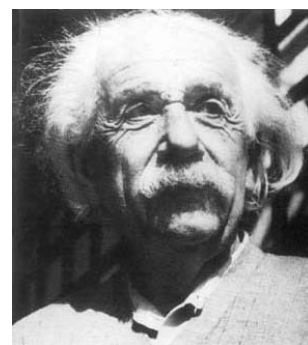


Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2005

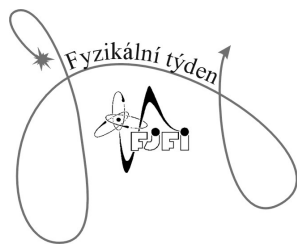
Fyzikální týden

Sborník příspěvků

19.-23.červen 2005



”Nejkrásnější, co můžeme prožívat, je tajemno. To je základní pocit, který stojí u kolébky pravého umění a vědy..” *Albert Einstein*
(100 let speciální teorie relativity)

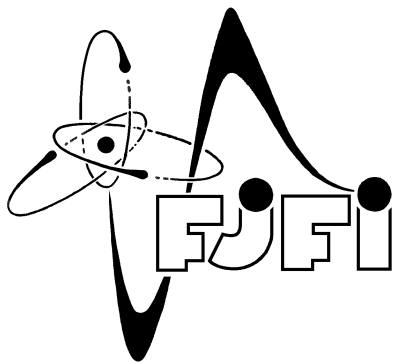


Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2005

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



Slovo úvodem (tradičně stejné)

Už sedmým rokem pořádáme na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT Fyzikální týden, který vznikl z našich dlouhodobějších úvah o podchycení zájmu mladých lidí o fyziku. Od svého prvního ročníku v roce 1999 se jak kvalitativně, tak kvantitativně posunul. V letošním roce byl pořádán pro 159 studentů, kteří zkusili své síly v 44 miniprojektech, měli možnost navštívit 12 vědeckých pracovišť a navíc mohli večer strávit v Planetáriu, Štefánikově hvězdárně či na Křížíkově fontáně. Oproti minulým létům se úspěšně začíná prosazovat nedělní set populárních přednášek. Letos se znovu pokusíme několik vybraných příspěvků vydat v Matematicko fyzikálních rozhledech, čímž by účastníci získali možnost zápisu první vážné publikace do svého badatelského životopisu.

Fyzikální týden je určen fyzikálně nadaným a motivovaným studentům, kteří uvažují o studiu na přírodovědných oborech vysokých škol. Hlavní náplní je seznámení s formou vědecké komunikace, demonstrace vybraných fyzikálních jevů pro hlubší pochopení teoreticky vykládané látky a seznámení s některými tématy vrcholného výzkumu v České republice.

Letos byl FT poznamenán neúčastí hlavní tradiční organizátorky Marie Svobodové, která vyměnila FT za státnicové zkoušky. Přejeme jí jejich úspěšné složení. Rád bych zde poděkoval všem supervisorům úloh, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře vedení fakulty a katedry. Nemohu zde zapomenout na samotné účastníky, kteří zde svým zaujetím vytvořili opět opět výbornou badatelskou atmosféru.

14. června 2006

Vojtěch Svoboda

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní FT.

Očekávání:

- bude tu sranda
- obhlédneme situaci
- poznat nové lidi
- najdeme školu, kde vše funguje
- najdeme fyzika s mozkiem
- moc se nevyspíme
- poznáme nové MF slečny
- že pochopíme nové věci
- že zde jsme konečně naposled
- že se po nás nebude nic chtít

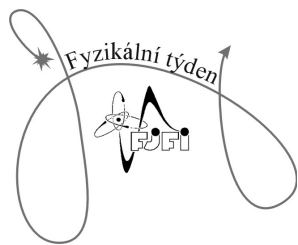
Obavy:

- že se staneme prapodivnými fyziky
- že rozbijeme exotické přístroje
- že vyhodíme pojistky
- že budou něco chtít
- že nebudou nic chtít
- že 4 supervisorů u miniprojektu
- že nevstaneme
- že to nestihneme ve čtvrtek na 7.45
- že nic nepochopíme
- že najdeme levné hospody
- že nebude od koho opisovat
- že jsme tu naposledy

Obsah

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Fyzikálního týdne 2005	8
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů	9
Příspěvky	13
e/m - měření měrného náboje elektronu (Antonín Zoubek, Ondřej Pokorný, Petr Dvořák, Martin Švarc)	13
Dopplerův jev + vzduchová dráha (Zbyněk Hájek, Martin Pleva, Roman Heidler, Vojtěch Zápotocký)	17
Franck-Hertzův pokus (Lukáš Bandas, Tomáš Žák, Lucie Augustovičová, Jan Havlík)	21
Millikanův pokus (Jakub Křižan, Jana Przeczková, Jiří Bastl, Michal Janoušek)	25
Mikrovlny (Beata Garšicová, Martin Klicpera, Jan Mucha, Marek Běl)	28
Spektrometrie záření gama (Vojtěch Kudela, Klára Mitošinková, Vojtěch Trefný, Pavel Linhart, Tereza Kulatá)	31
Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech (Martin Lovecký, Martin Tomek, Miroslav Graf, Václav Šámal)	34
Základní experimenty s lasery (Michal Křen, Martin Hlaváč, Jana Veselá, Vít Hybner)	38
Měření rychlosti světla (Ivo Burian, Václav Blechta, Pavel Raiskup, René Labounek)	41
Balmerova série vodíku (Lenka Pöslová, Eva Bartáková, Lukáš Malina, Adam Fadrhonic)	45
Palivový článok (Petr Musil, Ondřej Holčapek, Vojtěch Koudelka, Tomáš Vlček)	53
Numerické modelování fyzikálních dějů. (Martin Štrof, Vojtěch Procházka, Jindřich Soukup)	56
Plynová chromatografie (Radim Špetlík, Tomáš Hejda)	59
Atomová absorpční spektroskopie (Václav Houska, Vítězslav Jarý)	63
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (Pavel Solný, Aleš Bárek, Petr Fojtu, Josef Navrátil)	66
Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů (Aleš Podolník, Gabriela Malenová, Vlastimil Košar, Tereza Jeřábková)	70
Poškození DNA vlivem ionizujícího záření (Martina Černá, Lucie Coufalová, David Paulů, Zdenka Ryšavá)	76
Měření krátkých časových intervalů s pikosekundovým rozlišením (Jan Pavelka)	79
Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo ? (Martina Patzelová, Eva Svobodová, Daniela Šollerová)	82
Detekce jednotlivých fotonů - laserem buzená fluorescence (Michal Bezvoda, Martin Veselý, Tomáš Javůrek, Michal Janáček)	86
Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic (David Majerčík, Ondřej Šenk, Tomáš Kocich, Petr Vondráček)	89
Počítačové zobrazování fraktálních množin (Eva Viktorinová, Petr Kratochvíl, Stanislav Pikula, Ondřej Červený)	92

LINUX Lab (Petr Kříž, Jiří Zajíc, Zdeněk Tegi, Jan Medřický)	96
Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek. (Alena Salašová, Kateřina Tichá, Eva Filipinská, Jaroslava Fojtíková)	99
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I (Alena Peterová, Petr Polák, Jiří Novák)	104
Řízení polohy mikroprocesorem (Vojtěch Oram, Daniel Beneš, Tomáš Kotula, Pavel Mičulka)	107
Algoritmy pro počítačovou grafiku (Honza Seifrt, Jiří Zapletal, Dušan Renát, Pavel Palát)	109
Spektrometrie gama záření a rentgen-fluorescenční analýza (Tereza Ježková, Jan Zugárek, Jakub Kákona, Barbora Kaufmanová)	113
Numerické modelování proudění mělké vody (Roman Smrž, Zdeněk Bělehrádek, Pavel Paták)	117
Numerické modelování dynamiky plynů (Martin Franěk, Petr Kus, Michal Šiška, Viktor Valenta)	121
Vliv stínění na dávku v oční čočce při brachyterapii (Alena Sejkorová, Barbora Slunečková, Ondřej Hýl, Petra Malá)	125
Je životní prostředí kolem JE Temelín kontaminované umělými radionuklidy? (Tomáš Princ, Barbora Dykastová, Jan Stránský, Ondřej Hráský)	127
Co dýcháme? Prvkové složení respirabilního aerosolu (Markéta Mervartová, Michal Kvapil)	131
Jsou pro nás rentgenová vyšetření nebezpečná? (Ondřej Ševela, Kristýna Melichárková, David Nešpor, Milan Klicpera)	135
Odvod tepla z palivového článku v jaderném reaktoru (Petr Loutocký, Michal Procházka)	139
Teorie čísel a šifrování (Tomáš Cícha, Mája Kolovratníková, Jan Černý, Petr Čerovský)	142
Měření transmise laserových a optických materiálů (Jaroslav Rada, Martin Paták, Karel Vostruha, Martin Plajner)	146
Od difrakce a interference světla k holografii a difraktivní optice (Michal Vahala, Jiří Daněk, Petr Bastl)	150
Neutronová aktivační analýza - biologické a geologické vzorky (Aleš Wodecki, Richard Řezníček)	153
Metody strojového učení (Jan Novotný, Jan Mayer, Michal Hynčica, Martin Feigl)	157
Provázání ve fyzice (Jan Cabrnach, Martina Štollová, Jana Poledníková, Michal Mareček)	161
Holografická paměť v reálném čase (Filip Řepka, Zuzana Prokopová, Tereza Liepoldová, Petr Bludský)	165
Nahodně chození (Tomáš Jakoubek, Tomáš Kolín, Martin Štrympl, Slavomír Kučera)	169
Simulace socio-ekonomických systémů (Petr Dluhoš, Helena Fartáková, Richard Gracla)	172



Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2005

Program Fyzikálního týdne 2005

- **Neděle**

9.00-11.00 Presentace, registrace

11.00-12.30 Úvod (o vědecké komunikaci)

13.30-14.15 Organizace FT

14.30-16.00 Populární přednášky

16.00 - Ubytování

- **Pondělí**

9-16.30 Práce na miniprojektech (seznámení, řešení, příprava, realizace)

17.00-18.00 Jak prezentovat I

- **Úterý**

celý den Práce na miniprojektech (realizace, příprava prezentace a sborníkového příspěvku)

20.00 Deadline pro upload příspěvků

- **Středa**

dopoledne Exkurze

14.30-15.30 Jak prezentovat II

16.00-17.30 Populární přednáška : Doc. Ing. Ivan Štoll, CSc. - Světový rok fyziky, 100 let speciální teorie relativity

- **Čtvrtek**

8.00-9.30 Presentace miniprojektů I

10.00-11.30 Presentace miniprojektů II

12.30-14.00 Presentace miniprojektů III

14.00 Závěr

14.30 Zakončení

Exkurze

- Ústav jaderného výzkumu Řež u Prahy
- Fyzikální ústav "Na Slovance"
- Fyzikální ústav "Cukrovarnická"
- Leksellův gamma nůž
- Oddělení radioterapie Nemocnice v Motole
- Školní reaktor VR-1 Vrabec FJFI ČVUT
- Tokamak CASTOR
- Prague Asterix Laser System
- Astronomický ústav AV ČR Ondřejov
- Technické muzeum Praha
- Ústav fyziky atmosféry
- Ústav fyzikální chemie

Přednášky

- Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.: Úvod do chaotické dynamiky.
- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Radiační chemie
- Prof. Ing. Ladislav Drška, CSc: Lasery, jádra, počítače
- Prof. Ing. Ivan Procházka, DrSc: Laserové měření vzdáleností v kosmu
- RNDr. Zdeněk TOMIAK: Proč mají polovodiče polovodivé vlastnosti.
- Doc. Ing. Edita Pelantová, CSc.: Neřešené problémy teorie čísel
- Prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.: Radioaktivita v životním prostředí
- Mgr. Jaroslav Bouda: Jaderná energie v životě člověka

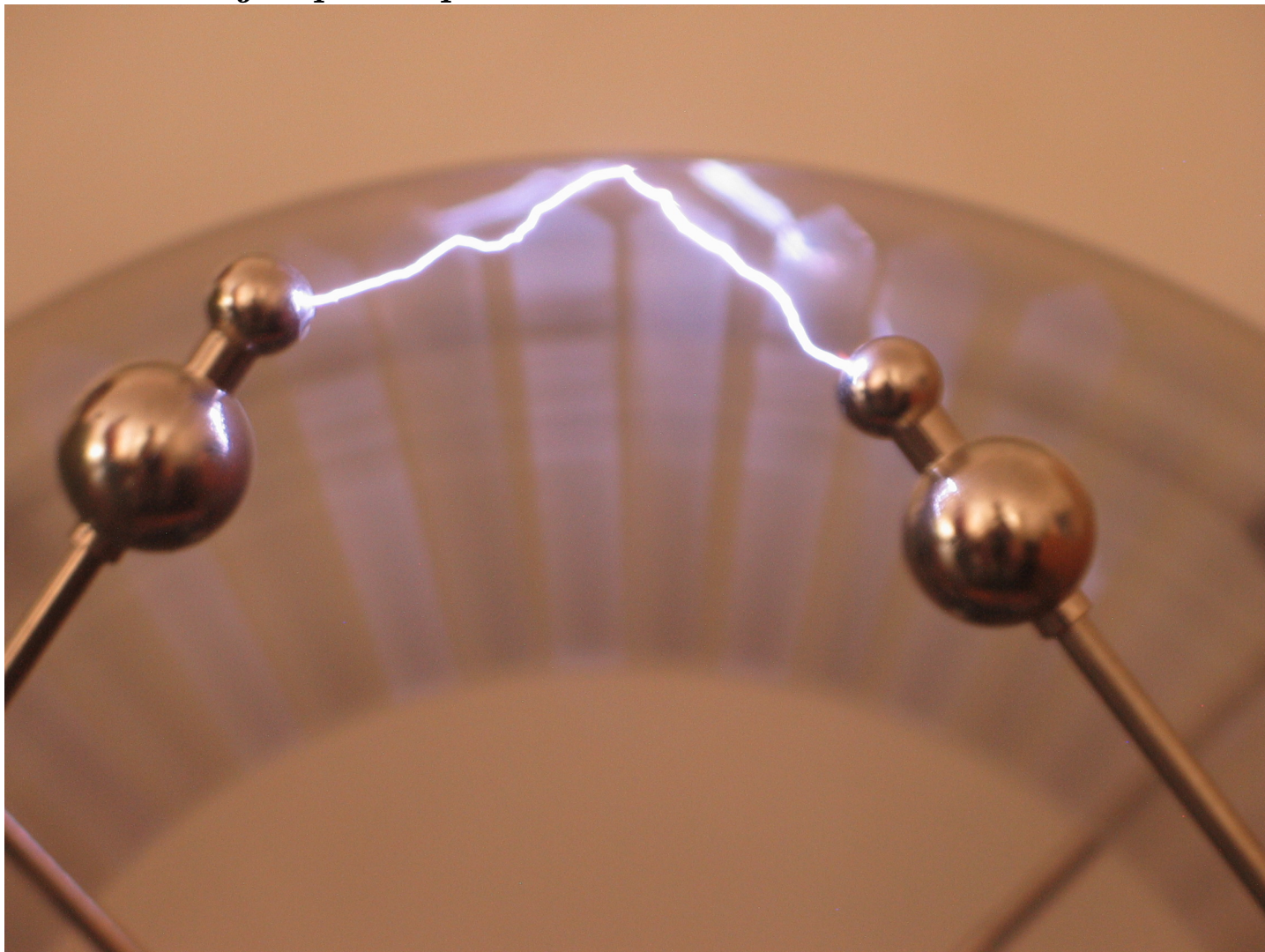
Miniprojekty

- e/m - měření měrného náboje elektronu
- Dopplerův jev + vzduchová dráha

- Franck-Hertzův pokus
- Millikanův pokus
- Mikrovlny
- Spektrometrie záření gama
- Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech
- Základní experimenty s lasery
- Měření rychlosti světla
- Balmerova série vodíku
- Palivový článek
- Numerické modelování fyzikálních dějů.
- Plynová chromatografie
- Atomová absorpční spektroskopie
- Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- Poškození DNA vlivem ionizujícího záření
- Měření krátkých časových intervalů s pikosekundovým rozlišením
- Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo ?
- Detekce jednotlivých fotonů - laserem buzená fluorescence
- Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic
- Počítačové zobrazování fraktálních množin
- LINUX Lab
- Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek.
- Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
- Řízení polohy mikroprocesorem
- Algoritmy pro počítačovou grafiku

- Spektrometrie gama záření a rentgen-fluorescenční analýza
- Numerické modelování proudění mělké vody
- Numerické modelování dynamiky plynů
- Vliv stínění na dávku v oční čočce při brachyterapii
- Je životní prostředí kolem JE Temelín kontaminované umělými radionuklidy?
- Co dýcháme? Prvkové složení respirabilního aerosolu
- Jsou pro nás rentgenová vyšetření nebezpečná?
- Odvod tepla z palivového článku v jaderném reaktoru
- Teorie čísel a šifrování
- Měření transmise laserových a optických materiálů
- Od difrakce a interference světla k holografii a difraktivní optice
- Neutronová aktivizační analýza - biologické a geologické vzorky
- Metody strojového učení
- Provázání ve fyzice
- Holografická paměť v reálném čase
- Nahodné chození
- Simulace socio-ekonomických systémů

Letošní FT je opět doprovázen CD.



