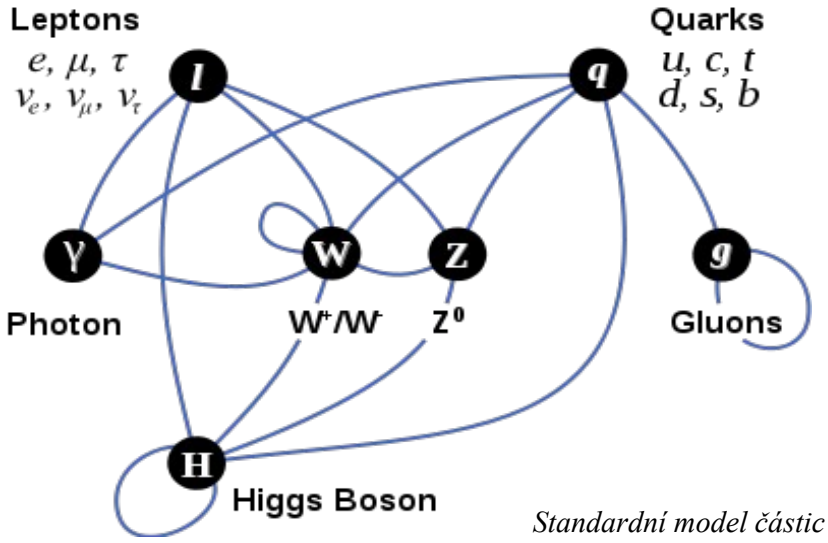
R. Tichý, Gymnázium Otokara Březiny, Telč
(tichy.radim@seznam.cz)

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámení s dějem, který probíhá při srážce dvou protonů na urychlovačích LHC (Ženeva, Švýcarsko) nebo na RHIC (Brookhaven, USA). Naším úkolem bylo simulovat srážku dvou protonů pomocí počítačového programu Pythia a zrekonstruovat částice pomocí jejich rozpadových produktů.

Úvod

Už od pradávna se lidé snažili zjistit podstatu a strukturu látek. Díky urychlovačům LHC a RHIC se nám tato problematika částečně daří objasnit. Zkoumáme zde strukturu a vlastnosti částic prostřednictvím jejich srážek. Částice, např. protony, jsou urychlovány magnetickým polem a dosahují rychlosti až 0,9995 c (3.10^8 $m.s^{-1}$). Při srážkách elementární částice tvořící protony, kvarky a gluony, interagují a vytvářejí další částice, které se následně mohou dále rozpadat.



Standardní model částic

Standardní model částic se skládá z kvarků, leptonů, intermediálních bosonů. Leptony jsou elektrony, miony, tauony, neutrina a jejich antičástice. Kvarky u,c,t, d,s,b mají neceločíselný násobek náboje elektronu. Intermediální bozony - foton, W^+, W^-, Z^0 a gluony zodpovídají za interakce.

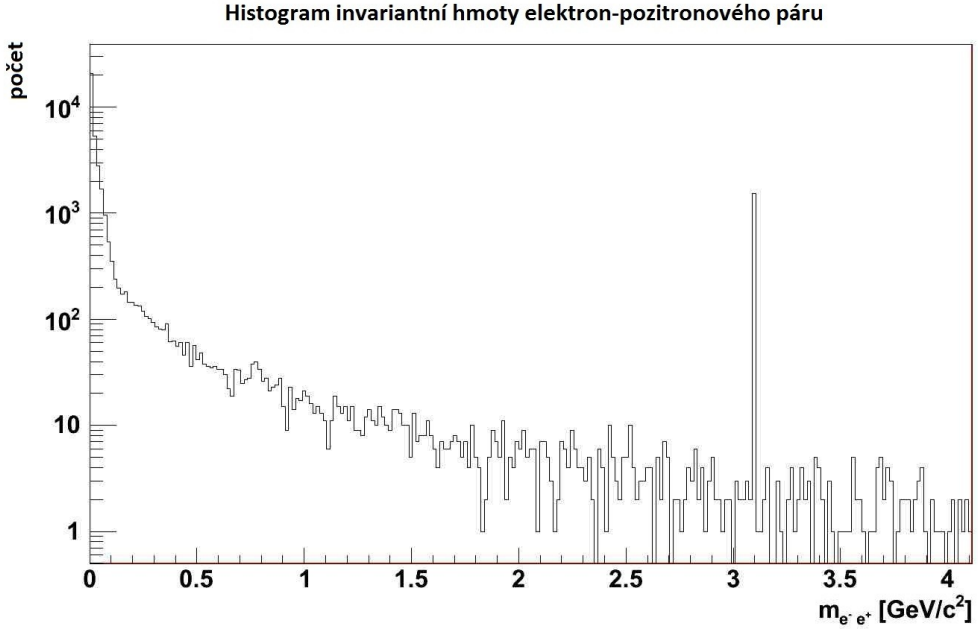
Vzhledem k faktu, že základní jednotky SI jsou pro potřeby subjaderné fyziky příliš velké, je jednodušší pracovat v tzv. soustavě přirozených jednotek, kde je Planckova konstanta $h = 1$, stejně jako $c = 1$. Z relativistického vztahu $E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$ se zjednoduší na $E^2 = m^2 + p^2$. Odtud plyne, že energie E, hmotnost m a hybnost p mají stejný rozměr. Je zvykem označovat rozměr hybnosti a hmotnosti v jednotkách eV (popř. MeV, GeV).

Simulace srážek na LHC

Podstatou naší práce byla simulace srážek dvou protonů (pomocí programů Root a Pythia), kdy jsme pomocí výsledných produktů rekonstruovali částice, které vznikají při srážce a prakticky hned poté zanikají.

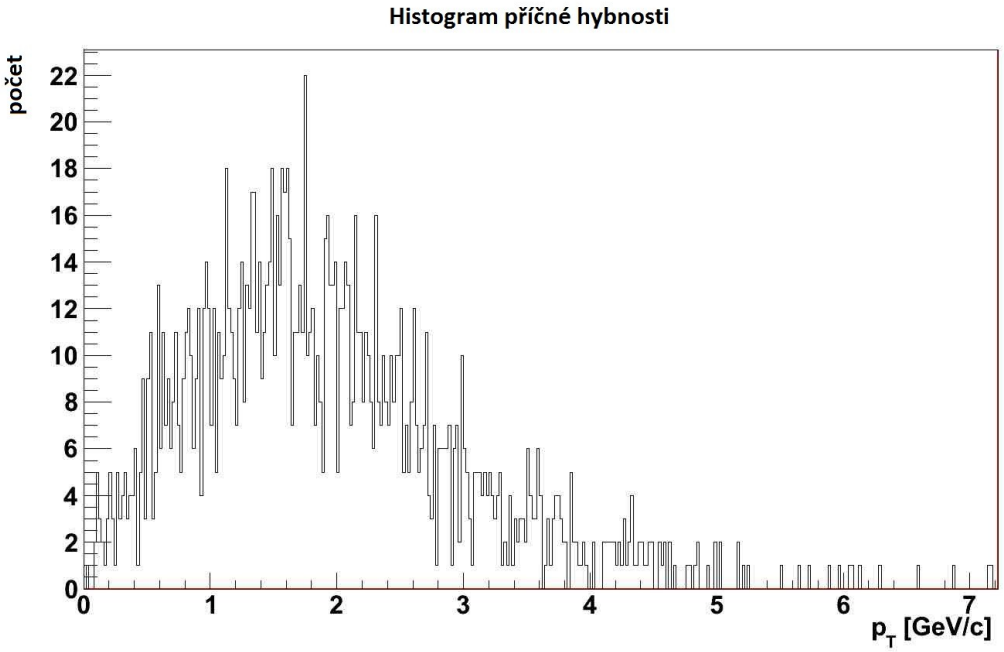
zdroj: www.scienceblogs.com

Podmínky srážky: - energie protonu (hmotnost) 900 GeV
- rekonstrukce: e^-e^+ --> J/ψ
$\pi^-\pi^+$ --> ρ



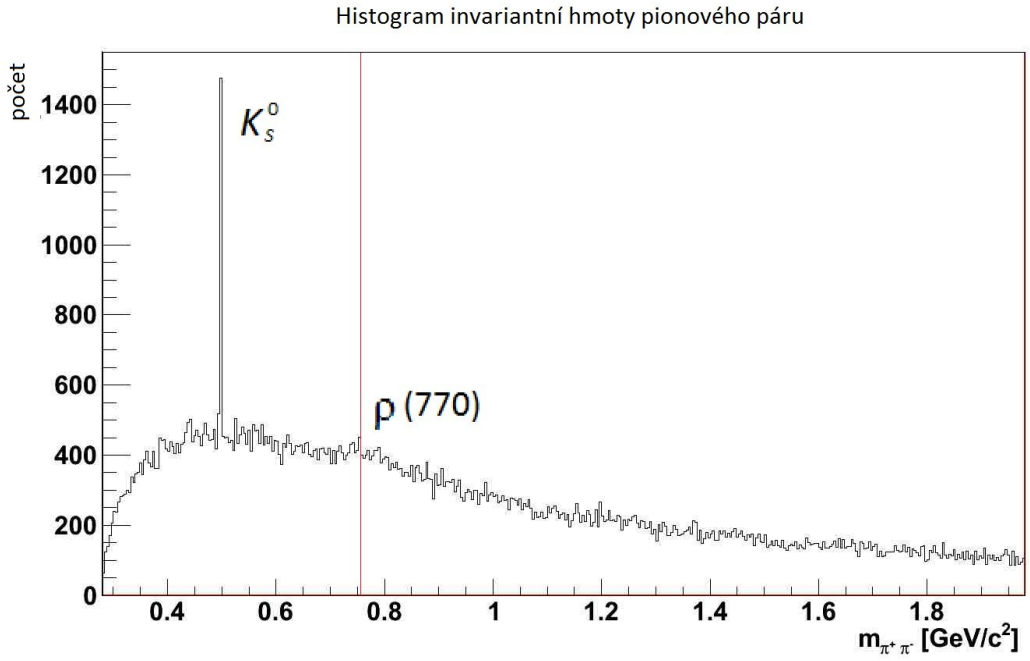
Obrázek 1

Na obrázku 1 je vidět peak u hmotnosti 3,095 GeV.c^{-2}, což je hmotnost J/ψ. Ze 100 000 srážek vzniklo právě 1 100 e^-e^+, které mají požadovanou hmotnost. Elektron-pozitronových páru s jinou hmotností, tzn. tvořících pozadí, vzniklo mnohem méně. J/ψ se v 5,9 % rozpadne právě na elektron-pozitronový pár.



Obrázek 2

Na obrázku 2 je znázorněna příčná hybnost elektron-pozitronových páru v intervalu hmotnosti 3,0 – 3,1 GeV.c^{-2}.



Obrázek 3

Na obrázku 3 pozorujeme závislost počtu pionových párů na jejich hmotnosti. Simulaci jsme uskutečnili s cílem zjistit počet ρ (770) částic o hmotnosti 0,769 GeV.c^{-2}. Kromě částice ρ (770) jsme zpozorovali pionové páry s hmotností 0,498 GeV.c^{-2} připadající částici K_s^0.

Shrnutí

Podařilo se nám zrekonstruovat J/ψ pomocí elektron-pozitronového páru. Dále jsme zrekonstruovali K_s^0 a ρ pomocí páru $\pi^-\pi^+$.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Ing. Michalu Vajzerovi za trpělivost a obětavost, s jakou se nám věnoval, celému organizačnímu týmu Týdne vědy na Jaderce 2011 za možnost účastnit se badatelské práce, dále Nadačnímu fondu teoretické fyziky a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze.

Reference

[1] *HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STANDARDN%C3%AD_MODEL*

[2] ŽÁČEK, J.: *ÚVOD DO FYZIKY ELEMENTÁRNÍCH ČÁSTIC*, KAROLINUM, 2005

[3] K. NAKAMURA et al. (PARTICLE DATA GROUP), J. PHYS. G 37, 075021 (2010)

[4] T. SJÖSTRAND, S. MRENNA AND P. SKANDS, arXiv:0710.3820.

Po stopách Isaaca Newtona

Lukáš Vejmelka, GOB a SOŠ Telč, lukasv@somt.cz
Jakub Šindelář, Gymnázium Třebíč, sindelar.jakub@gmail.com
Zuzana Černáková, Gymnázium Česká Lípa, cernakova.zuzka@gmail.com
Hana Nováková, Masarykovo gymnázium Příbor, hanicka.novacka@gmail.com

21. června 2011

Abstrakt

V našem miniprojektu jsme se vydali po stopách dávných badatelů a snažili jsme se symbolicky odvodit hlavní zákonitosti vesmíru - Newtonův gravitační zákon. Vžili jsme se do situace našich předků, kteří neměli k dispozici k získání údajů matematicko-fyzikální a chemické tabulky a postupovali jsme tedy od úplných začátků. Hlavním cílem experimentu bylo naleznout závislost gravitačního zrychlení tělesa na vzdálenosti od hmotného středu jiného tělesa. Za použití vlastních experimentálně naměřených hodnot a hodnot z klasických pokusů již dříve provedených jsme došli k následujícímu závěru:

$$a_g \sim \frac{1}{r^{2,09}}$$

Což je velice blízké skutečnosti, že **gravitační síla** (zrychlení) je **nepřímo úměrná druhé mocnině** vzdálenosti.

1 Úvod

V našem experimentu při hledání závislosti $F = F(r)$ resp. $a = a(r)$ jsme se zaměřili na zkoumání gravitačního pole Země, právě ona byla v nejstarších dobách nejběžnějším místem k pozorování. K správnému určení funkce popisující gravitaci potřebujeme znát zrychlení a vzdálenost od středu Země na dvou různých místech. Vzhledem k možnostem měření jsme zvolili zemský povrch a střed Měsíce.

2 Postup řešení

2.1 Teoretické úvahy

K nalezení správné závislosti potřebujeme znát gravitační zrychlení při povrchu Země g, poloměr Země R_z, gravitační zrychlení Měsíce a_m, vzdálenost Měsíce od středu Země r_m.

2.1.1 Gravitační zrychlení při povrchu Země a_m

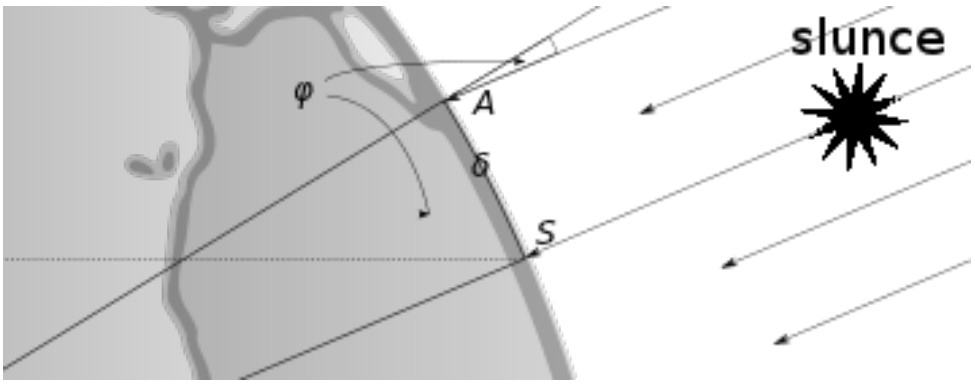
Už v 16. století Galileo Galilei pomocí šikmé věže v Pise změřil tíhové zrychlení. Změřil dobu pádu a výšku sestupu předmětu při volném pádu z věže a vypočítal tíhové zrychlení: $g = \frac{2.h}{t^2}$. Správně bychom měli uvažovat a_g, ale vzhledem k $a_g \approx g$ použijeme naměřené g.