Měření měrného náboje elektronu e/m_e

P. Dvořák, SPŠ Jihlava, bezmozku@seznam.cz

O. Pokorný, Gymn. Gmünd, pokorny@phpEditorIDE.net

M. Švarc, VOŠ a SPŠ Varnsdorf, uncle.sam@seznam.cz

A. Zoubek, Gymn. prof. Jana Patočky, antonin.zoubek@t-email.cz

Abstrakt

Měrný náboj elektronu e/m_e je poměr náboje elektronu vůči jeho hmotnosti. Vědecky zjištěná velikost této konstanty je $e/m_e = 1,758796 \cdot 10^{11}$ C/kg. Náš úkol byl hodnotu této fundamentální fyzikální veličiny experimentálně dokázat, což se nám aritmetickým průměrem $e/m_e = 1,75636 \cdot 10^{11}$ C/kg naměřených hodnot podařilo.

1 Úvod

Všechny metody na určení náboje (popř. hmotnosti) elektronu jsou založeny na způsobu jeho pohybu v elektrickém nebo magnetickém poli.

Jeden z jednodušších pokusů spočívá na vychýlení dráhy elektronů do kružnice v kolmém magnetickém poli.

Náš úkol byl změřit průměr této kružnice za různých podmínek a na základě nastavených hodnot poměr e/m_e experimentálně spočítat.

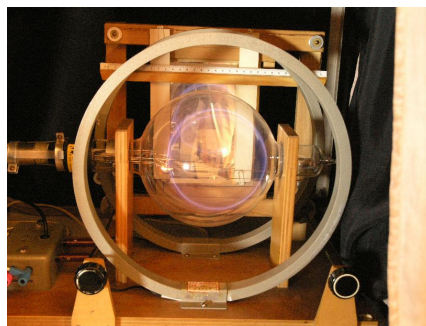
2 Náš pokus

2.1 Materiály a metody

Hlavní částí aparatury jsou katodová trubice a dvě Helmholtzovy cívky, které v ní tvoří homogenní magnetické pole. V trubici se z elektronového děla emitují elektrony, které se mezi jeho katodou a anodou zrychlí na přibližně konstantní rychlost.

V působícím kolmém magnetickém poli jsou elektrony Lorentzovou silou vychýleny ze své dráhy, a když platí, že dostředivá síla F_d je rovna síle Lorentzově F_L , tak dráhou je kružnice.

Celou aparaturu napájí tři zdroje. Nejsilnější zdroj (100–200 V) je připojen na elektronové dělo, druhý zdroj (0–6 A) napájí Helmholtzovy cívky. Napětí na elektronovém dělu a proud na cívkách jsme v průběhu pokusu měnili tak, abychom zamezili narůstajícím chybám. Třetí zdroj



je zodpovědný za zahřátí katody elektronového děla na provozní teplotu.

2.2 Trocha teorie

Elektrony vystřelované rozžhavenou katodou elektronového děla mají velmi malou kinetickou energii a jsou zrychleny z největší části konstantním elektrickým polem mezi katodou a anodou děla.

Pro napětí $U \approx 150$ V můžeme zanedbat speciální teorii relativity a pro kinetickou energii elektronů platí nerelativistický vztah

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \quad (1)$$

kde m je hmotnost, v rychlost a e náboj elektronu.

Nás ale zajímá rychlost vystřelovaných elektronů. Tu získáme z rovnice (1)

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad (2)$$

Touto rychlostí vylétují elektrony z děla do homogenního magnetického pole, kde na ně působí Lorentzova síla $\vec{F}_L = e(\vec{v} \times \vec{B})$, která je rovna síle dostředivé. Vektor rychlosti $\vec{v}$ a vektor magnetického pole $\vec{B}$ jsou na sebe kolmé a tak platí, že $F_L = e(vB)$.

$$\frac{mv^2}{r} = evB \quad (3)$$

$$\frac{mv}{r} = eB \quad (4)$$

kde r je poloměr kružnice, který pro dané hodnoty změříme.

Je vidět, že ve vztahu (4) jsou *prakticky* dvě neznámé. Jednak hmotnost elektronu m a také jeho náboj e . Právě proto se vždy uvádí poměr náboje elektronu k jeho hmotnosti. Tento vztah získáme dosazením rychlosti v z rovnice (2) do rovnice dostředivé síly (4)

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2} \quad (5)$$

Magnetické pole je tvořeno dvěma Helmholtzovými cívkami. Jeho sílu ve středu souměrnosti cívek spočítáme podle vztahu o indukci

$$B = \mu_0 \frac{NR^2}{(R^2 + a^2)^{3/2}} I \quad (6)$$

$$B = kI \quad (7)$$

kde μ_0 je tzv. permeabilita vakua, a polovina vzdálenosti cívek, R poloměr a N počet závitů každé cívky.

Toto sice platí jen pro centrum cívek, ale pokud je vzdálenost cívek ($2a$) přibližně rovna poloměru cívek R , pak rovnice (7) platí s dostatečnou přesností pro blízké okolí středu. Použité Helmholtzovy cívky měly konstantu $k = 0,781 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot \text{A}^{-1}$.

Vztah (7) dosadíme do rovnice (5) a získáme konečný vzorec pro měrný náboj elektronu e/m_e .

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 k^2 I^2} \quad (8)$$

Proud I , který se pouští do cívek, a napětí U , které je na elektronovém dělu, jsme v průběhu pokusu měnili. Průměr $2r$ kružnice opisované elektronovým svazkem se změřil na zrcadlovém měřítku.

2.3 Výsledky

Naši skupinu jsme rozdělili na dvě nezávislé dvojice, které paralelně prováděly měření, aby se chyba lidského faktoru co nejvíce eliminovala. Druhý den ráno jsme pokus provedli ještě jednou se stejnými počátečními hodnotami. Tak vznikly tři sady výsledků, které se statisticky velmi dobře porovnávají.

Tabulka 1: Výsledky měření

	U [V]	I [A]	r [cm]	e/m_e [10^4 C/kg]		
				1. měření	2. měření	3. měření
1.	160	1	10,9	17662611,07	17991210,75	17342932,41
2.	170	1,1	10,3	17369088,22	17369088,22	16874032,82
3.	180	1,2	9,7	17424264,85	17789161,02	16966446,68
4.	100	1,1	7,9	17367942,25	17589894,53	18140262,24
5.	120	0,75	12,75	17211799,13	17484998,02	18051277,21
6.	140	0,8	12,85	17375196,53	17788058,09	18071528,65
7.	150	1,05	10,15	17320821,88	17844343,72	17844343,72
8.	130	1,25	7,8	17935853,18	17484654,82	17050270,43
9.	110	1	9,05	17615032,39	17421992,39	17811298,64
10.	200	1,3	9,5	17198239,78	17566106,16	17945902,88
Aritmetický průměr				17448084,93	17632950,77	17609829,57
Aritmetický průměr ze všech měření				17563621,76		

1. a 2. měření jsou z odpoledne prvního dne, 3. je měření z dopoledne dne druhého

2.4 Interpretace výsledků a diskuse

Největším problémem měření se ukázalo být přesné odečtení průměru kružnice elektronů. Měřicí štítky byly nejdříve špatně nastaveny a i po úpravě se mohl průměr lišit až o 2–3 mm, což je pro přesné určení elektrického náboje nedostatečné. Naopak s elektrickými měrnými přístroji a transformátory se velmi dobře a jednoduše pracovalo.

K systémovým chybám můžeme uvést přibližnou homogenitu magnetického pole tvořeného Helmholtzovými cívkami a také přibližně konstantní rychlost elektronů vypálených elektronovým dělem. Při vyšších rychlostech elektronů by se taky měla vzít v úvahu speciální teorie relativity.

Je pozoruhodné, že druhý den po ránu, když jsme neměli oči unavené, byl rozptyl jednotlivých měření větší než předešlý den, i když výsledná statistika vykazovala přesnější výsledek.

3 Shrnutí

Výsledný průměr z druhého dne byl skutečné hodnotě už velmi blízko. Celkový průměr ze všech měření s hodnotou $e/m_e = 1,75636 \cdot 10^{11}$ C/kg byl pak ještě přesnější. To odpovídá odchylce 0,2 % od tabulkové hodnoty. Můžeme říct, že i když jsme při jednotlivých měřeních skutečné hodnoty téměř nikdy nedosáhli, v celkovém statistickém průměru se nám měrný elektrický náboj podařilo poměrně přesně experimentálně určit.

Poděkování

Děkujeme všem organizátorům fyzikálního týdne, hlavně panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc, který ho celý organizoval, a našemu osobnímu supervisoru Dr. Ing. Pavlu Soldánovi a všem profesorům, kteří nám připravili poutavé přednášky.

Reference

- [1] FJFI ČVUT. *Skriptum “Měření měrného náboje elektronu”*. 2005.
- [2] F. Slovák, M. Zeman, O. Sehnal, R. Gracla. *Projekt “Měření měrného náboje elektronu”*. 2003.
- [3] J. Cabrnach, M. Holeček, J. Jílek, R. Řezníček. *Projekt “Měření měrného náboje elektronu”*. 2004.

Dopplerův jev + Vzduchová dráha

Zbyněk Hájek, gymn. Jeseník; -
Roman Heidler, VOŠ a SPŠ Varnsdorf; r.heidler@seznam.cz
Martin Pleva, gymn. Brno, Vídeňská; xplevam@seznam.cz
Vojtěch Zápotocký, gymn. VBT Slaný; vicont@centrum.cz

1. Dopplerův jev (Dopplerův efekt):

Abstrakt:

Pokus byl zaměřen na ověření Dopplerova jevu, tedy změnu frekvence přijímače vůči frekvenci vysílače, v našem případě v závislosti na pohybu přijímače vůči vysílači.

Pokus byl proveden v laboratorních podmínkách pomocí ultrazvukového zdroje vlnění. Měřili jsme změny frekvence vzniklé Dopplerovým jevem v závislosti na různých rychlostech pohybu přijímače.

1 Úvod

Rakušan Johan Christian Doppler (1803 až 1854) objevil tento jev v roce 1842. Jev poukazuje na změnu frekvence vlnění (v závislosti na vzájemném pohybu vysílače a přijímače). Cílem našeho pokusu bylo změřit změny frekvence ultrazvuku v závislosti na rychlosti přijímače vůči vysílači a potvrdit platnost Dopplerova zákona.

2 Popis pokusu

- Metody a postup pokusu

Pokus proběhl v laboratorních podmínkách (v laboratoři FJFI). Pro pohyb přijímače vůči zdroji vlnění byl použit elektricky poháněný vozík, nosič přijímače. Pro zachování trajektorie a rychlosti se vozík pohyboval po kolejnici. Výpočet rychlosti vozíku jsme

provedli podle vzorce $v = \frac{s}{t}$. Čas byl naměřen pomocí infračervených čidel. K reprodukci

vlnění byl použit oscilátor s vysílačem (frekvence 40 kHz). Vlnění přijímané přijímačem bylo sledováno pomocí digitálního osciloskopu. Interferencí obou vlnění vznikaly rázy, neboť obě měřené frekvence měly velmi blízké hodnoty. Provedeno bylo pouze měření frekvence při vzdalování přijímače od vysílače a to třikrát, v závislosti na třech různých rychlostech přijímače.

Podařilo se nám naměřit frekvence přijímané přijímačem v závislosti na rychlosti přijímače.

Pomocí digitálního osciloskopu jsme získali hodnoty frekvence rázů f_0 vzniklé složením vlnění zdroje o frekvenci f_1 a vlnění přijímané přijímačem o frekvenci f_2 . Frekvenci f_0 jsme snadno získali ze vzorce $f = \frac{1}{T}$, kde jsme T (periodu vlnění) odečetli z osciloskopu.

Pro výpočet f_2 jsme použili vzorec $f_0 = \frac{1}{2} \cdot (f_1 + f_2)$ upraveného na tvar $f_2 = f_1 + 2 \cdot f_3$.

- **Výsledky**

Měření bylo provedeno třikrát s různou rychlostí vzdalování přijímače od zdroje. Měření jsou postupně označeny A , B , C . Z měření vyplývá, že rozdíl frekvencí f_1 a f_2 označený Δf roste s rychlostí přijímače v .

Označení měření	Δf (Hz)	v (m/s)
A	32,24856	0,25266024
B	21,58129	0,16736936
C	12,91732	0,10106896

- Měření bylo ovlivněno odchylkami vznikajícími vlivem krátkého dosahu vysílače.

3 Shrnutí

Vzdor malým hodnotám se nám podařilo ověřit závislost velikosti rozdílu frekvencí na rychlosti přijímače vůči vysílači a tím i pravdivost Dopplerova jevu.

Reference:

- [1] Neznámá: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*, Fragment
- [2] Neznámá: *Kmitání a vlnění*, Prometheus, 1-250
- [3] http://vedci.wz.cz/Osobnosti/Doppler_Ch.htm

2. Vzduchová dráha

Abstrakt:

Úkolem bylo dokázat platnost zákona zachování energie pomocí nakloněné roviny, dokázat platnost 1. a 2. Newtonova zákona, to vše s pomocí vzduchové dráhy.

Zákon zachování energie jsme dokazovali pomocí přeměny kinetické a potenciální energie vozíku, přičemž celková mechanická energie zůstávala při jednom běhu mezi mezími polohami konstantní.

1. a 2. Newtonův zákon jsme dokazovali s pomocí vozíku na vzduchové dráze (vodorovná rovina).

1. Úvod

Cílem pokusu bylo se co nejvíce přiblížit ideální soustavě, kde bez výjimek platí zákon zachování energie.

2. Popis pokusu (zákon zachování energie)

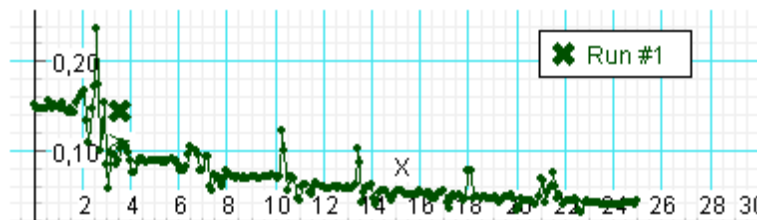
Pokus byl proveden pomocí nakloněné roviny na vzduchové dráze. Vzduchová dráha je zařízení, do kterého se vhání vzduch pod tlakem a tím se snižuje tření vozíku a dráhy na minimum. Vozík o hmotnosti m byl spuštěn z výšky h po vzduchové dráze délky l_0 nakloněné pod úhlem α , urychlován složkou tíhové síly rovnoběžnou s trajektorií vozíku ($F = m \cdot g \cdot \sin \alpha$). Okamžitá poloha vozíku l byla měřena snímacím čidlem od výchozí polohy vozíku. Pomocí tohoto čidla byly zjištěny i hodnoty rychlosti v a zrychlení a vozíku. Potenciální energie vozíku se postupně měnila na kinetickou ($E_p = m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot (l_0 - l) \rightarrow E_k = 0.5 \cdot m \cdot v^2$). Po odrazu na gumičce v dolní části dráhy vozík vykonával pohyb opačný. Celková mechanická energie klesá v důsledku ztráty energie během nedokonalého pružného odrazu na gumičce a vlivem tření.

• Výsledky

Celková mechanická energie se zachovává mezi nárazy o gumičku. Ke ztrátám dochází při srážkách s gumičkou a mírný sklon grafu naznačuje ztráty energie vlivem tření.

Graf celkové mechanické energie je složen z grafů kinetické a potenciální energie, jejichž hodnoty vyplývají z okamžité rychlosti a polohy vozíku.

E(J)

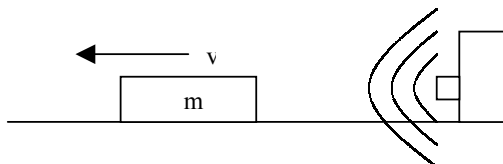


3. Shrnutí

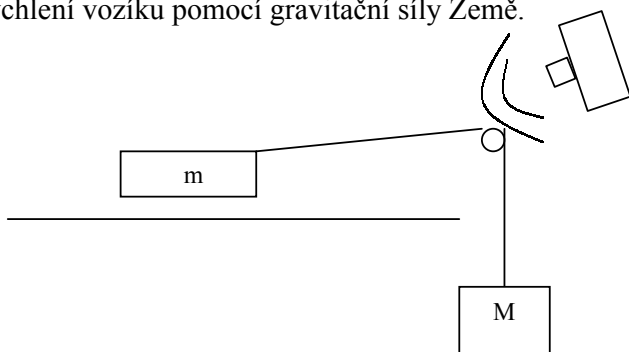
Podařilo se nám dokázat zákon zachování energie, ale vzhledem k nedokonalosti soustavy docházelo k jisté nepřesnosti měření.