2.1.2 Gravitační zrychlení Měsíc $a_m \approx g$

Jaká síla drží Měsíc na oběžné dráze kolem Země? Je to ta, která působí na jablko padající ze stromu? Působí-li na Měsíc ona síla, je mu uděleno zrychlení a_m. Aby se měsíc pohyboval kolem Země a neuletěl do vesmíru, musí pro gravitační a odstředivé zrychlení platit: $\overrightarrow{a_m} + \overrightarrow{a_o} = 0$. Ona síla by tedy měla být silou dostředivou a pro dostředivé zrychlení platí: $a_m = \omega^2.r = \left(\frac{2\pi}{T_{sid}}\right)^2.r$. K výpočtu zrychlení měsíce bude potřeba zjistit skutečnou periodu oběhu - siderický měsíc a vzdálnost měsíce od středu země.

2.1.3 Poloměr Země R_z

Původní představy například o plochosti zeměkoule nahradili někteří antičtí myslitelé domněnkou kulatosti Země. Soudili tak především z pozorování zatmění měsíce, kdy při přechodu temného kotouče stínu Země je znatelná kulatá oblast. Také při vzdalování lodí na moři se loď postupně ztrácí z obzoru. Eratosthenes provedl jako jeden z prvních měření zemského obvodu. Přibližně změřil vzdálenost z Alexandrie do Syeny, kdy předpokládal, že leží na stejném poledníku. Tomuto oblouku přísluší středový úhel, který však vzhledem k neznámému poloměru Země nebyl schopen vypočítat. Využil ale poznatku, že v Syeně v určitý den dopadají sluneční paprsky tak, že žádný kolmý předmět nevrhá stín - tedy paprsky dopadají rovnoběžně s tíhovým (gravitačním zrychlením). Úvahou, která je patrná z následujícího obrázku, správně určil souvislost mezi úhlem, pod kterým je vidět slunce v Alexandrii a středovým úhlem obou míst. Změřil tedy úhel pod jakým úhlem je v Alexandrii vidět v daný den slunce a doplněk do 180^o je roven středovému úhlu obou míst. Ze znalosti těchto údajů je možné vypočítat R_z; středovému úhlu přísluší délka oblouku (vzdálenost obou míst) a úhlu 2π přísluší obvod celé kulového plochy.



Obrázek 1: Eratosthenova metoda měření obvodu Země. (www.wikimedia.org)

2.1.4 Vzdálenost Měsíce od středu Země r'

Vzdálenost měsíce od středu Země je rovna: $r = r' + R_z$. R_z již známe a vzdálenost Měsíce od pozorovatele na Zemi r' lze vypočítat pomocí zorného úhlu a velikosti měsíce.

Poloměr měsíce R_m nebyl dlouho znám. Později bylo zjištěno, že je možné při pozorování zatmění Měsíce zjistit poměr R_m/R_Z a to měřením časů mezi určitými fázemi zatmění a následně vypočítat poloměr Měsíce.

2.2 Měření a zpracování naměřených veličin

2.2.1 Měření gravitačního zrychlení

Gravitační (resp. tíhové) zrychlení by bylo možné změřit podobně, jako to udělal Galileo Galilei. My jsme bez měření použili hodnotu: $g = 9,8\ m.s^{-2}$.

2.2.2 Měření časů zatmění Měsíce

V době Týdnu vědy na Jaderce 2011 bohužel nedošlo k zatmění Měsíce a nemohli jsme příslušné hodnoty naměřit. Použili jsme tedy naměřené hodnoty z 16. června 2000. Doba od počátku zatmění do stavu, kdy se celý Měsíc dostane do stínu Země byla $t = 65\ min$. Doba od úplného objevení Měsíce ve stínu Země do doby těsně před začátkem jeho ústupu byla $T = 272\ min$.

2.2.3 Měření zorného úhlu měsíce

Úhel, pod kterým je vidět Měsíc z povrchu Země jsme neměřili, použili jsme už dříve naměřenou hodnotu: $\beta = 31,7'$.

2.2.4 Měření minimální délky stínu tyče

K výpočtu poloměru Země jsme použili modifikovanou Eratosthenovu metodu. Za pomocí dlouhé tyče umístěné kolmo k zemi jsme sledovali délku stínu v okolí pravého poledne, kdy na průsečíku našeho poledníku s obratníkem Raka směřují sluneční paprsky kolmo k Zemi. Naměřili jsme deset různých délek v určitých časech a to ve dvou nezávislých měřeních.

První měření, délka tyče $l_1 = 186cm$

číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
délka stínu a_1/cm	93,1	92,2	91,5	91,1	91,4	91,7	91,9	93,4	94	95
čas měření	12:39	12:44	12.57	13:01	13:05	13:16	13:19	13:30	13:35	13:41

Druhé měření, délka tyče $l_2 = 142cm$

číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
délka stínu a_2/cm	72	71,8	71,6	70,8	70,7	72,4	73,2	73,3	73,9	74,5
čas měření	12:40	12:45	12.57	13:02	13:16	13:29	13:32	13:37	13:42	13:47

2.3 Výpočet

2.3.1 Zpracování naměřených délek stínu

Pro výpočet potřebujeme nejkratší délku stínu. Pro každé měření zhotovíme graf závislosti délky stínu na čase a proložíme jimi regresní křivku.

Rovnice regresních funkcí:

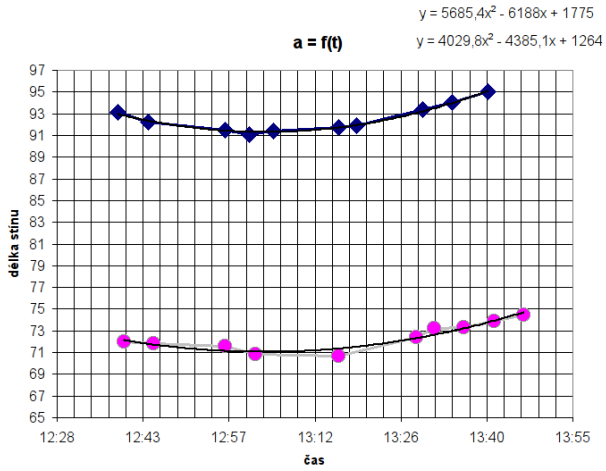
$$f_1 : y = 5685,4x^2 - 6188x + 1775$$
$$f_2 : y = 4029,8x^2 - 4385,1x + 1264$$

Derivace funkcí položíme rovny nule a vypočítáme minimum funkcí:

$$x_{min1} = 13:03:38$$
$$x_{min2} = 13:03:28$$

A funkční hodnoty pro tyto body jsou nejkratší délky stínů:

$$a_{min1} = 91,2\ cm$$
$$a_{min2} = 71,1\ cm$$



Obrázek 2: Grafy závislostí $a = f(t)$

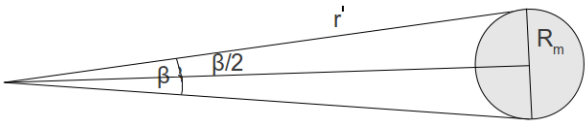
A pro úhly, které svírá tyč se slunečními paprsky:

$$tg\alpha = \frac{a_{1,2}}{l_{1,2}}$$

Aritmetický průměr z obou úhlů vychází: $\alpha = 26^o22'$ Vzdálenost Jaderky v Břehové ulici v Praze od průsečíku stejného poledníku s Obratníkem Raka jsme změřili v GoogleEarth: $s = 2960\ km$. Na tomto průsečíku v 13:03:38 svítí slunce kolmo k zemi a u nás na Břehovce je slunce nejvýše - je pravé poledne. Platí: $\frac{\alpha}{s} = \frac{360^o}{2\pi.R_z}$ a odtud: $R_z = 6432\ km$

2.3.2 Vzdálenost Měsíce od středu Země

Vzdálenost r je rovna $r = r' + R_z$. R_z jsme vypočítali a r' vypočítáme dle následujícího obrázku.



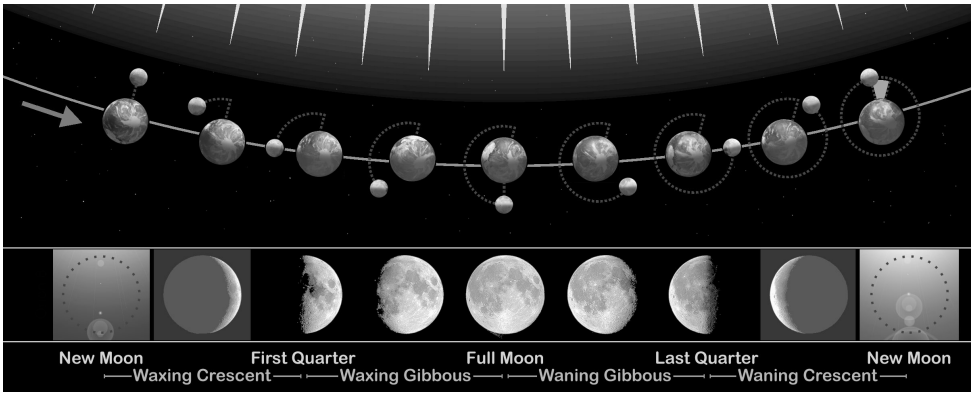
Obrázek 3: K výpočtu vzdálenosti Měsíce ze zorného úhlu.

Pro r' platí: $r' = \frac{2R_m}{\beta} = 333364\ km$.

A celkové $r = r' + R_z = 339796\ km$

2.3.3 Výpočet periody Měsíce

Není měsíc jako měsíc. Měsíc, který běžně používáme, je doba mezi dvěma stejnými fázemi měsíce při pozorování ze Země. Doba oběhu Měsíce kolem Země vzhledem ke hvězdám je tzv. siderický měsíc. Synodický měsíc trvá $T_{syn} = 29,5\ dne$, po přepočtu vychází $T_{sid} = 27,3\ dne$, což je skutečná doba, kdy dojde přesně k jednomu oběhu kolem Země; na Zemi bychom však onu fázi pozorovali později.



Obrázek 4: Rozdíl mezi siderickým a synodickým měsícem (www.wikimedia.org).

2.3.4 Výpočet gravitačního zrychlení Měsíce

$a_m = \omega^2.r = \left(\frac{2\pi}{T_{sid}}\right)^2.r = 2,4.10^{-3}\ m.s^{-2}$

2.4 Závěr

2.4.1 Tabulka výsledků

	povrch Země	Měsíc
zrychlení	$g = 9,8\ m.s^{-2}$	$a_m = 2,4.10^{-3}\ m.s^{-2}$
vzdálenost	$R_z = 6432\ km$	$r = 339796\ km$

2.4.2 Zkoumání závislosti $a = f(r)$

Uvažujme:

$$g = k.\frac{1}{{R_z}^x}$$
$$a_m = k.\frac{1}{{R_m}^x}$$

Řešením soustavy rovnic získáme:

$$x = \frac{ln\frac{g}{a_m}}{ln\frac{R_m}{R_z}} = 2,09.$$

Odvodili jsme zákon ve tvaru:

$$a_g = k.\frac{1}{r^2}.$$

3 Shrnutí

Měření bylo zatíženo chybami; vzhledem k oblačnosti nebylo možné v potřebných intervalech odečítat délku stínu. Některé hodnoty nebylo možné změřit a museli jsme se spolehnout na údaje z internetu. Podařilo se nám s dobrou přesností vypočítat závislost $a = f(r)$. V budoucnu bychom třeba mohli Newtonův gravitační zákon odvodit přesně pomocí Keplerových zákonů.

Poděkování

Děkujeme především naší supervisorce Ing. Heleně Šedivákové za vedení a trpělivé úsilí. Děkujeme také naší v boji padlé kolegyni Zuzce za obětavé nasazení. Neméně velký dík patří i Ing. Vojtěchu Svobodovi za organizaci Týdne vědy@FJFI a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské při Českém vysokém učení technickém v Praze za poskytnutí zázemí našemu „vědeckému“ bádání.

Reference

[1] *Doba oběhu na wikipedii*
http://cs.wikipedia.org/wiki/Doba_ob%C4%9Bhu

[2] *Isaac Newton na wikipedii*
http://cs.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton

[3] *Eratosthenes z Kyreny na wikipedii*
http://cs.wikipedia.org/wiki/Eratosthen%C3%A9s_z_Kyr%C3%A9ny

Bioinformatika – porovnávání sekvencí DNA

Anna Smejkalová[1], Martin Volek[2], Michal Chobola[3],
Gymnazium Friedricha Schiller[1], Gymnázium Plasy[2], Střední průmyslová škola Karviná[3]
anicka.sm@gmail.com, volek000@seznam.cz, majkee@chobola.net

Abstrakt:
V našem projektu jsme se věnovali porovnávání různých sekvencí DNA za pomoci dynamického programování s implementací v jazyku Python. Cílem naší práce bylo porovnat dvě reálné sekvence DNA.

1. Úvod

DNA (deoxyribonukleová kyselina) se nachází v jádře buněk a je tvořena čtyřmi základními bázemi, ty se nazývají Adenin(A), Guanin(G), Cytosin(C) a Thymin(T). Pořadí, v jakém se tyto báze vyskytují, určuje aminokyseliny, které bude organismus vytvářet. Aminokyseliny tvoří základ proteinů.

Poprvé byl základ DNA popsán v roce 1869 švýcarským lékařem Friedrichem Miescherem. Funkce DNA byla objevena, ale až v roce 1943 Oswaldem Averym, Colinem MacLeodem a Maclynem McCartym, kteří za pomoci transformací pneumokoků zjístili, že DNA je genetickým materiálem buněk.

Nejvýznamější objev nastal v roce 1953, kdy vědci James D.Watson a Francis Crick ukázali, že DNA má tvar dvoušroubovice. Za tento významný objev získali Nobelovu cenu.

Adenin a Thynin vždy tvoří dvojici, stejně tak jako Cytosin a Guanin. Díky tomu můžeme zapisovat pouze jednu linii dané DNA a tím utvoříme textový soubor. Ten se pak sekvenčně srovnává pomocí dynamického programování.