2. Popis pokusu (Newtonovy zákony)

1.Newtonův zákon: Pokus byl proveden pomocí vodorovné vzduchové dráhy. Vozík o hmotnosti m byl rozhýbán a následovalo měření polohy a rychlosti (pro kontrolu jsme měřili i zrychlení). Po odrazu na gumičce vykonal vozík pohyb opačný.



2.Newtonův zákon: Na vozík jsme připevnili závaží pomocí provázku a zkoumali jsme zrychlení vozíku pomocí gravitační síly Země.



3. Shrnutí

Dokázali jsme 1. i 2. Newtonův zákon.

1.Newtonův zákon (konstantní rychlost): Každé těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném pohybu není-li vnějšími silami přinuceno svůj stav změnit.

2.Newtonův zákon (lineární zrychlení): Zrychlení tělesa je přímo úměrné síle působící na těleso a nepřímo úměrné jeho hmotnosti.

Reference:

- [1] Neznámé, *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*, Fragment
- [2] Neznámé, *MECHANIKA, PROMETHEUS*, 140-145

Franck-Hertzův experiment

L. Augustovičová, Gymnázium Jírovcova, santpaulia@seznam.cz

L. Bandas, Gymnázium Podbořany, bandaslukas@seznam.cz

J. Havlík, Gymnázium Znojmo, jan@havlik.cz

T. Žák, Gymnázium Prostějov, ceremis@centrum.cz

Abstrakt

Potvrzení Bohrova předpokladu kvantování energie bylo počátkem 20. století pro fyziky tvrdým oříškem. Cíl našeho projektu spočíval v experimentálním ověření kvantování energie v souladu s Bohrovým modelem atomu z roku 1913. Nespektroskopicky toho lze dosáhnout provedením Franck-Hertzova pokusu. Naše výsledky by měly korespondovat s předpokládanými hodnotami již v minulosti provedeného experimentu.

1 Úvod

V roce 1911 Ernest Rutherford na základě experimentů s ostřelováním zlaté folie α částicemi objevil kladně nabitě jádro a nebylo obtížné vytvořit planetární model atomu. Podle klasické fyziky by měl elektron, obíhající kolem jádra, vlivem dostředivého zrychlení po určité době vyžářit veškerou svoji energii v podobě spojitého spektra elektromagnetického vlnění. Jeho „trajektorie“ by tak měla charakter spirály. (De Broglie svou dualistickou teorií vytvořil až o 10 let později, tudíž mohl Rutherford elektronu přisuzovat pouze korpuskulární charakter.)

Tomu neodpovídaly poznatky o čárovém charakteru spekter a stabilitě atomu. Teorii pro kvantování energie vytvořil až dánský fyzik Niels Bohr a experimentálně ji ověřili J.Franck a G.Hertz v letech 1913-1914.

Životopisy

Německý fyzik **Gustav Ludwig Hertz** (1887-1975) se stal profesorem na univerzitě v Halle (1925) a na Technische Hochschule v Berlíně (1928). V roce 1932 vymyslel metodu separování izotopů neonu. V letech 1945 až 1954 byl zapojený do výzkumů v Sovětském svazu. Po návratu do východního Německa v roce 1954 se stal profesorem na fyzikálním ústavu v Lipsku, jehož byl do roku 1961 také ředitelem.



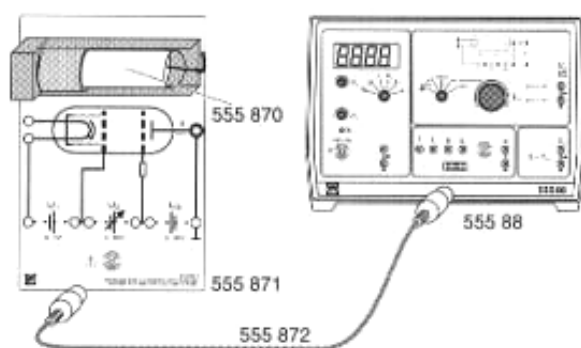
Americký fyzik německého původu **James Franck** (1882-1964) studoval na universitách v Heidelbergu a v Berlíně, kde v roce 1906 získal doktorát. Spolu s Hertzem pracovali na objevech, za které dostali Nobelovu



cenu. Vědci sledovali přeměny energie při srážkách atomů rtuti s elektrony, kterými tyto atomy ostřelovali. Franck byl jmenován profesorem fyziky na univerzitě v Göttingenu v roce 1920. Franck dále zkoumal fotochemii a atomovou fyziku včetně stanovení spektra energie uvolněné při disociaci molekul.

V roce 1925 obdrželi Franck a Hertz Nobelovu cenu za experiment, kterým potvrdili kvantovou teorii a dokázali platnost Bohrova modelu atomu.

2 Základní uspořádání a teorie experimentu



Tělo aparatury je tvořeno tetrodou plněnou neonem. Žhavená katoda emituje elektrony, které jsou urychlovány elektrickým polem ke kladně nabitě mřížce. Narážejí na atomy neonu, jejichž hmotnost je mnohonásobně větší a proto pružnou srážkou neztratí prakticky žádnou energii. Až do doby, kdy kinetická energie elektronů, ovlivněná rozdílem potenciálů elektrického pole mezi elektrodami, nedosáhne mezní

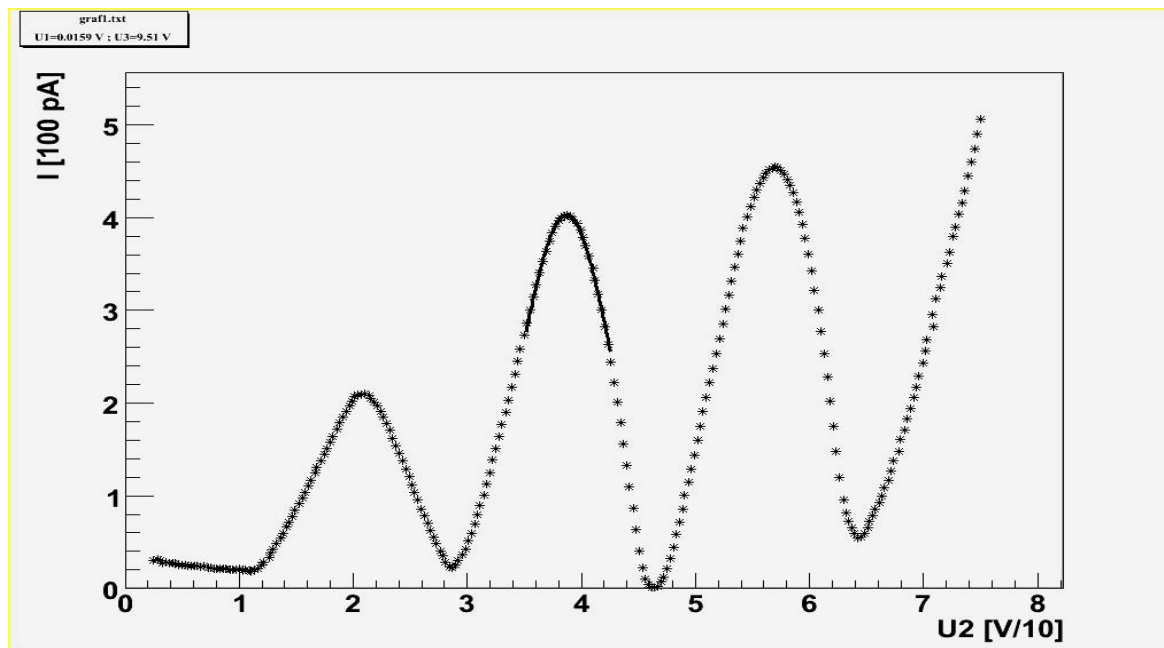
hodnoty. Od tohoto okamžiku nastanou srážky nepružné, to znamená, že elektron ztratí svou energii a předá ji atomu, který tak přejde do stavu s vyšší energetickou hladinou. Takto zpomalený elektron nemá již dostatek energie, aby překonal brzdný potenciál a dostal se až k anodě, což se projeví poklesem proudu, viz graf.

Hodnota energie potřebné k excitaci atomu do prvního excitovaného stavu se pro různé prvky liší. Pro neon přibližně 18,5 eV, pro rtuť 4,9 eV. Původní experimenty byly provedeny s parami rtuti. Její použití má však několik nevýhod. Elektrodu je nutné zahřát na teplotu přibližně 200°C pro vytvoření dostatečné koncentrace jejich par v elektronce. Dalším negativem je, že emise fotonů není pozorovatelná ve viditelné části spektra.

Pokud jsou elektrony urychleny dostatečným napětím, může během jejich letu dojít i k několika srážkám. Počet srážek v závislosti na napětí je patrný na periodické křivce voltampérové charakteristiky. Klasická fyzika by v rozporu s výsledky experimentu očekávala lineární průběh křivky. Bohrova předpověď s naměřenými daty plně koresponduje. Potvrdila se tím její správnost.



3 Výsledky



Voltampérová charakteristika

Nejmenší napětí potřebné k excitaci	1. excitace (V)	2. excitace (V)	3. excitace (V)
1. měření	20.824	38.675	56.778
2. měření	20.785	38.645	56.780
3. měření	20.785	38.700	56.800

Rozdíl energetických hladin v eV (2.e-1.e)	Rozdíl energetických hladin v eV (3.e-2.e)
17.851	18.103
17.860	18.135
17.915	18.100
Průměr	17.994
Odchylka	0.121

Nejmenší napětí nutné pro excitaci atomu do nejbližšího vyššího stavu je zachyceno v tabulce. Tyto hodnoty, nazývané „rezonanční potenciál“, jsou na x-ové souřadnici voltampérové charakteristiky patrné jako lokální maxima křivky. Neostrý pokles proudu je vysvětlen rozdílnou rychlostí emitovaných elektronů.

4 Shrnutí

Námi naměřené hodnoty odpovídají jak teorii, tak výsledkům již dříve provedených experimentů. Společně s měřením prvních excitačních energií byla změřena a vyhodnocena i energie ionizační. Nepřesnosti v naměřených hodnotách jsou dány malou citlivostí měřících přístrojů a vlivem dalších nepříznivých jevů. (viz problematika práce s operačním systémem Windows 98)

Poděkování

Děkujeme za finanční podporu, konzultace, přednášky a ochotu profesorů a asistentů za jimi věnovaný čas a úsilí.

Reference:

- [1] ŠPOLSKIJ, E. V.: *Atomová fyzika* Technicko-vědecké vydavatelství 1952, s. 258-264
- [2] ŠTOLL, I. *Fyzika mikrosvěta pro gymnázia* Prometheus Praha 2002, s. 69-75
- [3] HAKEN, H. – WOLF, H. C.: *The Physics of Atoms and Quanta* Springer 1994, s. 111-114
<http://fyzport.fjfi.cvut.cz/>
http://www.aldebaran.cz/famous/people/Franck_J.html
http://www.aldebaran.cz/famous/people/Hertz_G_L.html

Millikanův experiment

J. Przeczková, Gym. Komenského, Havířov xcrazygirl@seznam.cz

M. Janoušek, GJP Poděbrady terox@seznam.cz

J. Križan, GJW, Prostějov igrman@seznam.cz

J. Bastl, Gym. Vídeňská 47, Brno jiribastl@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho měření je zjistit hodnotu elektrického náboje. K tomu použijeme metodu R.A. Millikana, který využil metodu vstřikování olejových kapiček mezi desky kondenzátoru a za pomoci otáčení polarit, měřil rychlosti jejich „pádu“. Z toho vypočítal velikost elektrického náboje, která je $1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

1 Úvod

Roku 1897 ohromil svět fyziků Joseph John Thomson svým měřením poměru elektrického náboje a hmotnosti částic katodových paprsků. Roku 1900 pak J. Stoney tyto částice nazval elektrony. Nikdo až do roku 1913 však nebyl schopen změřit elementární elektrický náboj. Toto se podařilo až americkému fyzikovi Robertu Andrews Millikanovi (1868-1953). Za pomoci olejových kapiček, které nechal procházet mezi deskami kondenzátoru tuto konstantu zjistil. Díky tomu také roku 1926 získal Nobelovu cenu „za práci o elementárním náboji a o fotoelektrickém jevu“. Millikan přinesl světu mnoho „malých“ objevů, které my již dnes považujeme za samozřejmost.

2 Určení náboje kapičky

Teoretická příprava

Na kapičku oleje, kterou vpustíme mezi desky kondenzátoru, které ještě nejsou připojeny ke zdroji elektrického napětí, působí tíhová síla (kapička klesá rychlostí v_g)

$$F_G = m \cdot g \quad (1)$$

, kde m je hmotnost kapičky oleje, proti pohybu působí síla vztlaková

$$F_{VZ} = m_{VZ} \cdot g \quad (2)$$

, kde m_{VZ} je hmotnost vzduchu o stejném objemu, který by zabírala kapička, a Stokesova odporová síla

$$F_{od} = 6\pi\eta r v_g \quad (3)$$

, kde η je dynamická viskozita vzduchu a r je poloměr kapičky.

Po umístění kapičky do elektrického pole na ni působí ještě síla elektrická

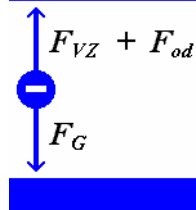
$$F_E = q \cdot E = q \cdot U/d \quad (4)$$

Pád záporně nabitě kapičky je dán její tíhovou silou, která je kompenzována vztlakovou a Stokesovou silou

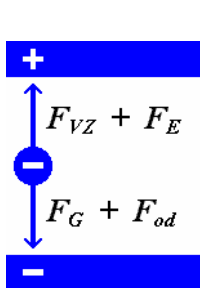
$$F_G - F_{VZ} - F_{od} = 0 \quad (5)$$

Dosadíme ze vztahů (1), (2), (3) a hmotnosti vyjádříme ze vztahů pro objem a hustotu

$$m = \rho_{Ol} \cdot V, \quad m_{VZ} = \rho_{VZ} \cdot V \text{ a vyjádříme poloměr } r. \quad (6), (7)$$



$$r = 3 \cdot \sqrt{\frac{\eta \cdot v_g}{2 \cdot g \cdot (\rho_{Ol} - \rho_{VZ})}}$$



(8)

Po zavedení kapičky do elektrického pole se začne pohybovat v opačném směru rychlostí v_z

$$F_G + F_{od} - F_{VZ} - F_E = 0$$

(9)

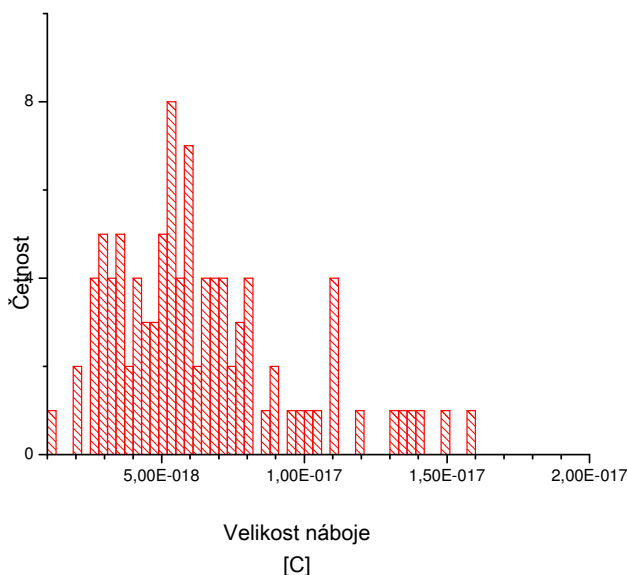
Vztahy (5) a (9) dáme do rovnosti, kde u (5) je $F_{od} = 6\pi\eta r v_g$ a u (9) je $F_{od} = 6\pi\eta r v_E$, z toho poté vyjádříme q a za r dosadíme z (8).

Vztah pro elementární elektrický náboj pak je:

$$q = \frac{9\eta\pi d \sqrt{2}}{U} \sqrt{\frac{\eta v_g}{(\rho_{ol} - \rho_{vz}) \cdot g}} \cdot (v_g + v_e)$$

Měření

Měření jsme provedli pro 100 kapiček.



Tento graf znázorňuje výsledek naší práce. Nejčastěji naměřená hodnota byla v rozmezí $3,25 \cdot 10^{-18} \dots 5,25 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ na 1 kapičku, což odpovídá přibližně 20-30 ti násobku elementárního náboje.

Chyby měření

Kapičky se často po dráze nepohybovaly přímo, což mohlo také ovlivnit čas, za který kapičky urazily určenou dráhu.