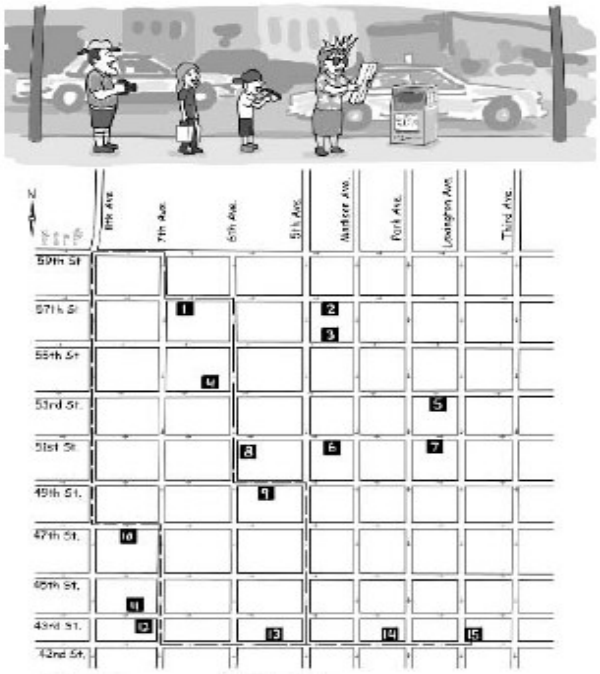
V současné době je ještě mnoho neprozkoumaných úseků DNA. Touto problematikou se zabývá právě bioinformatika. Pomocí dynamického programování porovnáváme nám neznámé sekvence DNA s již známými sekvencemi DNA nižších živočichů.

2. Srovnávání DNA pomocí dynamického programování

Dynamické programování je optimalizační metoda, která nejčastěji hledá nejkratší nebo nejdelší cestu v grafu. Uplatnění tohoto způsobu denně používáme na internetových mapách, které za nás najdou právě nejkratší nebo nejrychlejší cestu.

Stěžejní myšlenkou je rozdělení složité úlohy na úlohy menší, které jsme schopni vyřešit. Pomocí jejich řešení pak konstruujeme i řešení původního problému.

Pro lepší pochopení zde uvedeme příklad úlohy **Turista na Mannhattanu**

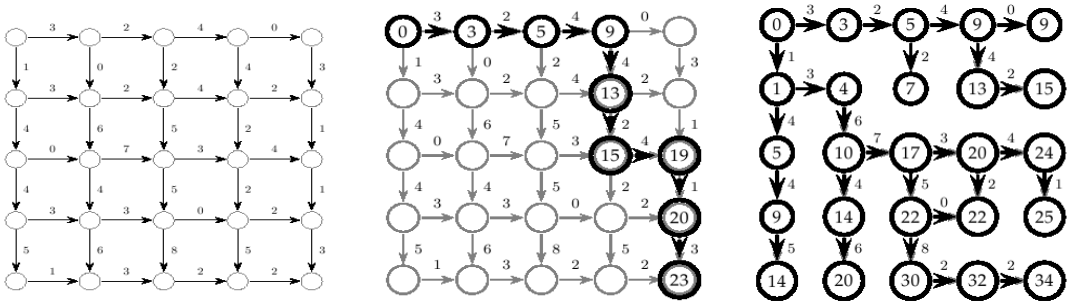


Turista se nachází na rohu 59té ulice a 8mé Avenue(tzn. V levém horním rohu) a chce se dostat k Chrysler budově na 42 ulici a Lexington Avenue(tzn. V pravém dolním rohu) při své cestě může chodit pouze doprava a dolů a nesmí se vracet. Vaším úkolem je naplánovat turistovi takovou trasu, aby se dostal přesně tam kam chce a přitom navštívil co nejvíce památek. Ty jsou na mapě vyobrazeny pomocí černých čtverečků s čísly.

Jak vyřešit tento úkol pomocí dynamického programování

Pomocí dynamického programování jsme se rozhodli nastavit tenhle postup:

- Z realného obrázku jsme přešli ke grafu, kde hrany reprezentují ulice a vrcholy zastupují křižovatky. Každé hraně přiřadíme hodnotu podle toho, jak je daná ulice pro turistu zajímavá.
- Hodnoty ve vrcholech jsou součty hodnot hran podél nejzajímavější cesty do daného vrcholu.
- Nejprve vyplníme vrcholy podél levého a horního okraje. Následně vyplňujeme vždy takové vrcholy jejichž levý a horní soused má již vyplněnou hodnotu. K hodnotě horního souseda přičteme hodnotu hrany shora, k hodnotě levého souseda přičteme hodnotu hrany zleva a zapíšeme maximum z těchto hodnot.



- Tímto způsobem zaplníme celou tabulku. Ale nikdy nesmíme zapomenout směr odkud jsme přišli. Zpětnou vazbou pak zjistíme nejlepší variantu pro turistu.

Porovnávání sekvencí DNA

Předpokládejme, že máme dvě sekvence DNA označené **v** a **w**. Editační vzdálenost udává počet operací, které je potřeba provést k přepsání sekvence **v** na sekvenci **w**. Mezi povolené operace patří – vymazání znaku, vložení znaku a přepsání znaku.

Na této sekvenci se pokusíme spočítat editační vzdálenost pomocí vymazání a vložení znaků. Na daném úseku se tyto operace provedli čtyřikrát tudíž editační vzdálenost je rovna čtyřem. Pomlčka v proměnné **v** označuje že se daný prvek z proměnné **w** vloží na místo pomlčky. V opačném případě, kdy je pomlčka v proměnné **w** se prvek odstraní.

3. Realné porovnávání DNA

Na internetové stránce ENTREZ (www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez) jsme našli 2 realná sekvence DNA. První sekvence patří bakterii E.coli a ta druhá mouše octomilce. Které jsme porovnali za pomoci dynamického programování s implementací v jazyku Python.

```
S1 (E.coli):                    AGATTTCGACGCCACCGACC
S2 (octomilka):                 CATGCTAAGCGAGCGCTCTA
          srovnání: σ = 0 a μ = 1
Výsledek:
S1:                       -A-G---A-TTTCGA-CGC-C-A-CCGACC
S2:                       CATGCTAAG---CGAGCGCTCTA-------
```

Na obrázku jsou zvýrayněny delší shody CGA a CGC, které algortimus nalezl.

4. Shrnutí

Pochopili jsme principy dynamického programování. Porovnali jsme dvě realné sekvence DNA za pomoci implementace v jazyku Python. A našli jsme v nich shodné úseky. Dozvěděli jsme se o obtížnosti rozluštění DNA kódu, které ani poté nemusí být správné.

Poděkování

Děkujeme našim supervizorům Ing. Tomáši Oberhubrovi, Ph.D. a Ing.Radkovi Mácovi za vysvětlení a uvedení do problému bioinformatiky. A dále také Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a Českému vysokému učení technickému v Praze za celý projekt Týden vědy.

Reference:

[1] C. JONES,NEIL – A.PEVZNER, PAVEL.: *AN INTRODUCTION TO BIOINFORMATICS ANGORITHMS* A Bradford Book. 2004.

[2] KINSER, JASON.: *Python for Bioinformatics* Jones and Bartlett Publishers. 2009.

[3] M. LESK, ARTHUR.: *Introduction to Bioinformatics* OXFORD. 2008.

[4] MICHEL CLAVERIE, JEAN, PHD – NOTREDAME, CEDRIC, PHD.: *Bioinformatics for Dummies* Wiley Publishing, Inc. 2007.

Causality and Quantum Theory

Jakub Smrček, Jaroslav Kňap, Václav Otruba
Gymnázium Na Pražačce, Praha
Gymnázium Turnov, Turnov
Gymnázium Jiřího Ortena, Kutná Hora

smrcek.j@seznam.cz
knap.jaroslav@gmail.com
otruba.wasek@gmail.com

Abstract:
This miniproject focused on causality and its relation to Bell's inequalities. Authors came out from the premise, that causality can never be violated in nature. Bell's calculations can be used to verify whether the given system can be considered as causal or not. Authors found out that certain quantum systems can violate the inequalities.

1 Introduction

First of all, authors had to define what the term 'causality' means. By definition, causality is a relationship between two events. First event is called cause and the second is called effect and is a consequence of the first one. Some quantum systems might violate causality. Authors researched this problem in hope that it could be very helpful for man's understanding of the universe.

2 Thought experiment

Authors were introduced with situation where certain rules apply. Let's consider three persons, called Alice, Bob and Cecil. Alice and Bob are not able to communicate with each other but Cecil can communicate with both of them.