3 Shrnutí

Při měření jsme pozorovali jen velké kapičky a to mohl být i důvod případných nepřesností, protože na sebe vázaly velké náboje. Z naměřených peaků a četností, které znázorňovaly, jsme vypočítali odpovídající hodnoty elementárního náboje. Aritmetickým průměrem takto získaných hodnot jsme dospěli k hodnotě $e = 1,604 \cdot 10^{-19}$.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI ČVUT Praha, Nadaci pro podporu teoretické fyziky bez jejichž příspěví bychom nemohli náš experiment provést. Dále také děkujeme našemu supervizorovi Ing.Liboru Škodovi a celému organizačnímu týmu Fyzikálního týdne 2005.

Reference:

- [1] <http://www.mujiweb.cz/www/nobelfyzika/1906.htm>
- [2] <http://www.mujiweb.cz/www/nobelfyzika/1923.htm>
- [3] <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/objevite/objev4/mil.htm>
- [4] <http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/cz/di/pks/programy/millikan/millikan.doc>
- [5] http://artemis.osu.cz/mm fyz/am/am_1_3_2.htm

Mikrovlny

Beata Garšicová, Gymnázium Vídeňská 47, Brno,
b.netta@centrum.cz

Marek Běl, Gymnázium Ostrava - Hrabůvka, marek.bel@posta.cz

Martin Klicpera, Gymnázium Čelákovice, mklicpera@post.cz

Jan Mucha, Gymnázium Vincence Makovského

Abstrakt:

Mikrovlny mají jen o málo nižší frekvenci než světlo. Jsou tedy i jejich vlastnosti podobné, nebo se chovají zcela odlišně? Tuto otázku jsme se pokusili zodpovědět v sérii pokusů s použitím mikrovlnného zdroje.

1 Úvod

Mikrovlny jsou typ elektromagnetického záření o frekvencích 300 MHz – 300 GHz a vlnové délce od 1 m do 1 mm. Poprvé byly použity v 1. pol. 20. století v Anglii v radarové technice. V současné době se používají v mnoha technických oborech a jsou součástí našeho každodenního života.

2 Vlastnosti mikrovln

Polarizace

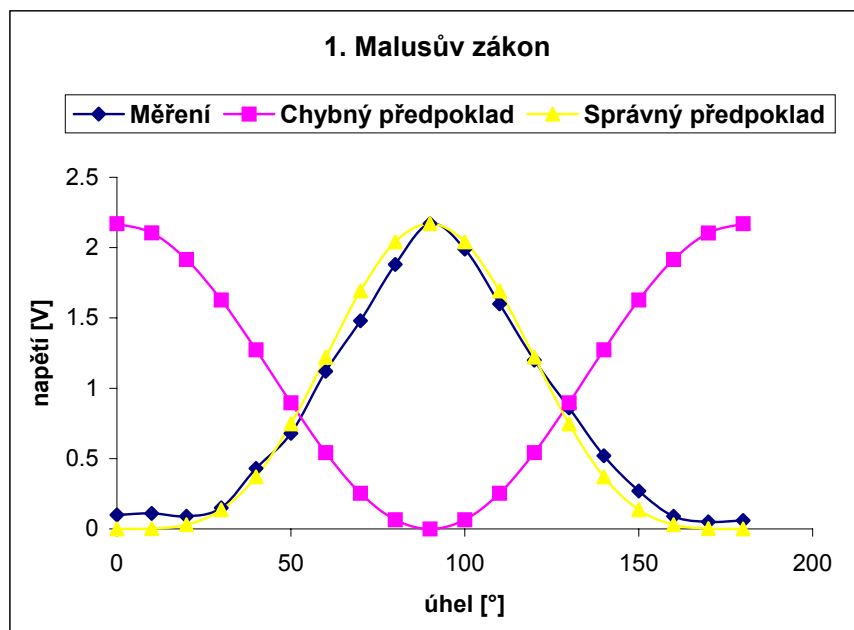
Použili jsme polarizované elektromagnetické záření vydávané Gunnovým oscilátorem. Ověřovali jsme vztah závislosti prošlé intenzity na úhlu φ mezi směrem polarizace a mřížky (Malusův zákon).

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

Naměřené výsledky intenzity elektromagnetického pole ale neodpovídaly hodnotám, předpokládaným na základě teoretických výpočtů podle daného vztahu. Na základě hlubšího rozboru jsme zjistili, že daný vztah platí pouze pro světelné záření. Pro mikrovlny je třeba použít vztah:

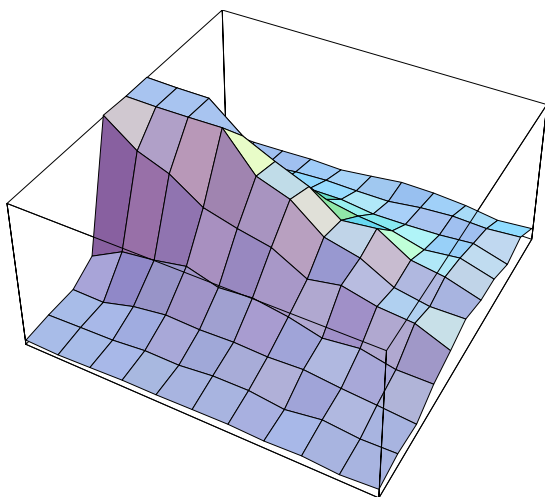
$$I = I_0 \sin^4 \varphi$$

Výsledné porovnání shrnuje graf 1.

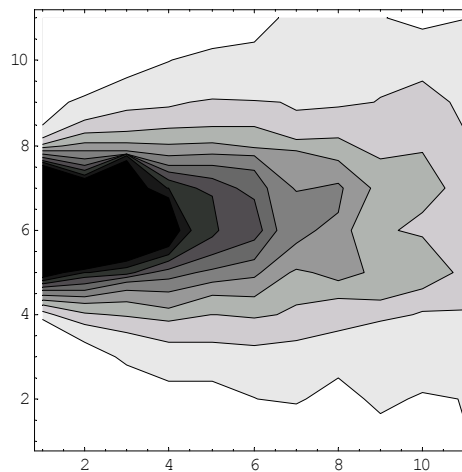


Rozložení pole

V okolí zdroje elektromagnetického záření vzniká elektromagnetické pole. Má dvě složky – elektrickou (E) a magnetickou (B), které nelze oddělit. Postupně jsme měřili napětí na sondě v jednotlivých bodech sítě souřadnic. Z naměřených hodnot jsme pomocí programu Mathematica sestavili grafy o rozložení intenzity elektromagnetického pole (viz. graf 2,3).



2. graf rozložení pole (3D)



3. graf rozložení pole (2D)

Propustnost

Mikrovlny mají schopnost procházet některými materiály. Jiné je naopak úplně nebo částečně pohlcují. Experimentálně jsme zjišťovali propustnost některých materiálů:

propouští	papír, plast, bavlna, sklo, igelitový sáček
částečně propouští	dřevo
nepropouští	kov, voda

Propustnost závisí na materiálu a jeho tloušťce. K výraznějšímu útlumu u propustných materiálů dochází v případě, že jejich tloušťka je větší než $\frac{1}{2}$ vlnové délky. Kovy mikrovlny nepropouští, protože mají volně pohyblivé elektrony. U vody je nepropustnost způsobena rozložením náboje v molekule (nenulový dipólový moment).

3 Shrnutí

Mikrovlnné záření má podobnou frekvenci jako viditelné světlo a i některé jeho vlastnosti jsou tedy podobné světelnému záření. V experimentech jsme ověřovali polarizaci, intenzitu a propustnost elektromagnetického záření.

Mikrovlny jsou využívány v radarové technice, k sušení materiálů, ohřívání potravin, restaurování uměleckých děl a ochraně životního prostředí. K radiovým a televizním přenosům slouží mikrovlny o nižších frekvencích.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za finanční podporu a Janu Čepilovi za konzultace.

Reference:

- [1] SVOBODA, E. A KOL.: *Přehled středoškolské fyziky* Prometheus, 1996, 338-372
- [2] HALLIDAY, D. – RESNICK, R. – WALKER, J.: *Fyzika, část 4* Prometheus, 2000, 890-1005
- [3] <http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Praktika/Mikrovlny/praktika/wwwpraktika/praktika.html>

Spektrometrie záření gama

T. Kulatá, P. Linhart, V. Kudela, V. Trefný
Gymnázium Šternberk, Mendelovo gymnázium Opava, Gymnázium
Písnická
look.2@seznam.cz

Abstrakt

Co je to záření gama, jak je nebezpečné a k čemu ho můžeme využít? Tyto otázky jsme si kladli a hledali na ně odpovědi. Poté, co jsme se seznámili s teorií gama záření, jsme přešli k práci na scintilačním počítači, jehož pomocí jsme zkoumali spektra gama záření radionuklidů ^{137}Cs a ^{60}Co a neznámého vzorku, u něhož jsme se pomocí této metody snažili určit, o který radionuklid se jedná.

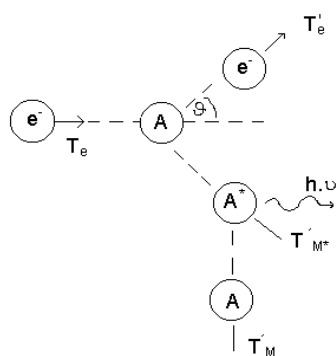
Úvod

Pokusíme se realizovat experiment, ve kterém využijeme metodu spektrometrie k tomu, abychom určili u neznámého radionuklidu, o který prvek se jedná.

Gama záření

Vznik záření gama

Záření gama je fotonové záření pocházející z jádra atomu. Při vzniku záření nejprve musí dojít k nepružné srážce elektronu s atomem:



A – atom

A^* - excitovaný atom

e^- - elektron

T_e – kinetická energie elektronu

T_M – kinetická energie atomu po srážce

$h \cdot \nu$ - energie fotonu $\Rightarrow$ gama záření

$$T_e = T'_e + T'_M + h \cdot \nu$$

Kinetická energie elektronu se z části přemění na kinetickou energii atomu a na energii potřebnou k excitaci atomového jádra, která se při deexcitaci uvolní ve formě gama záření. Část kinetické energie elektronu se zachová.

Spektrometrie gama záření

Základní úlohou spektrometrie záření gama je stanovení energie a intenzity jednotlivých skupin fotonů záření gama vyzářených zkoumaným radionuklidem. Jednotlivé energetické skupiny fotonů gama se ve spektru zobrazují jakožto příslušné píky, přičemž energie záření určuje polohu píky na vodorovné ose spektra a intenzita určuje plochu (integrál) pod píkem.

Pro přesné určení energií a intenzit záření gama je třeba provést energetickou a účinnostní kalibraci detektoru.

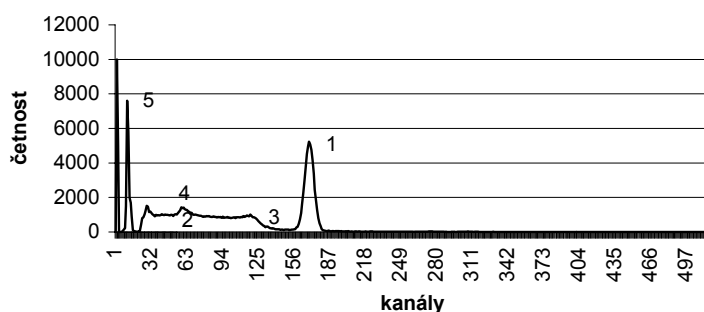
Scintilační detektor

Gama záření ze zdroje dopadá na katodu, odkud „vyrazí“ elektron. Tento elektron putuje k další katodě s vyšším napětím, a protože má počáteční energii zvýšenou o potenciálový rozdíl, „vyrazí“ z další katody svazek elektronů. Celý proces se několikrát opakuje na dalších katodách a na koncovou anodu dopadne natolik velký svazek elektronů, že se již dá detekovat na přístrojích. Signál ze scintilačního detektoru se dále upravuje pomocí analogově-digitálního konvertoru a amplitudového analyzátoru.

Kalibrace spektrometrického detektoru

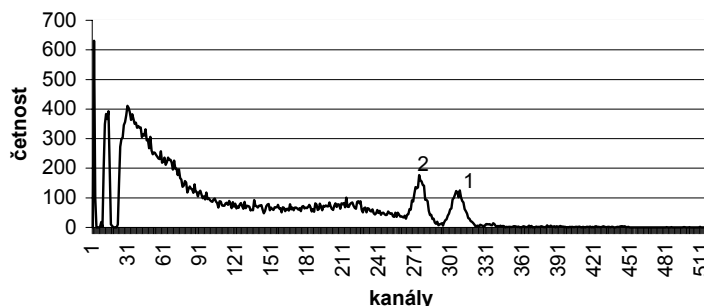
Kalibrace spektrometrického detektoru se provádí podle zářičů se známým spektrem a energií. V našem případě bylo použito ^{137}Cs a ^{60}Co .

Radionuklid cesia



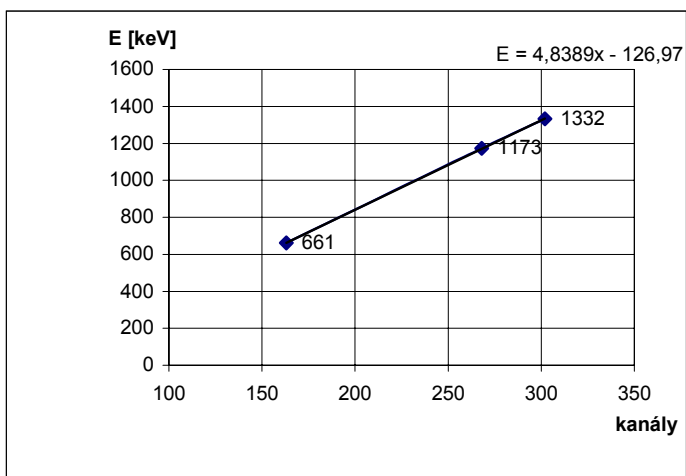
- 1 – pík úplného pohlcení energie
- 2 – Comptonovské kontinuum
- 3 – Comptonova hrana
- 4 – pík zpětného rozptylu
- 5 – pík rentgenového záření

Radionuklid kobaltu



- 1 - $E_{\gamma 1}$ – 1332 keV
- 2- $E_{\gamma 2}$ 1173 keV

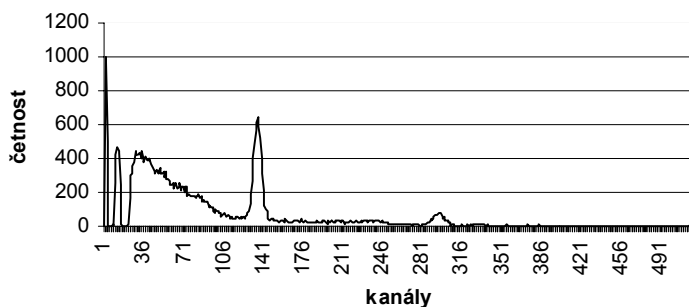
Podle píku úplného pohlcení energie jsme si zjistili příslušející kanál, a protože známe energii, tak jsme mohli z grafu závislosti kanálu na energii určit rovnici energie.



Shrnutí

Dále jsme zkoumali neznámý zářič. Pomocí kalibrační křivky jsme vypočítali energii pro příslušný kanál a z tabulek jsme určili, že se jedná o ^{24}Na .

Neznámý radionuklid



Kromě toho, že se tato metoda dá využít k určení neznámých prvků, má gama záření uplatnění např. v lékařství při léčení nádorů. Jinak je ovšem gama záření nebezpečné, především pokud je intenzivní.

Poděkování

Děkujeme našim supervisorům, že našli čas, aby se nám věnovali a že byli ochotní vysvětlit nám problematiku, o kterou jsme se zajímali a pomohli nám realizovat náš experiment. Chceme také poděkovat FJFI ČVUT a Nadačnímu fondu teoretické fyziky, že tuto akci zorganizovali a sponzorovali.

Reference

- Použitá literatura: [1] MFCHT
 [2] Fyzika 5 – Moderní fyzika (D. Halliday, R. Resnick, J. Walker)
 [3] Physics – Principles with applications (D.C. Giancoli),
 [4] <http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm#4>

Rezonance na elektrických a mechanických systémech

Martin Tomek - Gymnázium Mariánské Lázně, Ruská 355

Václav Šámal - Gymnázium Říčany

Martin Lovecký - Gymnázium Plasy

Miroslav Graf - Mendelovo gymnázium Opava

sfinxa@centrum.cz

Abstrakt:

Každá hmota ve vesmíru, ať už organická či anorganická, má vlastní unikátní rezonanční frekvenci. Naším úkolem bylo zjistit podobnost mezi rezonancí elektrickou a mechanickou.

1 Úvod

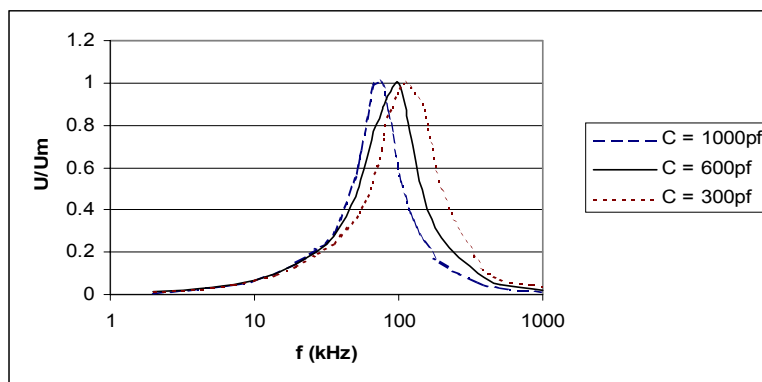
Každá hmota ve vesmíru, ať už organická či anorganická, má vlastní unikátní rezonanční frekvenci. Toho využila například známá sopranistka, která dokázala roztržít sklenku na víno ve vzdálenosti šesti metrů udržováním specifického tónu. Vydávala jednoduše tón shodný s unikátní rezonanční frekvencí sklenice, rozechvívané sympatickou vibrací až do okamžiku překročení pevnostní tolerance, kdy se její sklo roztržilo na kousky.

Nepůsobí-li na oscilátor žádná vnější síla, kmitá s vlastní frekvencí ω . Je-li oscilátor tlumený, po čase kmitat přestane. V opačném případě bude pokračovat v netlumeném kmitání. Budeme-li na oscilátor působit periodickou vychylující silou, dojde k jeho rozkmitání. Oscilátor bude vykonávat nucené kmity. Pokud je frekvence budících kmitů shodná s vlastní frekvencí oscilátoru, dojde k rezonanci. Teoreticky vzroste výchylka oscilátoru až do nekonečna. Prakticky se výchylka výrazně zvětší.

2 Elektrická rezonance

Elektrickou rezonanci jsme pozorovali na paralelním RLC obvodu. Zkoumali jsme změny průběhu rezonanční křivky při změně indukčnosti cívky a kapacity kondenzátoru. Do obvodu jsme pouštěli budící kmity napětí o různých frekvencích a pozorovali jsme změnu amplitudy napětí na RLC obvodu.

Když se frekvence budících kmitů shoduje s vlastní frekvencí RLC obvodu, dojde k rezonanci. Pro vlastní frekvenci RLC obvodu platí vztah
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.1)$$

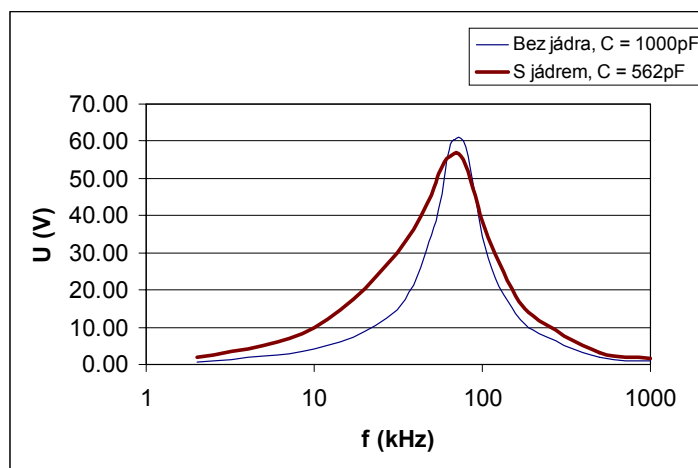


obrázek 1 – Závislost rezonanční křivky na kapacitě kondenzátoru

Vypočtená hodnota rezonanční frekvence (podle 2.1) pro $L = 4,2\text{mH}$ a $C = 1000\text{pF}$ vyšla 78kHz . V praxi jsme naměřili hodnoty mezi 70kHz a 75kHz . Teoreticky spočítaná hodnota je blízka hodnotě naměřené.

Každá obvod je charakterizován svou jakostí, která se projevuje na tvaru rezonanční křivky. Obvod s vyšší jakostí dosahuje vyšší amplitudy při rezonanci a rezonanční křivka narůstá rychleji. Obvod s nižší jakostí dosahuje nižší amplitudy při rezonanci a rezonanční křivka narůstá pomaleji, jak je vidět na obrázku 2. Jakostí se neprojevují jen elektrické obvody, ale všechny ostatní systémy u kterých se objevuje rezonance.

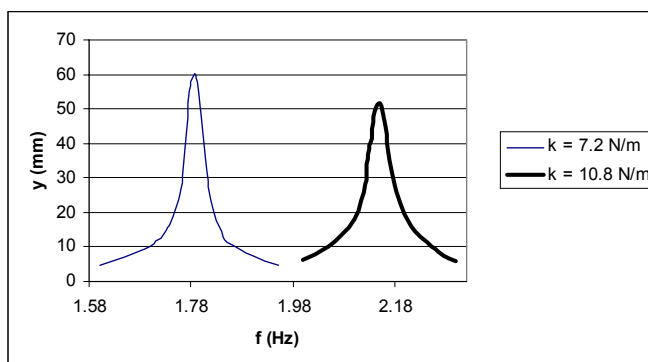
Elektrické rezonance se užívá například v anténách mobilních telefonů, televizních přijímačů a jiných komunikačních zařízeních.



obrázek 2 - Závislost rezonanční křivky na jakosti obvodu

3 Mechanická rezonance

Mechanickou rezonanci jsme zkoumali na závaží zavěšeném na pružině. Jako zdroj mechanických kmitů jsme použili mechanický vibrátor. Pozorovali jsme průběhu rezonančních křivek v závislosti na parametrech pružin (tuhost) a různých hmotnostech závaží. Pokud se frekvence budících kmitů blíží vlastní frekvenci pružiny, dojde k rezonanci.

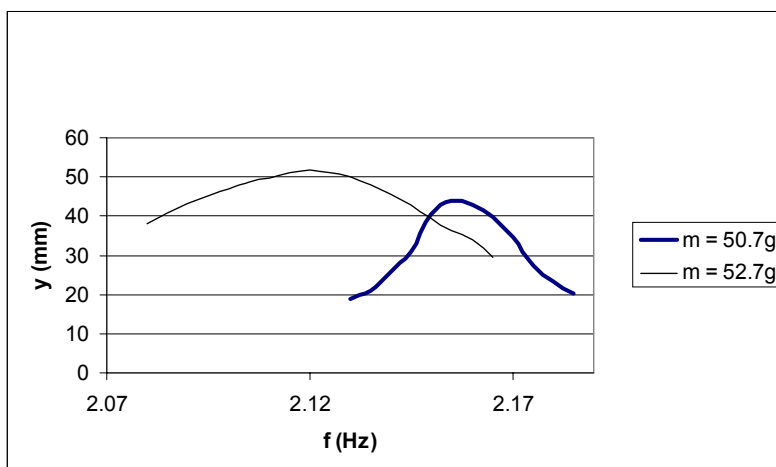


obrázek 3 - Závislost rezonanční křivky na tuhosti pružiny

Pro vlastní frekvenci mechanického oscilátoru platí vztah $f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ (3.1)

Vypočtená hodnota rezonanční frekvence pro $m = 55,2\text{g}$ a $k = 7,2\text{Nm}^{-1}$ vyšla (podle 3.1) 1,82Hz. V praxi jsme naměřili hodnotu 1,79Hz. Teoreticky spočítaná hodnota je blízká hodnotě naměřené.

Mechanická rezonance nachází užítí například v hudebních nástrojích.



obrázek 4 - Závislost rezonanční křivky na hmotnosti závaží

Tón vytvářený např. strunou je zesilován rezancí. (U klavíru rezonuje ozvučná deska, u houslí, viol a dalších strunných nástrojů rezonuje jejich tělo a vzduch v něm uzavřený. U dechových nástrojů rezonuje sloupec vzduchu.)

Závažný dopad má rezonanční kmitání mostů a vysokých budov, které vzniká větry a zemětřeseními. Rezonanci velkých budov se věnuje velká pozornost od události zřícení mostu Tacoma Narrows Bridge 7. listopadu 1940. Nové velké budovy jsou konstruovány s ohledem na rezonanci a starší budovy (most Golden Gate Bridge) byly dodatečně modifikovány. Budovy se např. konstruují tak, aby se vlastní frekvence jejich úseků lišily a nedocházelo k rozkmitání velkých celků, komponují se do nich statické pohlcovače kmitů.

4 Shrnutí

V našem projektu jsme se zabývali rezonancí na mechanických a elektrických systémech. Cílem bylo pokusit se o nalezení souvislostí mezi nimi. Pozorovali jsme podobnost průběhu grafu rezonančních křivek a jejich změn v závislosti na změně vstupních parametrů. Rezonance vzniká při konfliktu setrvačné síly a síly pružnosti. Pokud srovnáme elektrický a mechanický systém, odpovídá tuhost pružiny kapacitě kondenzátoru, a hmotnost závaží odpovídá indukčnosti cívky. Setrvačnost je charakterizována závažím (cívkou), pružnost je charakterizována tuhostí pružiny (kondenzátorem). Z toho vyplývá, že nezáleží na druhu rezonance, průběh rezonanční křivky je stejný.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Davidu Koňáříkovi a dále vedení FJFI ČVUT a organizátorům fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY: *Fyzikální praktikum II: Měření rezonanční křivky paralelního rezonančního a vázaného rezonančního obvodu*, ČVUT Praha, 2005
- [2] *Sborník FT 2004*, FJFI ČVUT, 2004, 34 - 36
- [3] WALKER, J. - RESNICK, R. - HALLIDAY, D.: *Fyzika část 2*, VUT Brno, 1997, 425 - 427
- [4] SEIFERT, R.: *Vybrané fyzikální demonstrace z mechaniky*
<http://physics.ujep.cz/~rseifert/dipl/diplomka.html> (online 2005)
- [5] *Srážkový systém jako otevřený rezonátor*
<http://www.molecular.cz/~zdanska/ucebnice/Kapitola1.pdf> (online 2005)

Základní experimenty s lasery

Jana Veselá, SPŠS a VOŠ Chrudim, vesela_listicka@post.cz

Michal Křen, SPŠ Uherské Hradiště, mehi@quick.cz

Martin Hlaváč, SPŠ Uherské Hradiště, martin_hlavac@seznam.cz

Vít Hybner, Gymnázium Říčany, gwaettif@centrum.cz

Abstrakt:

Naše práce byla zaměřena na základní jevy a pokusy s rovnoběžným polarizovaným svazkem světla – laserem. Kromě toho bylo ještě cílem naší práce změřit mřížkovou konstantou CD nosiče a zabývali jsme se začátkem stopy na CD.

1 Úvod

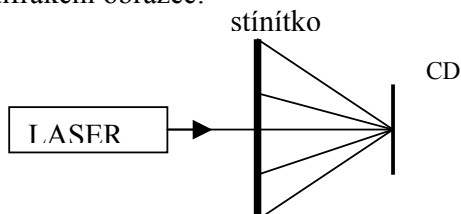
Práci jsme zaměřili na měření počtu vrypů, odlišnosti CD-RW, DVD, CD lisované atd. – odraz laserového paprsku.

Při měření vlastností kompaktního disku budeme využívat difrakce. CD je v podstatě difrakční mřížka, skládající se z velmi jemných vrypů, které světlo pohlcují a na ostatních plochách se světlo odráží. Po dopadu laseru na takovou mřížku se vytvářejí rozbíhavé paprsky, které se díky vlnovému charakteru světla navzájem ruší nebo zesilují, tím vznikají minima a maxima.

2 Měření mřížkové konstanty

a) Měření vlastností CD

Sestrojili jsme aparaturu, kde otvorem ve stínítku prochází laserový paprsek a odráží se od kolmo upevněného kompaktního disku. Po odrazu od CD vzniká na stínítku tento difrakční obrazec:

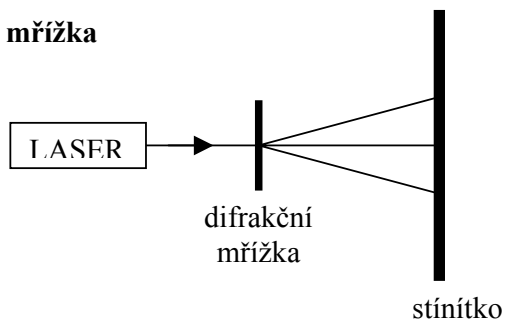


K určení mřížkové konstanty musíme změřit vzdálenosti mezi dílčími maximy a hlavním maximem. A pomocí následujícího vzorce zpracujeme:

$$m = \frac{k\lambda}{\sin(\arctg \frac{h}{l})}$$

kde: m – mřížková konstanta,
 h – vzdálenost dílčího maxima od hlavního
 l – vzdálenost kompaktního disku od stínítka,
 k – řád minima – celé číslo (nabývá hodnoty 1 pro 1. min., 2 pro 2. min., atd.)

b) difrakční mřížka

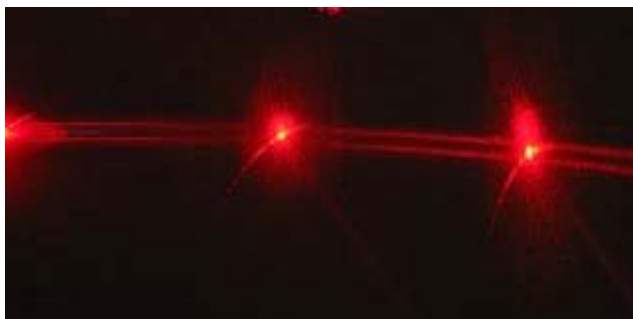


• **Výsledky**

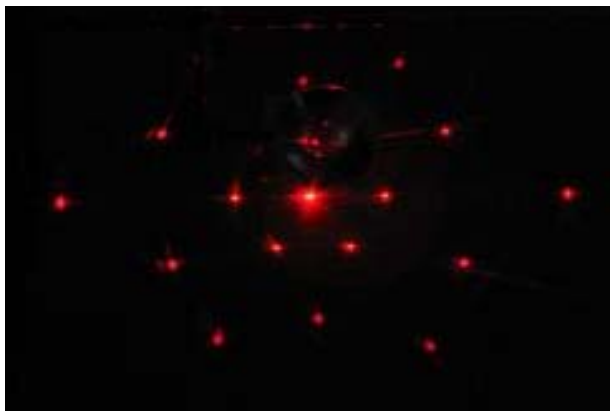
	měření	l [m]	h [m]	m [m]	vrrypy/cm
mříž.	1.	0,64	0,245	$1,77 \cdot 10^{-6}$	5650
mříž.	2.	0,78	0,3	$1,7628 \cdot 10^{-6}$	5673
mříž	3	0,585	0,2275	$1,746 \cdot 10^{-6}$	5727
CD	4	0,202	0,088	$1,58 \cdot 10^{-6}$	6311
DVD	5	0,185	0,31	$0,73386 \cdot 10^{-6}$	13626

• **Zajímavosti**

Během našeho měření jsme zjistili odlišnosti u jednotlivých druhů médií.



CD za 4 Kč



CD ČVUT

3 Shrnutí

Při našem měření jsme využívali znalostí o vlastnostech světla. Dozvěděli jsme se o difrakční mřížce, ze které je složeno CD. Došli jsme k závěru, že mřížková konstanta se liší v závislosti na druhu média (CD, DVD, atd.). U DVD je mnohem větší než u CD.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské v Praze za možnost se zúčastnit, dále našemu supervizorovi za jeho nadměrnou ochotu, píli a vytrvalost s ukázkou možnosti využití laserů.

Reference:

- [1] ŠTOLL, M. A KOL., *Přehled středoškolské fyziky*, Prometheus, 1996, str.432-434
- [2] TOMÁŠ NEDVĚD – <http://www.ped.muni.cz/wphy/NEDVED/cd1.htm>

Měření rychlosti světla

Blechta, V. – gymn. Jeseník

Burian, I. – gymn. Vídeňská 47, Brno

Labounek, R. – gymn. Jiřího Wolкера, Prostějov

Raiskup, P. – SPŠ Uherské Hradiště

luis.felipe@email.cz, iburian@gmail.com, rene_labounek@centrum.cz,

Raiskup@seznam.cz

Abstrakt:

Naše práce se zabývá rychlostí světla a samotným měřením rychlosti světla. Pro vypočítání využijeme Foucaultovu metodu rotujícího zrcátka a stojatého mikrovlnného vlnění v mikrovlnné troubě.