Cecil recieves a big envelope. There are two medium envelopes inside of it and each contains three small envelopes. These are numbered from 1 to 3 and each of them contains a single red or a blue disc.

Cecil sends the first medium envelope to Alice and the second one to Bob. They open the envelopes and choose one of the three small ones, discarding the others. Finally, they both open their respective small envelopes, check the colour of the disc inside and note down the

results. After that, Cecil hands them another envelopes as this whole process repeats on and on.

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

Notice that the colour of the discs in the envelopes marked with the same number is always opposite - they're anti-correlated. According to this discovery, Alice will know what colour's Bob's disc in his respective envelope.

Thanks to this rule, there are only 4 possible types of big envelopes.

Type	1st medium envelope	2nd medium envelope
A	1R 2R 3R	1B 2B 3B
B	1R 2R 3B	1B 2B 3R
C	1R 2B 3R	1B 2R 3B
D	1R 2B 3B	1B 2R 3R

For each type of the big envelopes is the same probability of being chosen.

w_a *for a-type;* w_b *for b-type;* w_c *for c-type;* w_d *for d-type.*

According to this rule, the probability that Alice gets a disc of the same colour as Bob's disc in his respective envelope marked with the same number is zero. Mathematically speaking:

$$p(1R, 1R) = 0 \qquad p(2R, 2R) = 0 \qquad p(3R, 3R) = 0$$

$$p(1B, 1B) = 0 \qquad p(2B, 2B) = 0 \qquad p(3B, 3B) = 0$$

It's possible to calculate the probability of all possible combinations, e.g. probability of Alice choosing 1R and Bob choosing 3R is:

$$p(1R, 3R) = 1/3 * 1/3 * (w_b + w_d) * 1/2$$

Bell's inequality comes out of this equation and says:

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

Leading to:

$$1/9 * (w_c + w_d) * 1/2 + 1/9 * (w_b + w_c) * 1/2 \geq 1/9 * (w_b + w_d) * 1/2$$

We simplify the inequality to:

$$w_c + w_d + w_b + w_c \geq w_b + w_d$$

$$2w_c \geq 0$$

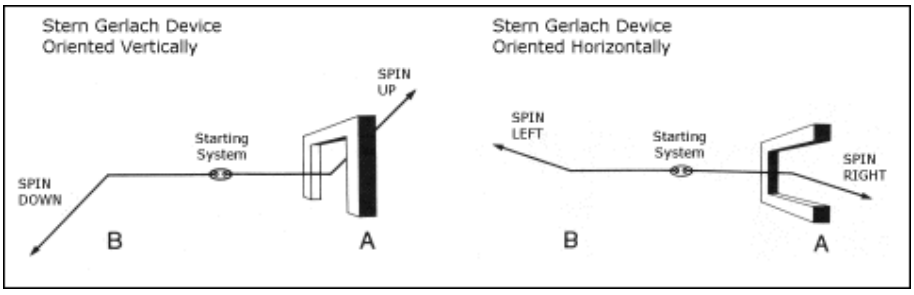
This is always true, because w_c is a probability.

Bell's inequality is always satisfied for any choice of large envelopes, but these inequalities would be mathematically different.

3 Violation of Bell's inequalities in Quantum Mechanical system

Experiment mentioned in previous section can be applied in the quantum realm where it's possible to observe particles instead of discs.

These particles are electrons in special state termed *entangled*. Alice and Bob will obtain these electrons and measure their spins (internal angular momentum of a particle). The measuring apparatus consists of three pairs of magnets:



Alice and Bob can decide which pair of magnets they will use (this corresponds to small envelopes). The spin of electrons can be measured along any axis in space, providing the values $\pm 1/2$. Given the quantum entanglement, spins of electrons are anti-correlated. Thus, when they are measured along the same axis, the measurements with give opposite values.

ϑ_{xy} is the angle between the two axes of magnets undergoing the measurement of spin. The probability of getting the same spin of two different axes is given by this formula:

$$p(x+, y+) = 1/18 * (1 - \cos \vartheta_{xy})$$

It's possible to substitute this formula into Bell's inequality and get:

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

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

The authors have found the maximum of this function at:

$$\vartheta_{12} = \vartheta_{23} = \pi/4$$

Substituting this equation into the previous one, it gets:

$$1 \geq - \cos(\pi/4 + \pi/4) + \cos \pi/4 + \cos \pi/4$$

$$1 \geq \sqrt{2},$$

which is, of course, wrong, meaning Bell's inequality is violated and that causality in terms of Relativistic physics is also violated.

4 Conclusion

With the help of mathematics, the authors have proven that Bell's inequalities are not always satisfied in quantum system. Thanks to this proof, they discovered that causality does not apply all the time.

Acknowledgements

Authors would like to thank the Czech Technical University in Prague and the Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering for their support in the Science Week. Authors would also like to thank their supervisor, MSc. Aurél Gábris, PhD, for his support in the field of modern quantum theories and their detailed explanation, regarding the topic. The authors also wish to explicitly thank Ing. Vojtěch Svoboda for the organization of the whole Science Week and for his enthusiasm in helping to set our project on the right path.

References:

[1] EINSTEIN, A. – PODOLSKY, B. – ROSEN, N.: *Can Quantum-Mechanical Desription of Physical Reality Be Considered Complete?* Physical Rev. 47, 1935, 777–780

[2] BELL, J. S.: *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics* Cambridge University Press, 1988

[3] CLAUSER, J. F. – SHIMONY, A.: *Bell's theorem: Experimental tests and implications* Rep. Progr. Phys. 41, 1881 (1978)

Ochrání alkohol DNA před zářením?

M.Grunerová[1], B. Odložilík[2], J. Vondráček[3]
[1] Gymnázium Broumov, Hradební 218, Broumov
[2] Ekogymnázium Brno, Labská 27, Brno
[3] Gymnázium Děčín, Komenského náměstí 4, Děčín
martina.grunerova@seznam.cz, B.odlozilik@seznam.cz, j.vondracekk@centrum.cz

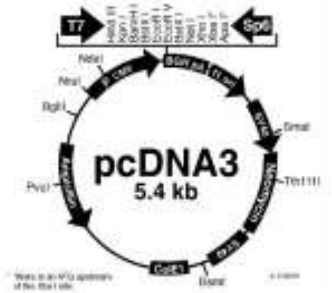
Zkoumali jsme vliv ethanolu na ochranu DNA před ionizujícím zářením. K výzkumu jsme použili metodu agarózové elektroforézy. Vytvořili jsme čtyři sady po šesti vzorcích. Ve vzorcích se nacházely různé koncentrace ethanolu. Každou sadu jsme ozařovali různou dávkou ionizujícího záření. Zjistili jsme, že rostoucí koncentrace ethanolu je účinnou ochranou poškození DNA.

1 Úvod

Molekula DNA je nositelkou genetické informace, a tudíž na míře jejího poškození závisí přežití buňky, respektive celého organismu. Ionizující záření poškozuje DNA buď přímo, tj. interakcí ionizující částice s molekulou DNA, nebo nepřímo prostřednictvím produktů radiolýzy vody. Výsledkem jsou v obou případech zlomy DNA (jednoduché i dvojité), ale také poškození bází, cross-linky uvnitř DNA nebo mezi DNA a proteiny. Protože buňka je z velké části tvořena vodou, většina poškození vzniká nepřímo v důsledku přítomnosti hydroxylových radikálů, které vznikají při radiolýze vody. Nepříznivé působení volných radikálů může být redukováno pomocí tzv. vychytávačů (scavengerů), například vitaminy C a E, nebo alkoholy.