Úvod

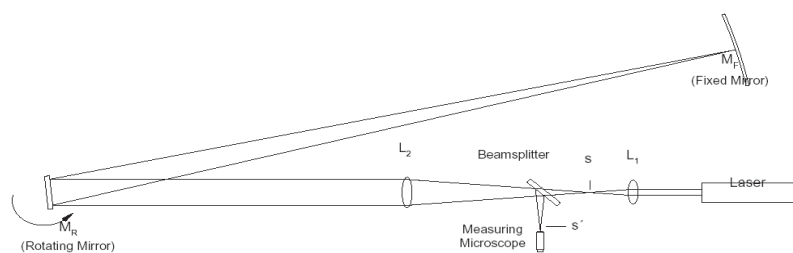
Měření rychlosti světla již dávno není nepředstavitelným činem, ačkoli tomu tak bylo velmi dlouho. Touhu po vědění poprvé zkusil překonat Galileo Galilei, který však se svým měřením nebyl zrovna úspěšný, protože vzdálenost dvou kopců, mezi nimiž chtěli změřit dobu letu světla, byla (nad jejich představu) malá. Nyní už je však praxe úplně jiná a ke změření rychlosti světla využíváme nové, přesnější a moderní technologie.

Základní typy měření by se daly rozdělit na pozemské a astronomické. My se samozřejmě budeme věnovat metodám pozemským, konkrétně Foucaultově metodě a metodě měření pomocí mikrovlnné trouby. Metoda Foucaultova je oproti mikrovlnné troubě podstatně přesnější, ale je zato velmi náročná na čas a pomůcky. Naším úkolem je taktéž porovnat skutečnou rychlost světla, která je změřena dnes již s přesností na metry.

A) Metoda rotujícího zrcátka (Foucaultova metoda)

Tuto metodu pro měření rychlosti světla navrhl roku 1838 Arago a realizoval ji roku 1850 Foucault. Později tuto metodu přepracoval a dovedl k dokonalosti Michelson.

Při Foucaultově metodě, kterou lze upravit i laboratorně, světelný paprsek



vycházející z laseru, prochází čočkou a polopropustným zrcadlem a dopadá na vysoce rychle rotující zrcadlo, kolmé

k rovině náčrtku, poté se odráží do pevného zrcadla a zpět do rotujícího zrcadla, které zastihne v poněkud pootočené poloze a paprsek se zobrazí v okuláru měřicího mikroskopu, kde se zjišťuje odchylka paprsku od původního směru. Zároveň zaznamenáváme frekvenci otáčení rotujícího zrcadla. Jelikož měříme ve vnitřních prostorách a vzdálenost zrcadel je cca 10 metrů, je jasné, že odchylku měříme s přesností na setiny milimetru. Poté pro rychlost světla

platí vztah $^{(1)} c = \frac{8\pi AD^2(f_1 + f_2)}{(D+B)(s_2 - s_1)}$ kde vzdálenost A je L_1 až L_2 bez ohniskové vzdálenosti

čočky L_1 . Vzdálenost D je vzdálenost zrcadel (M_R a M_F). B je vzdálenost druhé čočky L_2 a rotujícího zrcadla M_R . Δs je vychýlení paprsku pozorovatelné v mikroskopu.

Sestavíme aparaturu dle obrázku, kdy pevné zrcadlo umístíme co nejdál, v závislosti na výkonu laseru. Paprsek musí přesně směřovat zpět do rotačního zrcadla.

Po sestavení měřicí aparatury a přesném vycentrování paprsku můžeme začít měřit odchylku paprsku od původního směru (v obou směrech otáčení zrcadla).

Výsledky měření:

Naměřili jsme tyto vzdálenosti:

$$A = 246 \text{ mm}$$

$$B = 487 \text{ mm}$$

$$D = 9\,945 \text{ mm}$$

Tabulka 1.: Měření Foucaultovou metodou

č. měření	f_1 [Hz]	f_2 [Hz]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	Δs [mm]	c [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
1	1380	1350	11.18	11.73	0.55	3.122380E+08
2	1388	1346	11.17	11.79	0.62	2.773912E+08
3	1394	1357	11.17	11.73	0.56	3.090213E+08
...						...
48	1393	1344	11.17	11.75	0.58	2.968469E+08
49	1391	1344	11.15	11.74	0.59	2.916024E+08
50	1397	1352	11.17	11.75	0.58	2.981484E+08

Pomocí vztahu (1) jsme vypočítali rychlost světla pro 50 různých měření. Z těchto 50 hodnot jsme udělali aritmetický průměr a rychlost světla určili jako: $c_n = 3,000878 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Poté jsme si vypočítali absolutní chybu měření a naměřená rychlost světla nám vyšla:

$$c_n = (3,00 \pm 0,06) \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$c_s = 299\,792,458 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1} = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (skutečná rychlost)}$$

Porovnali jsme hodnotu námi naměřenou a skutečnou. Dopustili jsme se chyby měření 0,12 %

B) Metoda mikrovlnná

Principem metody, kterou si po určení rychlosti světla zvolili Essen a Gordon-Smith, bylo měření vlnové délky mikrovlnného elektromagnetického záření v dutinovém rezonátoru tvaru kruhového válce, jehož průměr byl přibližně 74 mm a délka asi 85,6 mm. Frekvence

mikrovlnného záření byla volena v rozsahu asi 3GHz až 5GHz a byla měřena pomocí křemenného oscilátoru pracujícího při 100 kHz, jehož frekvence byla známa s relativní chybou menší než 10^{-8} . Jako přijímač byl používán mikroheterodynní vlnoměr. Měření probíhá tak dlouho, dokud nenastane rezonance.

Jelikož stejných podmínek jako měli Essen a Gordon-Smith, museli jsme se spokojit s podmínkami daleko horšími.

Pomůcky: Mikrovlnná trouba, termopapír

Postup:

Protože v mikrovlnné troubě jsou stojaté vlny a mikrovlnná energie má největší sílu v amplitudě vlny a v uzlech se téměř neprojevuje, musíme zamezit pohybu materiálu (termopapíru) v mikrovlnné troubě. Proto vyjmeme otočný talíř a pro znázornění délky půlvlny (vzdálenost interferenčních bodů) použijeme navlhčený termopapír, který je velmi citlivý na vyšší teplotu. Navlhčený, protože mikrovlny rozkmitávají molekuly vody, tím se zvyšuje teplota, která se projeví zčernáním v interferenčních bodech. Mikrovlnná trouba musí být spuštěna jen na velmi krátký časový interval, aby nedošlo ke ztmavnutí celého papíru.

Rychlost světla poté vypočítáme pomocí vztahu ⁽²⁾ $c = \lambda \cdot f$

Tabulka 2: Měření pomocí mikrovln

Číslo měření	$\lambda/2$ [cm]	λ [cm]	c [$m \cdot s^{-1}$]
1	6.60	13.2	3.23E+08
2	7.90	15.8	3.87E+08
3	7.20	14.4	3.53E+08
4	7.80	15.6	3.82E+08
5	6.80	13.6	3.33E+08
6	7.90	15.8	3.87E+08
7	6.80	13.6	3.33E+08
8	7.00	14.0	3.43E+08
9	6.70	13.4	3.28E+08
10	6.20	12.4	3.04E+08
Průměr	7.09	14.18	3.47E+08

$$c_s = 299\,792,458\,km \cdot s^{-1} = 299\,792\,458\,m \cdot s^{-1}$$

(skutečná rychlost)

Porovnali jsme hodnotu námi naměřenou a skutečnou. Dopustili jsme se chyby měření 16,1%. Ta je způsobena špatnými podmínkami uvnitř mikrovlnné trouby, kde je stojaté vlnění rušeno spirálou od grilu. Určili jsme si absolutní průměrnou chybu měření a naměřená rychlost světla nám tak vyšla:

$$c_n = (3,5 \pm 0,2) \cdot 10^8\,m \cdot s^{-1}$$

Shrnutí

Těmito pokusy jsme si ověřili praktické využití Foucaultovy metody a metody mikrovlnné. Ze zkušeností lze říci, že Foucaultova metoda je na období, kdy byla vynalezena velice vyspělá a přesná, za to metoda mikrovln je pro aktuální podmínky velice nepřesná, zato je možné ji uskutečnit i v domácích podmínkách.

Poděkování

Naše poděkování patří především Fakultě jaderného a fyzikálního inženýrství ČVUT, která nám umožnila svými prostředky rozvinout naše znalosti a zkušenosti v oblasti fyziky, poděkování patří také našim fyzikářům, kteří nás naučili dívat se na fyziku s úctou. Zvláštní dík patří Davidu Koňáříkovi, Bc. – našemu supervizorovi. Děkujeme všem sponzorům a lidem, kteří se podíleli na průběhu Fyzikálního týdne 2005.

Reference:

- [1] BROŽ, J. - ROSKOVEC, V. : *Základní fyzikální konstanty*, Praha:SPN,1988, str.45 až 56
- [2] PAVLÍČEK, M. : *Problém rychlosti světla*, <http://martin184.webpark.cz/svetlo.htm>
- [3] KAIZR, V.: ALDEBARAN BULLETIN, http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_s1.html
AGA, 2004, *Měření rychlosti šíření světla*

Balmerova série vodíku

Eva Bartáková, SGAGY Kladno, evebartak@centrum.cz

Adam Fadrholec, SSOU a U, Černá za Bory, Pardubice, adam@kve.cz

Lukáš Malina, gymn. Christiana Dopplera, Praha, lukas-malina@seznam.cz

Lenka Pöslová, gymn. Mozartova, Pardubice, lenka.posl@seznam.cz

Abstrakt:

Balmerova série vodíku je spektrum energetických přechodů v atomu vodíku z vyšších hladin na 2. hladinu, tj. druhá nejbližší energetická hladina od jádra atomu ($n=2$). Její první čtyři čáry, které leží v oblasti viditelného světla a označené $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$, byly pozorovány již v roce 1885 J. Balmerem. Toto pozorování také významně přispělo k ověření Bohrova modelu atomu, který představuje jakýsi předstupeň kvantové mechaniky. Na závěr příspěvku je pro matematicky zdatné čtenáře odvozena podmínka nejmenší deviace paprsku světla procházejícího hranolem a zahrnutí do Bohrovy kvantovací podmínky do vztahu pro celkovou energii atomu vodíku.

1 Úvod

BOHRŮV MODEL ATOMU

Niels Bohr (1885-1962), dánský fyzik, roku 1913 navrhl model atomu na základě spektroskopických měření, která prokázala, že spektrum záření je diskrétní a nikoli spojitě, jak se podle planetárního modelu předpokládalo. Navíc proti teorii planetárního modelu byla Planckova hypotéza týkající se energetického spektra harmonického oscilátoru.

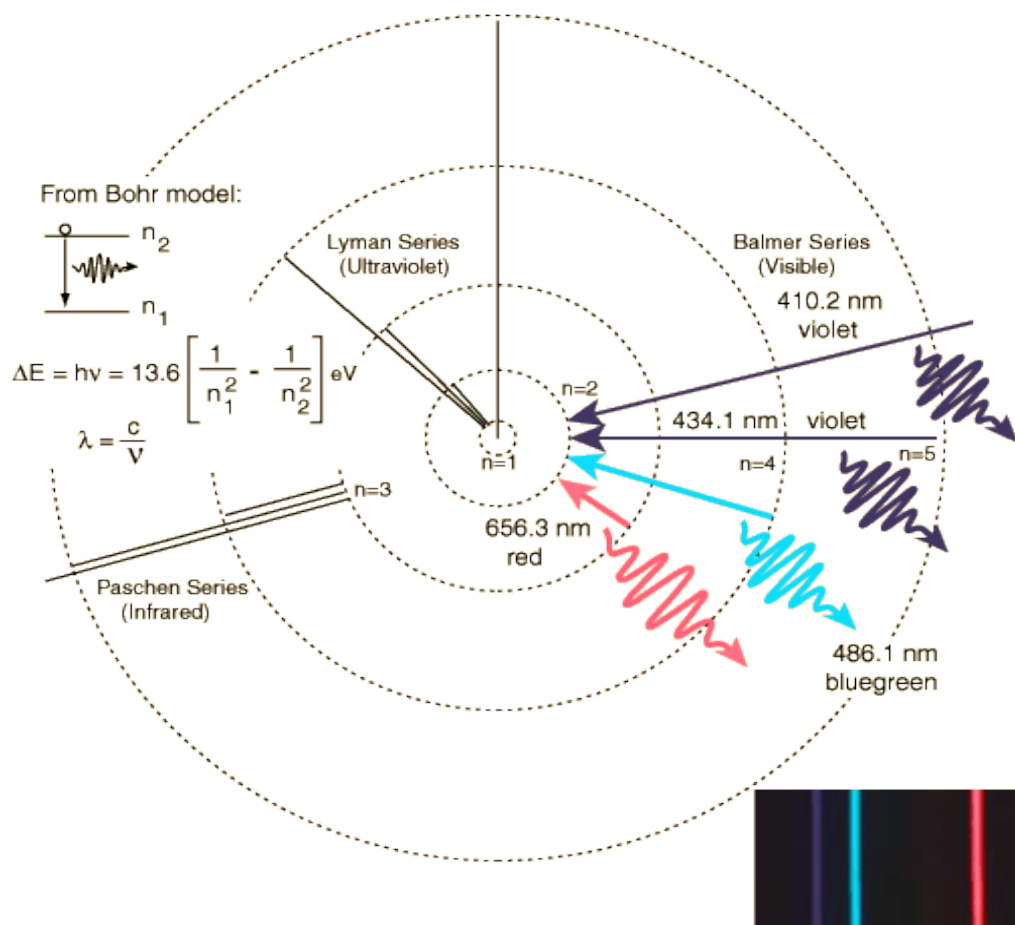
Bohrovy postuláty: 1. Atomy mohou setrvávat delší dobu v určitých-stacionárních stavech, ve kterých nevyzařují ani nepohlcují energii. Energie těchto stavů tvoří diskrétní posloupnost.

2. Při přechodu z jednoho stacionárního pole do druhého vydávají nebo pohlcují záření jen určité frekvence.

Stacionárním stavem rozumíme takový, kdy elektron krouží kolem jádra po dráze, která obsahuje celočíselný počet vlnových délek.

Johann Balmer (1825-1898), švýcarský matematik, fyzik a profesor dívčího gymnázia v Basileji roku 1885 objevil zákonitost pro frekvenci spektrálních čar atomu vodíku.

Na počátku 20. století byly objeveny další čáry spektra vodíku, Lymanova, Paschenova, Brackettova a Pfundova. Nejsou však v oblasti viditelného světla.



• SPEKTRÁLNÍ SÉRIE

K potvrzení Bohrova modelu atomu přispělo pozorování spektra přechodů elektronu atomu vodíku z vyšších energetických hladin (nejvyšší 0 eV) do nižších (-13 eV). Balmer pozoroval čtyři čáry v oblasti viditelného světla, označil je jako H_α , H_β , H_γ a H_δ . Pro H_α získal hodnotu vlnové délky 656,3nm, vlnová délka se postupně zmenšuje do tzv.hrany série, kdy je vlnová délka dopadajícího světla nejmenší – 364,6nm.

2 Balmerova série a měření Rydbergovy konstanty

ZJIŠTĚNÍ DISPERZNÍCH ÚHLŮ Hg, INDEXU LOMU KRYSTALU

ε – je disperzní úhel, což je úhel odklonu jednotlivých spektrálních paprsků

φ – vnitřní úhel hranolu, α_1 – úhel dopadu, β_1 , β_2 – vnitřní úhel lomu, α_2 – vnější úhel lomu

Využíváme Snellova zákona lomu:

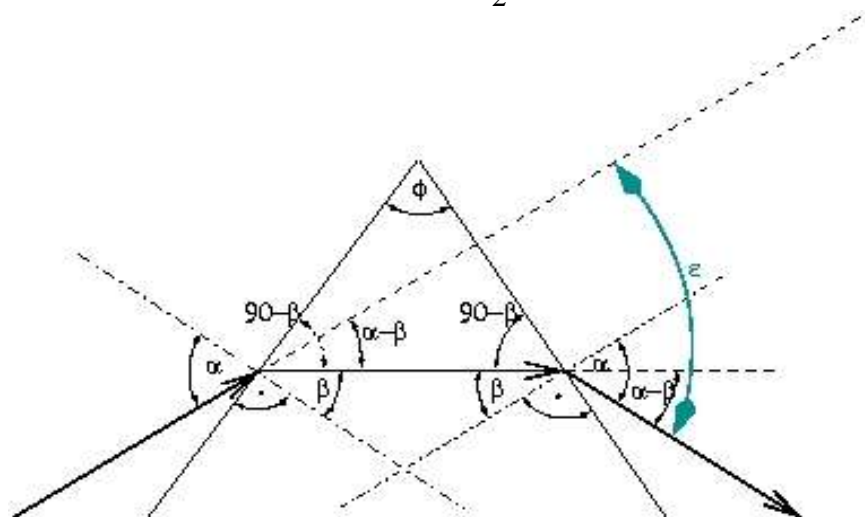
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} \quad (1)$$

Disperzní úhel je nejmenší tehdy, když se $\alpha_1 = \alpha_2$; $\Rightarrow \varepsilon = 2\alpha - 2\beta$

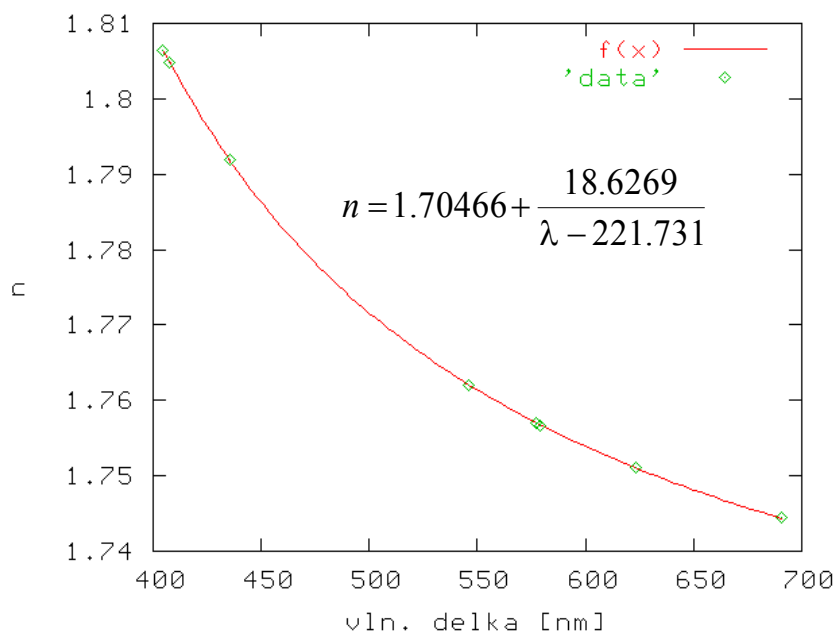
Z obrázku níže je vidět, že $\phi = 180 - 2(90 - \beta) = 2\beta$

Neboť n_1 pro vzduch rovno 1 vyplývá: $n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon + \phi}{2}\right)}{\sin \beta} \Rightarrow$

$$n = 2\sin\left(\frac{\varepsilon + \phi}{2}\right) \quad (2)$$



Vzorcem (2) jsme vypočítali indexy lomu jednotlivých spektrálních čar o určité vlnové délce. Index lomu je obecně funkcí vlnové délky $n=n(\lambda)$ a to dosti složitou, takže jsme použili rtuťovou výbojku, u které známe vlnové délky jednotlivých čar, jako kalibrační. Do kalibračního grafu jsme dále zahrnuli tabulkové hodnoty závislosti indexu lomu flintového těžkého skla, ze kterého je hranol vyroben, a výsledek je uveden v Grafu závislosti vlnové délky na indexu lomu. Tuto křivku jsme profitovali hyperbolicou funkcí a výsledek je uveden v grafu 1



Hyperbolická funkce má tvar

Vztah uvedený v grafu ase nazývá kalibrační rovnice, neboť nyní, když změříme úhel nejm. deviace pro jakoukoli jinou spektrální čáru, tak dosazením vypočteného indexu lomu do

upravené rovnice
$$\lambda = \frac{-18.6269}{(1.70466 - n)} + 221,731 \quad , \quad (3)$$

dostaneme příslušnou vlnovou délku. Takto budeme posupovat při výpočtu vlnových délek čar Balmerovy série.

A. BALMEROVA SÉRIE A VÝPOČET RYDBERGOVY KONSTANTY

Měřili jsme disperzní úhly spektrálních čar atomárního vodíku, ze kterých jsme vypočítali indexy lomu podle (2). A z rovnice, která vyšla v grafu, jsme dopočítali vlnovou délku jednotlivých čar podle (3). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

čára	[nm] naměřená	[nm] tabulková
1.	433,083	434,047
2.	486,769	486,133
3.	657,591	656,279

Tabulka 1

Čtvrtá čára spektra se již nalézá příliš blízko ultrafialovému záření a není v goniometru viditelná. Nyní určíme Rydbergovu konstantu

Z experimentálního odvození platí, že:

$$\lambda = \frac{n^2}{n^2 - 4} \cdot B \quad n \in \mathbb{Z}^+ \quad (4)$$

(4) vynásobíme Planckovou konstantou a upravíme:

$$hf = \frac{c \cdot (n^2 - 4)}{Bn^2} h \quad (5)$$

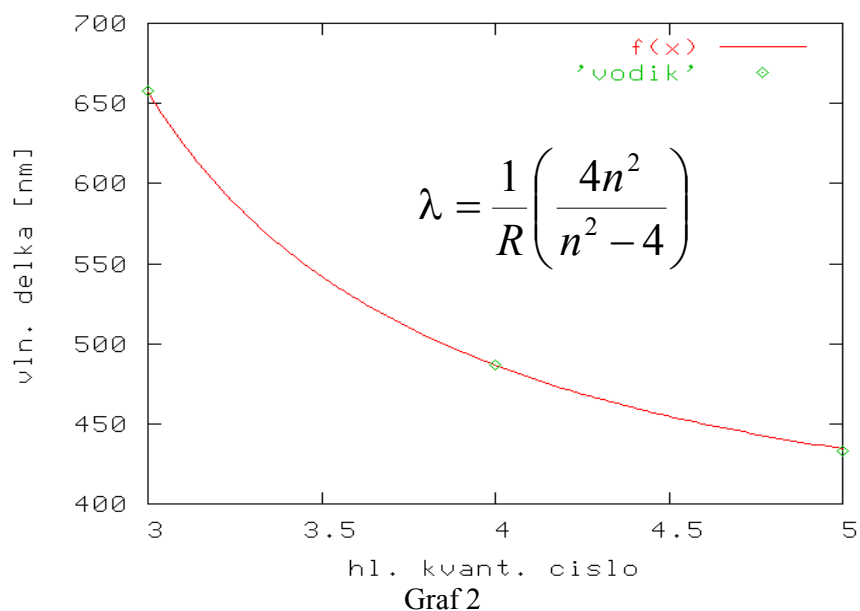
(5) použijeme pro výpočet Rydbergovy konstanty následujícím způsobem:

Pro excitaci platí: $E_m - E_n = \frac{hc}{B} \cdot \left(1 - \frac{m^2}{n^2}\right) = \frac{4hc}{B} \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ za $4/B$ zavádíme Rydbergovu konstantu (R). Využitím (5) dostáváme :

$$R = \frac{1}{\lambda \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)} \quad (6)$$

Pro Balmerovu sérii vodíku platí $m=2$; $n=3$ (červená), $n=4$ (tyrkysová), $n=5$ (fialová). Hodnoty uvedené v tabulce jsme vynesli do grafu2 a opět profitovali v programu Gnuplot funkcí uvedenou v grafu 2. Tím jsme získali Rydbergovu konstantu

$$R = 1.09613 \cdot 10^7 \pm 0,001297 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$



3 Shrnutí

Naměřená hodnota Rydbergovy konstanty se svým intervalem trefuje do tabulkové hodnoty $1,09677 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$. Vzhledem k velmi malé chybě 0,12% se jedná o velmi kvalitní výsledek. Prakticky jsme ověřili spektrální čáry vodíku (vlnová délka 656,3 nm; 486,1 nm; 434,0 nm), čtvrtá je příliš slabá.

Poděkování

Děkujeme hlavně našemu supervisorovi Davidu Tlustému, organizátorům fyzikálního týdne a Nadačnímu fondu teoretické fyziky.

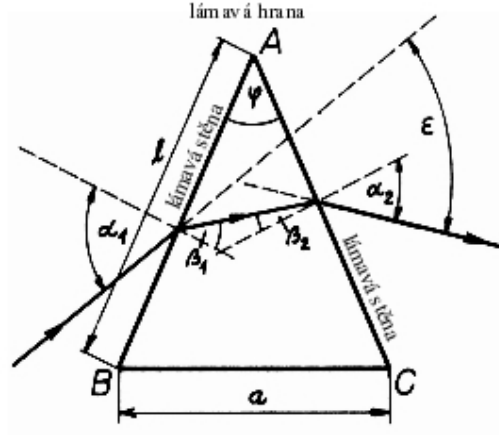
Reference:

- [1] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY: *PRAKTIKA Z FYZIKY*, 2005 (webové stránky fyzikálních praktik FJFI-ČVUT: <http://praktika.fjfi.cvut.cz> – úloha Balmerova série)
- [2] E.V.ŠPOLSKIJ *ATOMOVÁ FYZIKA*; Technicko-vědecké vydavatelství Praha; 1952

Dodatek (viz. Následující stránky)

Odvození Rydbergovy konstanty z planetárního modelu zahrnutím Bohrových kvantovacích podmínek a odvození podmínky nejmenší deviace.

Upozornění: Pouze pro otrlé!



Obrázek 1: Lom světla hranolem

Podmínka nejmenší deviace

Ze obrázku (1) je možno pomocí geometrie odečíst:

$$\begin{aligned}\varphi &= \beta_1 + \beta_2 \\ \varepsilon &= \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2.\end{aligned}$$

Takže

$$\varepsilon = \alpha_1 + \alpha_2 + \varphi. \quad (1)$$

Derivováním (1) dostaneme

$$\frac{d\varepsilon}{d\alpha_1} = 1 + \frac{d\alpha_2}{d\alpha_1}. \quad (2)$$

Zde si uvědomíme, že $\alpha_2 = \alpha_2(\beta_2(\beta_1(\alpha_1)))$. Potom $\frac{d\alpha_2}{d\alpha_1}$ musí vypadat takto

$$\frac{d\alpha_2}{d\alpha_1} = \frac{d\alpha_2}{d\beta_2} \frac{d\beta_2}{d\beta_1} \frac{d\beta_1}{d\alpha_1}. \quad (3)$$

Výraz (3) budeme vyjadřovat po částech:

1. **Výpočet $\frac{d\alpha_2}{d\beta_2}$:** Vyjdeme ze Snellova zákona lomu $\frac{\sin \beta_2}{\sin \alpha_2} = \frac{1}{n}$, kde n je index lomu materiálu, ze kterého je hranol vyroben. Platí tedy

$$\begin{aligned}\sin \alpha_2 &= n \sin \beta_2 & / \frac{d}{d\beta_2} \\ \cos \alpha_2 \frac{d\alpha_2}{d\beta_2} &= n \cos \beta_2 \\ \frac{d\alpha_2}{d\beta_2} &= n \frac{\cos \beta_2}{\cos \alpha_2}\end{aligned} \quad (4)$$

2. **Výpočet** $\frac{d\beta_2}{d\beta_1}$: Platí

$$\begin{aligned} \beta_1 + \beta_2 &= \varphi & / \frac{d}{d\beta_1} \\ \frac{d\beta_2}{d\beta_1} &= -1 \end{aligned} \quad (5)$$

3. **Výpočet** $\frac{d\beta_1}{d\alpha_1}$: Opět vyjdeme ze Snellova zákona, tentokrát platí

$$\begin{aligned} \sin \alpha_1 &= n \sin \beta_1 & / \frac{d}{d\alpha_1} \\ \cos \alpha_1 &= n \cos \beta_1 \frac{d\beta_1}{d\alpha_1} \\ \frac{d\beta_1}{d\alpha_1} &= \frac{1}{n} \frac{d\cos \alpha_1}{d\cos \beta_1} \end{aligned} \quad (6)$$

Do vztahu (3) dosadíme z (4), (5) a (6) a dostaneme

$$\frac{d\alpha_2}{d\alpha_1} = n \frac{\cos \beta_2}{\cos \alpha_2} \cdot (-1) \frac{1}{n} \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_1} = -\frac{\cos \alpha_1 \cos \beta_2}{\cos \alpha_2 \cos \beta_1}. \quad (7)$$

Dosezením do (2) dostaneme

$$\frac{d\varepsilon}{d\alpha_1} = 1 - \frac{\cos \alpha_1 \cos \beta_2}{\cos \alpha_2 \cos \beta_1} \quad (8)$$

a

$$\frac{d\varepsilon}{d\alpha_1} = 0 \Rightarrow \cos \alpha_1 \cos \beta_2 = \cos \alpha_2 \cos \beta_1. \quad (9)$$

Rovnice (9) je vlastně podmínka nejmenší deviace. Pomocí snellova zákona a vztahy mezi goniometrickými funkcemi si tuto podmínku vyjádříme

$$\begin{aligned} \cos \alpha_1 \sqrt{1 - \frac{1}{n^2} \sin^2 \alpha_2} &= \cos \alpha_2 \sqrt{1 - \frac{1}{n^2} \sin^2 \alpha_1} & /^2 \\ \cos^2 \alpha_1 (n^2 - \sin^2 \alpha_2) &= \cos^2 \alpha_2 (n^2 - \sin^2 \alpha_1) \\ (1 - \sin^2 \alpha_1) (n^2 - \sin^2 \alpha_2) &= (1 - \sin^2 \alpha_2) (n^2 - \sin^2 \alpha_1) \\ n^2 - n^2 \sin^2 \alpha_1 - \sin^2 \alpha_2 + \sin^2 \alpha_1 \sin^2 \alpha_2 &= n^2 - n^2 \sin^2 \alpha_2 - \sin^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 \sin^2 \alpha_2 \\ (n^2 - 1) (\sin^2 \alpha_1 - \sin^2 \alpha_2) &= 0 \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2, \text{ neboť } n \neq 1 \text{ a } \alpha_1, \alpha_2 \in \langle 0, \pi/2 \rangle \end{aligned} \quad (10)$$

Pokud tedy platí podmínka nejmenší deviace, potom je možné z geometrie hranolu odečíst

$$\varepsilon_0 = 2\alpha - \varphi, \quad 2\beta = \varphi. \quad (11)$$

Dosazením (11) do snellova zákona dostaneme

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \left(\frac{\varphi + \varepsilon_0}{2} \right)}{\sin \frac{\varphi}{2}}. \quad (12)$$

Odvození Rydberghovy konstanty

Rydbergova konstanta se dá spočítat tak, že na planetární model atomu Bohrova kvantovací podmínku $2\pi m_e v r = nh$.

Nechť záporně nabitý elektron obíhá kolem kladně nabitého jádra. Aby orbita byla stabilní, musí se coulombická síla rovnat dostředivé

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m_e r \omega^2 = \frac{m_e v^2}{r}, \quad (13)$$

kde ϵ_0 je permitivita vakua, e náboj elektronu, r poloměr kruhové dráhy elektronu, m_e hmotnost elektronu, ω úhlová a v obvodová rychlost elektronu. Zahrnutím Bohrovy kvantovací podmínky do (13) můžeme vyjádřit

$$v = \frac{e^2}{2nh\epsilon_0} \text{ a } r = \frac{nh}{2\pi m_e v} = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m_e^2 e^2} \quad (14)$$

Pro celkovou energii tohoto systému platí

$$E = T + U$$

kde kinetická energie $T = m_e v^2/2 = m_e r^2 \omega^2/2$ a potenciální je zde rovna práci, kterou coulombická síla působící na elektron vykoná, když se přesune z nekonečna do vzdálenosti r od jádra. Takže

$$U = \int_{\infty}^r \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \varrho^2} d\varrho = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}.$$

Celková energie je tedy

$$E = \frac{1}{2} m_e r^2 \omega^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}. \quad (15)$$

Teď tuto energii nakvantujeme, jak vychází z Balmerovy série atomu vodíku,

$$E_n = -\frac{Rhc}{n^2}$$

a položíme rovnu (15).

$$E = \frac{1}{2} m_e v^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{Rhc}{n^2} \quad (16)$$

Do této rovnice dosadíme za r a v z (14) a dostaneme

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{m_e e^4}{4\epsilon_0^2 n^2 h^2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m_e^2 e^2}} &= -\frac{Rhc}{n^2} \\ \frac{m_e e^4}{8h^2} \epsilon_0^2 &= Rhc \end{aligned} \quad (17)$$

a dostaneme finální vztah

$$R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}. \quad (18)$$

Palivový článek

Petr Musil, Gymnázium a SOŠ, Moravské Budějovice

Ondřej Holčápek, Gymnázium a SOŠ, Moravské Budějovice

Tomáš Vlček, Gymnázium V. Makovského, Nové Město na Moravě

Vojtěch Koudelka, Biskupské gymnázium Varnsdorf

Abstrakt:

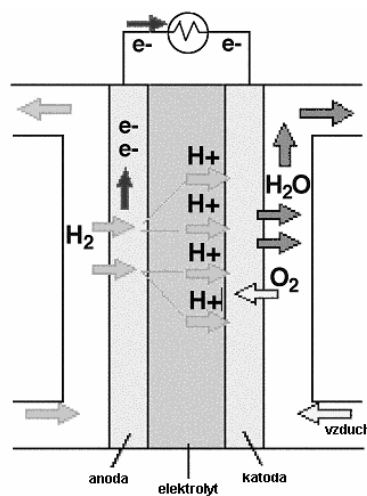
Úkolem našeho pozorování bylo detailně se seznámit s palivovým článkem. Prostudovali jsme jeho konstrukci a celkové zapojení článku. Provedli jsme mnohá měření, abychom posoudili energetickou účinnost jednotlivých jeho částí a celého zařízení. Došli jsme k závěru, že ekologický palivový článek je jednou ze zajímavých alternativ pro budoucí výrobu energie.