2 Materiály a metody

Plasmid je extrachromozomální, samostatně se replikující kruhová DNA. Zpravidla ji tvoří 1000 až 400 000 bázových párů. My jsme použili plasmid pcDNA3 obsahující 5446 bázových párů, viz. obr. 1.



Obr. 1 Plasmid pcDNA 3 [1]

Ozařování probíhalo na zdroji ^{60}Co umístěném na Oddělení dozimetrie záření ODZ ÚJF AV ČR. Každý vzorek obsahoval 100 ng plasmidu pcDNA3 v 10 mM fosfátovém pufru. Vzorky v polypropylenových tubičkách byly ozařovány při pokojové teplotě.

Agarózová gelová elektroforéza je jedna ze základních metod v radiobiologii. U plasmidové DNA lze po ozáření rozlišit tři formy:

- Stočená bez zlomů (supercoiled)
- Relaxovaná s jednoduchým zlomem (SSB Single-strand break)
- Lineární s dvojitým zlomem (DSB double-strand break)

Tyto formy se liší svou pohyblivostí v elektrickém poli na agarózovém gelu. Se zvyšující se dávkou záření přibývá zlomů DNA, přibývají i relaxované a lineární formy.

3 Laboratorní postup

3.1 Příprava vzorků

Připravili jsme si čtyři sady po šesti vzorcích. Každý vzorek obsahoval 0,6 µl roztoku plasmidové DNA s optickou hustotou 2.5, 1 µl 10 mM fosfátového pufru, 1 µl ethanolu o různé koncentraci (viz. Tabulka 1) a doplníme do 10 µl autoklávovanou destilovanou vodou.

Tabulka 1 Použité koncentrace roztoku ethanolu

Vzorek č.	*Koncentrace ethanolu*
1	l%
2	0,l%
3	0,0l%
4	0,00l%
5	0,000l%
6	0,00%

3.2 Ozařování vzorků

Vzorky jsme ozařovali na zdroji ^{60}Co následujícími dávkami ve vzdálenosti 0,293 m na vzduchu za pokojové teploty. (viz. Tabulka 2)

Tabulka 2 Dávky ozáření jednotlivých skupin vzorků

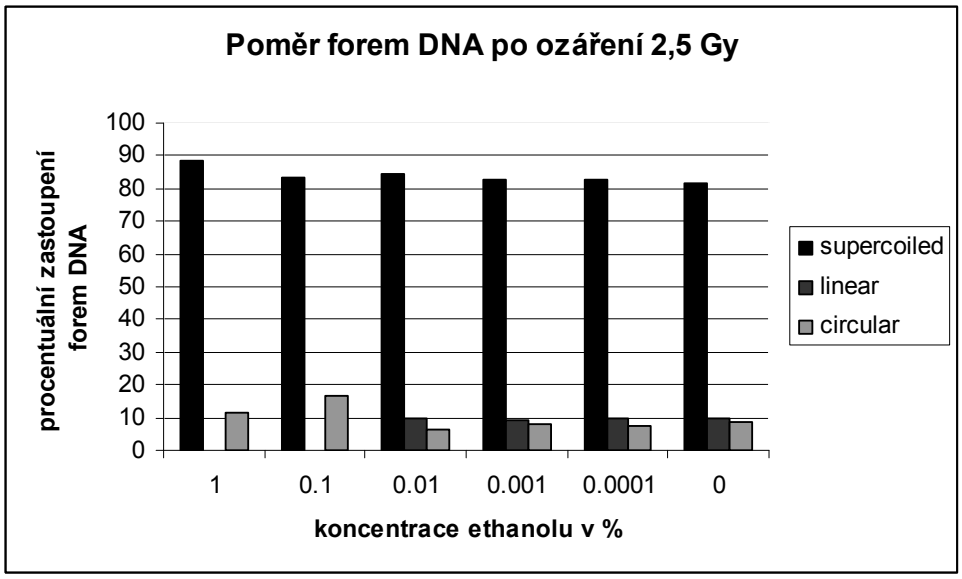
Série vzorků č.	*Dávka ^{60}Co*	*Čas ozařování*
I	0 Gy	0
II	2,5 Gy	7 min. 20 sek.
III	5 Gy	14 min. 40 sek.
IV	10 Gy	29 min. 20 sek.

3.3 Elektroforéza

Připravili jsme 100 ml 1% agarózového gelu v 0,5 x TAE. Roztok jsme za stálého míchání vařili dokud se nestal čirým. Poté jsme ho nechali zchladnout na 60°C. Dále jsme přidali barvivo SYBR Green I v poměru 1 : 10 000 a promíchali. Gel jsme nalili do formy a nechali ztuhnout. Ztuhlý gel jsme přesunuli do horizontální lázně, kterou jsme vyplnili 0,5 x TAE pufrem. Do každého vzorku jsme přidali 2µl nanášecího pufru a rychle jsme nanášeli vzorky na gel v předem určeném pořadí. Elektrody zapojíme tak, aby DNA migrovala ve správném směru. DNA ma záporný náboj a bude se tedy pohybovat směrem ke katodě. Napětí jsme nastavili na 100 V. Elektroforéza trvala cca hodinu. Poté jsme gel opatrně vyndali z lázně a vyfotili v temné komoře na UV světle.

4 Výsledky a diskuse

Výsledky jsme vyhodnotili programem Image Quant. Některé vzorky ozářené 5 a 10 Gy se nezobrazily kvůli špatné aplikaci. Uvedeme tedy pouze výsledky vzorků ozářených 2,5 Gy (viz. Obrázek 2).



Obrázek 2 Poměr forem DNA po ozáření 2,5 Gy

Z výsledků, které vidíme na grafu je patrné, že při klesající koncentraci ethanu přibývá poškozené DNA. Mezi poškozenou DNA převládá kruhová forma (circular) s jedním zlomem. Při nižších koncentracích ethanolu se objevuje lineární forma se dvěma zlomy.

Pokus ukázal, že ethanol má vliv na ochranu DNA před ionizujícím zářením – vzorky s vyšší koncentrací ethanolu byly méně poškozeny než vzorky s nižší koncentrací.

5 Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našim supervisorkám Ing. Viktorii Madhusudhan Štísové, PhD. a Ing. Kateřině Pachnerové Brabcové, PhD. za ochotu a pomoc při projektu, dále ODZ ÚJF AV ČR a samozřejmě také pořadatelům Týdne vědy na ČVUT v Praze.

6 Reference:

[1] http://www.ionchannels.org

[2] SAMBROOK - RUSSEL: *Molecular cloning vol.3* CSHL Press, 2001

Matematické modelování ***Fyzika v medicíně*** ***Laserová fyzika*** ***Informatika a software***

Fyzikální vlastnosti materiálů ***Elementární částice*** ***Jaderná chemie*** ***Optoelektronika*** ***Jaderná bezpečnost a ekologie***

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Českého vysokého učení technického v Praze

VŠ vzdělání v moderních oborech s tradičně vysokou úrovní

Praktické aplikace přírodních věd

Charakteristika studia na FJFI

- ♣ velmi pestré spektrum oborů a zaměření
- ♣ celou řadu studijních oborů a zaměření lze v ČR studovat výhradně na FJFI
- ♣ zapojení studentů do různých výzkumných projektů a vědeckých týmů
- ♣ výchova k rychlé orientaci v mezioborové problematice a k týmové práci
- ♣ příprava k výzkumné týmové práci a k aplikaci nejnovějších poznatků vědy do praxe
- ♣ spolupráce s ústavy Akademie věd a s dalšími institucemi a univerzitami v ČR i v zahraničí
- ♣ široká nabídka studijních pobytů na zahraničních univerzitách
- ♣ plný přístup k moderním technologiím, k výpočetní technice a Internetu
- ♣ individuální a neformální kontakt studentů s jejich pedagogy, možnost ovlivňovat chod školy
- ♣ pestrá paleta mimostudijních aktivit – společenských a sportovních akcí, apod.
- ♣ možnost studia zrakově postižených, bezbariérový přístup
- ♣ bezproblémové uplatnění absolventů fakulty v zaměstnání

Uplatnění absolventů FJFI

- ♦ absolvent FJFI nemá problém s uplatněním - může měřit laserem vzdálenost od Měsíce či propojovat počítačové sítě mezi mrakodrapy; využít teorie grafů v bankovních operacích, na burze či při mariáši; řídit jadernou elektrárnu; určit příčiny havárií letadel, lodí či plynovodů; detekovat libovolné záření (vhodné při seznamování se); vyučovat matematiku a fyziku kdekoliv; být ministrem zahraničí - nebo dělat úplně něco jiného.

♥ užitečná adresa pro další informace:

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
pedagogické oddělení
Břehová 7, 115 19 Praha 1
tel. 222 310 277, fax: 222 320 861
www.jaderka.cz; www.fjfi.cvut.cz

Zájemce o studium zveme k návštěvě tradičně konaných Dnů otevřených dveří (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F pro přípravu ke studiu na technických VŠ (od listopadu do března).

FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENŘSKÁ
Českého vysokého učení technického v Praze
(FJFI ČVUT)

reprezentuje relativně mladé a dynamické pedagogické a vědecké centrum zaměřené především na hraniční témata mezi moderní vědou a její praktickou aplikací. Skládá se z deseti kateder: matematiky, fyziky, jazyků, inženýrství pevných látek, fyzikální elektroniky, materiálů, jaderné chemie, dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, jaderných reaktorů a katedry softwarového inženýrství v ekonomii.

FJFI byla založena v roce 1955 pod původním názvem Fakulta technické a jaderné fysiky jako součást Univerzity Karlovy v Praze, ale v roce 1959 se stala novou fakultou Českého vysokého učení technického v Praze. Její vznik přímo souvisel se zahájením československého jaderného programu, pro který bylo zapotřebí vybudovat vysoce kvalitní vědecká a pedagogická pracoviště. Brzy se však ukázalo, že jaderná technika není jen záležitost jaderných oborů, ale že vyžaduje úzké propojení přírodovědných oborů, matematiky, fyziky a chemie s technickou praxí. Tak se fakulta dostala na rozhraní našich dvou tradičních vysokých škol, univerzity a techniky, jako fakulta fyzikálně inženýrského charakteru.

V padesátých létech se na fakultě studovaly především jaderné obory – jaderná fyzika, jaderná chemie a jaderné inženýrství, v šedesátých létech byla nabídka přednášených oblastí rozšířena o fyziku pevných látek, fyzikální elektroniku a materiálové inženýrství. Zaměření fakulty se také začalo rozšiřovat o nové fyzikální aplikace, např. o fyziku plazmatu, lasery, kosmický výzkum, atd.

Postupně rostl zájem o matematické aplikace, což v sedmdesátých letech vedlo k založení nového oboru - matematického inženýrství. Poslední desetiletí je potom charakteristické nástupem zájmu o nejrůznější partie informatiky (nový obor inženýrská informatika) a prudkým zvyšováním množství aplikací do zdánlivě vzdálených oblastí (medicína, ekologie, ekonomie, architektura, apod.).

Díky své struktuře, velikosti i personálnímu obsazení dokázala FJFI v průběhu let pružně reagovat na rozvoj vědy, technologií i měnící se požadavky praxe zřizováním nových studijních oborů a zaměření.

Fakulta se postupně stala významným pedagogickým a vědeckým pracovištěm s velmi širokým rozsahem aktivit v oblasti inženýrských aplikací přírodních věd. Je proto jen přirozené, že se při volbě názvu studijního programu, který je na fakultě akreditován, dospělo k názvu Aplikace přírodních věd. Na druhé straně název fakulty zůstává beze změny, přestože již plně nevystihuje zmíněnou širokou paletu různých zaměření. Hlavním důvodem je oprávněná hrdost na trvalou vysokou kvalitu absolventů fakulty, na dobrý zvuk konstatování, že někdo je „jaderňák“. Tradiční název fakulty tak představuje něco jako ochrannou známku.

Fakulta poskytuje vysokoškolské vzdělání formou řádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium - titul bakalář, navazující magisterské studium - titul inženýr). Standardní délka studia je 3 roky v bakalářském programu a 3 roky v navazujícím magisterském programu. Při splnění určitých podmínek je možno absolvovat bakalářský + navazující magisterský program během pěti let. Navazující magisterský program mohou studovat i bakaláři z jiných škol. Kreditní systém umožňuje absolvovat studijní programy i za delší dobu než standardní délka. Hlavními formami studia jsou přednášky, cvičení (seminární, laboratorní), odborné praxe a konzultace. Studium končí státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové (závěrečné) práce. Tato práce má tvůrčí

charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe.

Fakulta dále organizuje doktorské studium (tříleté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků.

Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecko-výzkumná práce. Mezi vědeckou a pedagogickou prací je úzká vazba: přímé zapojení studentů do řešení vědeckých-výzkumných programů a příprava na moderní kolektivní formy vědecké práce dává výuce unikátní rozměr.

Výzkum (a výuka) na fakultě v současné době tématicky pokrývá aplikované jaderné inženýrství (reaktorová fyzika a technika; dozimetrie, radiační fyzika, ochrana a bezpečnost; jaderná chemie), moderní technologické aplikace fyziky (kvantová elektronika a laserové techniky, pevnolátkový a materiálový výzkum) a rychle se rozvíjející oblast matematiky a softwarového inženýrství. Pro fakultu jsou typické interdisciplinární aplikace v ekologii, medicíně, ekonomii, archeologii a v mnoha dalších oborech.

Řešení výzkumných projektů probíhá ve spolupráci s předními domácími i zahraničními pracovišti. Fakulta spolupracuje s více než padesáti zahraničními univerzitami (např. Université de Montréal, Université de Paris, aj.) a vědeckými institucemi z více než dvaceti zemí celého světa a mezinárodními organizacemi typu CERN, ÚJV Dubna apod. Na mnoha těchto aktivitách se podílejí i studenti, a to jak v rámci různých studijních pobytů, tak i při řešení vědeckých projektů.

FJFI disponuje několika unikátními výzkumnými zařízeními – např. školním jaderným reaktorem VR-1, řádkovacími elektronovými mikroskopy, vysokovýkonnými laserovými systémy, speciálními počítačovými laboratořemi, laserovou družicovou zaměřovací základnou v Helwanu (Egypt), apod.

Již řadu let na fakultě působí Studentská unie při FJFI ČVUT. Jedná se o neziskovou organizaci, jejímž cílem je rozvoj studentských aktivit na FJFI. Snaží se především starat o kolegy studenty – organizuje celoškolní anketu týkající se kvality jednotlivých vyučovaných předmětů, spolupracuje na propagaci fakulty a aktivně se podílí na komunikaci studentů s pedagogy. Pro studenty prvního ročníku vydává “Jaderňáckého průvodce po fakultě a okolí”, jenž jim pomáhá v orientaci v novém prostředí. Každoročně také pořádá letní studentskou konferenci TCN. Do vysokoškolského studia se však především snaží vnést i trochu neformálnosti a zábavy. Jmenujme například neoficiální vítací akci pro začínající studenty s názvem “Bažantrikulace” či “Všejadernou fúzi” - sešlost všech bývalých, současných i budoucích “jaderňáků” (ples, jehož součástí je však také amatérské divadelní představení v podání studentů fakulty či soutěž pro všechny účastníky). FJFI vnímá aktivity Studentské unie jako významnou součást své činnosti a snaží se je podporovat.