1 Úvod

Jedním z mnoha velmi diskutovaných témat odborné veřejnosti je výroba levné, ekologické a obnovitelné energie. Existuje celá řada možností jak takovouto energii získat. Můžeme se obrátit směrem k Slunci, větru, biomase, ..., či palivovému článku. Právě palivový článek byl hlavním předmětem našeho bádání. V současné době probíhají intenzivní výzkumy, zaměřené na zdokonalování palivového článku a jeho použití v praxi. Palivový článek se jeví velice perspektivní alternativou například pro automobilový průmysl, či mobilní technologie (notebooky, mobilní telefony).

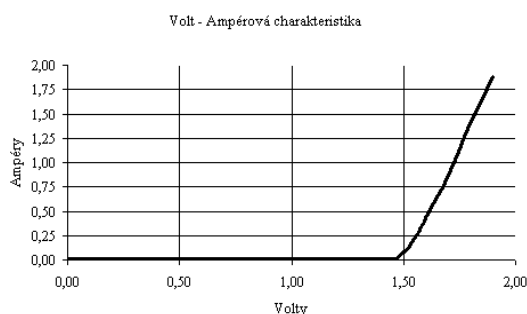
2 Popis pokusu

Dostali jsme k dispozici laboratorní přístroj (od firmy H-tec), který se skládá ze dvou základních částí. První částí je elektrolyzátor, který z destilované vody vyrábí vodík (H_2), sloužící jako palivo pro druhou část, vlastní palivový článek. Pro obě tyto části jsme provedli měření voltampérové charakteristiky a účinnosti. Na závěr jsme výpočtem určili celkovou účinnost přístroje.



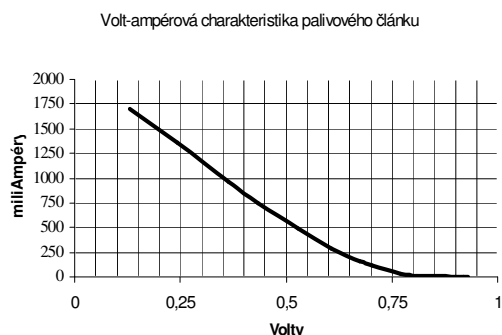
3 Výsledky měření

První, co jsme měřili, byla voltampérová charakteristika elektrolyzáru. Tu jsme získali

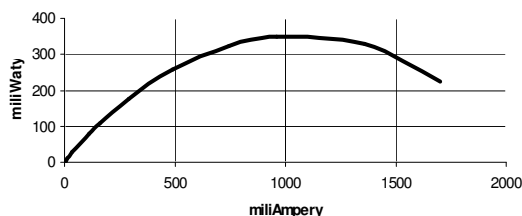


měněním napětí na zdroji a odečítáním hodnot proudu. Pak jsme měřili účinnost elektrolyzáru. Na zdroji jsme nastavili stálou hodnotu napětí, a pak jsme sledovali proud a nárůst objemu vyprodukovaného vodíku v čase. Z vyčtených hodnot jsme vypočítali účinnost elektrolyzáru jako podíl energie na výstupu (energie potřebná ke vzniku daného objemu vodíku) proti energii na vstupu (součin napětí a proudu). Průměrná účinnost

byla **97 %**. Dalším prvkem modelu byl vlastní palivový článek. Jeho voltampérovou charakteristiku jsme změřili změnou odporu zapojeném na článku, který byl v chodu (proudil do něj vodík). Tato změna vede ke změně napětí a tím i proudu.



Výkon palivového článku



Hodnoty výkonu palivového článku jsme získali součinem napětí a proudu z voltampérové charakteristiky článku. Účinnost vlastního palivového článku jsme určili výpočtem. Stejně jako u elektrolyzáru podílem výstupní a vstupní energie. Průměrná účinnost článku je asi **50 %**. Celková účinnost celého zařízení je rovna součinu obou dílčích účinností (elektrolyzáru a palivového článku) a to je **49 %**.

4 Závěr

Relativně vysokou účinností (např. spalovací motory – pouze 25%), jsou palivové články velmi zajímavou alternativou v automobilovém průmyslu, ale i v jiných oblastech. Překážkou jejich širokého rozšíření je nejen vysoká cena materiálů a výroby, ale i riziko skladování vodíku.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za poskytnuté technické vybavení a našemu supervizorovi Dr. Ing. Pavlu Soldánovi za vhodné připomínky a pomoc v našem projektu.

Reference

<http://www.akademon.cz/>

<http://www.h-tec.com/>

<http://www.energ.cz/>

Numerické modelování fyzikálních dějů

Jindřich Soukup*, Martin Štrof+, Vojtěch Procházka-
Gymnázium Kladno*, SGaGy Kladno+, Gymnázium Brno-
jindra@matfyz.cz*, marfel@seznam.cz+, v.proch@gmail.com

Abstrakt:

Cílem miniprojektu bylo numericky řešit diferenciální rovnice s fyzikálním pozadím. Hlavním tématem naší práce bylo vymodelovat dráhu letu dělové koule po výstřelu. Zpočátku jsme vytvořili model letu koule bezodporovým prostředím, později jsme simulovali i let koule v prostředí s odporem. Potom jsme se zabývali i modelem letu za silného protivětru. K řešení rovnic jsme používali Eulerovu metodu, samotné modelování se odehrávalo v prostředí Excelu a následně v Mathematice.

1 Úvod

Pohyb těles v gravitačním poli s odporovým prostředím je jednou z mnoha částí fyziky, kterou je velmi obtížné, ne-li nemožné popsat analytickými metodami. Proto se zde v hojné míře využívá numerických metod, které se nesnaží popsat trajektorii tělesa pomocí diferenciálních rovnic, používaných v analytických metodách, ale využívá postupných výpočtů, které určí výslednou trajektorii. K tomu se dá využít například programů Mathematica a Excel.

V dnešní době, kdy většina obyvatel má přístup k počítači, si takový model může vytvořit každý a názorně si prohlédnout chování těles, která se pohybují kolem něj.

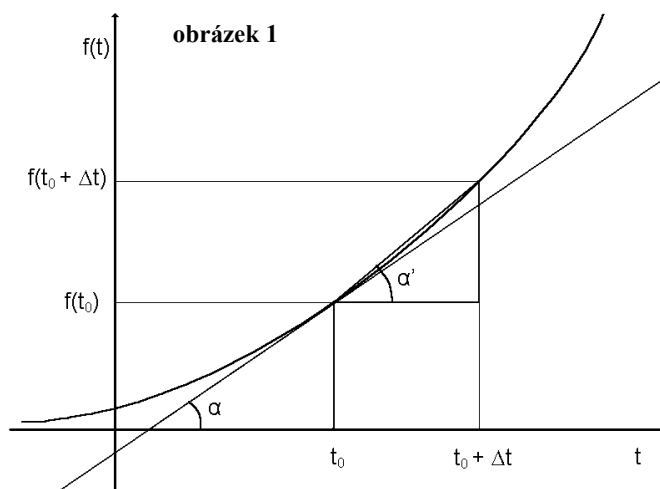
2 Eulerova metoda

V této metodě nahrazujeme diferenciální rovnice, jež neumíme analyticky řešit, rovnicemi diferenčními. Postupně počítáme situaci v různých časech vzdálených od sebe jen malý okamžik a v každém kroku upravíme hodnoty, které se v čase mění. Pokud zvolíme hodně malý časový krok, řešení diferenčních rovnic se od skutečného řešení budou lišit minimálně.

Zde se potýkáme s několika problémy, hlavním z nich jsou derivace. Stačí si ovšem uvědomit,

že derivace je $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(t_0 + \Delta t) - f(t_0)}{\Delta t}$. Pokud tedy zvolíme Δt dostatečně malé, derivace budou

téměř odpovídat. Situaci vidíme na *obrázku 1*, rovná čára značí tečnu funkce v daném bodě, derivace odpovídá $\tan \alpha$, hodnota derivace získaná Eulerovou metodou je $\tan \alpha'$.



Ve výpočtech navíc můžeme Δt převést na druhou stranu rovnice, protože známe jeho hodnotu.

3 Implementace do tabulkového editoru

Nyní je čas přejít od teorie k praxi. Všechny dřívější poznatky nyní použijeme při simulování balistické dráhy dělové koule v prostředí s odporem vzduchu.

t	x	y	v_x	v_y
0	0	0	35,35534	35,35534
	$x_{n+1} = x_n + v_x \cdot \Delta t$	$y_{n+1} = y_n + v_y \cdot \Delta t$	$v_{x_{n+1}} = v_{x_n} - \frac{k \cdot v \cdot v_x}{m} \cdot \Delta t$	$v_{y_{n+1}} = v_{y_n} - g \cdot \Delta t - \frac{k \cdot v \cdot v_y}{m} \cdot \Delta t$
0,001	0,035355	0,035355	35,17856	35,16875
0,002	0,070534	0,070524	35,00357	34,9840
0,003	0,105537	0,105508	34,83035	34,80106
0,004	0,140368	0,140309	34,65885	34,6199
0,005	0,175027	0,174929	34,48907	34,44050

V první řádce jsou sledované veličiny, jako rychlost „Vx“ v x-ovém směru a rychlost „Vy“ v y-ovém směru. X a Y jsou souřadnice pro graf:

4 Modelování v Mathematice

Program Mathematica umí řešit diferenciální rovnice automaticky, vybere vždy nejvhodnější metodu a výsledek zobrazí jako graf, jen vědět, jak na to. K numerickému řešení diferenciálních rovnic slouží příkaz NDSolve. Ukázku takového zadání si můžete prohlédnout na *obrázku 2*.

```

Mathematica 5.0 - [prezentace.nb]
File Edit Cell Format Input Kernel Find Window Help

prezentace.nb

c = 0.015;
m = 1;
g = 10;

solution = NDSolve[{VX[t] == X'[t], VY[t] == Y'[t], m * VX'[t] == -c * VX[t] * Sqrt[VX[t]^2 + VY[t]^2],
  m * VY'[t] == -m * g - c * Sqrt[VX[t]^2 + VY[t]^2] * VY[t], X[0] == 0, Y[0] == 0, VY[0] == 10, VX[0] == 10},
  {X[t], Y[t], VX[t], VY[t]}, {t, 0, 10}]

{{X[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 10.}}, <>][t], Y[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 10.}}, <>][t],
  VX[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 10.}}, <>][t], VY[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 10.}}, <>][t]}}

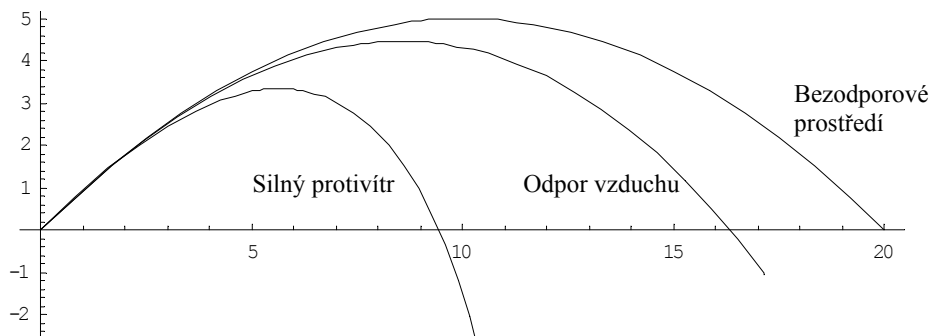
solution2 =
NDSolve[{VX[t] == X'[t], VY[t] == Y'[t], m * VX'[t] == 0, m * VY'[t] == -m * g, X[0] == 0, Y[0] == 0,
  VY[0] == 10, VX[0] == 10}, {X[t], Y[t], VX[t], VY[t]}, {t, 0, 20}]

{{X[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 20.}}, <>][t], Y[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 20.}}, <>][t],
  VX[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 20.}}, <>][t], VY[t] -> InterpolatingFunction[{{0., 20.}}, <>][t]}}

```

obrázek 2

Na obrázku 3 je graf vygenerovaný programem Mathematica, na kterém je znázorněn pohyb dělové koule při různých okolních podmínkách.



obrázek 3

5 Shrnutí

V Excelu, ale především v programu Mathematica, který používá speciálních metod při řešení numerických rovnic, jsme dostali výsledky, které s hodně velkou přesností odpovídají skutečnosti. Avšak při extrémních situacích bychom mohli zjistit vzrůstající odchylky. Je to způsobeno krokováním, kterého zde využíváme. Ve skutečnosti se tělesa pohybují absolutně plynule a sebejemnější krokování vždy vede k nepřesnostem.

Poděkování

Děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a všem organizátorům Fyzikálního týdne za umožnění práce na miniprojektu. Poděkování rovněž posíláme i našim supervisorům, a to především za odborné konzultace.

Reference:

- [1] R. FEYNMAN *Přednášky z fyziky I*
- [2] SPN *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*
- [3] T.BEDNÁRIK, M.FRANĚK, J.NÁVRAT A R. SMRŽ
Numerické modelování pohybů v gravitačním poli

Využití plynové chromatografie při dechloraci polychlorovaných bifenyľů

T. Hejda*, R. Špetlík**

*Gymnázium Ch. Dopplera, Praha

**Gymnázium a SPgŠ Jeronýmova, Liberec

*tohe@centrum.cz, **ras@email.cz

Abstrakt

V našem miniprojektu jsme se rozhodli zkoumat možnosti degradace škodlivých polychlorovaných bifenyľů (PCB) ozařováním. Pomocí plynového chromatografu jsme detegovali přítomnost PCB ve vodě. Zjistili jsme, že pro detekci PCB je nejvhodnější použít Electron Capture Detector (ECD), protože je vysoce citlivý na přítomnost chloru v látkách. Dále jsme zjistili, že ozařováním se PCB degradují až na bifenyľ, který je snadno odbouratelný.

1 Úvod

Polychlorované bifenyly byly objeveny v roce 1881 a do průmyslové výroby se dostaly v roce 1929. Zdály se být velice bezpečnými chemickými produkty, protože jsou prakticky netoxické, netěkavé, bez zápachu, jsou stabilní a nekorozivní. V roce 1966 však byl zjištěn jejich velký výskyt v přírodě a byla zjištěna jejich spojitost se snižováním populace mořských ptáků a savců. Byly vyráběny po dlouhou dobu a používaly se hlavně jako plnidla do transformátorů a kondenzátorů. Velký podíl vyrobeného množství PCB je v těchto zařízeních stále funkční.

Odbourávání PCB z přírody má velký význam pro ekologii naší planety. Pro detekci jeho přítomnosti je vhodné použití plynového chromatografu, neboť je vysoce citlivý na přítomnost chloru v látkách.

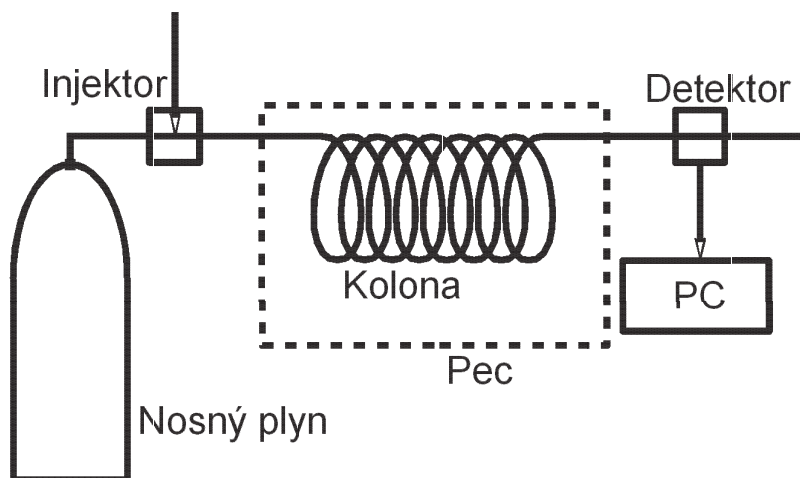
2 Plynová chromatografie

Uspořádání chromatografu

Plynový chromatograf je zařízení používané k určení složení směsi v plynné fázi či k separaci jednotlivých složek. Chromatograf se sestává z těchto částí (viz Obrázek 1):

Zdroj nosného plynu — obvykle dusíku nebo hellia (hellium je vhodnější, ale také dražší).

Injektor — jehla s injekční stříkačkou, která je schopna do systému vpravit řádově desítky μl směsi.



Obrázek 1: Schema plynového chromatografu.

Kolona — úzká trubice naplněná pevnou látkou, kterou prochází nosný plyn nesoucí vzorek. Kolona je umístěna v peci, kde se udržuje předepsaná teplota. Rozlišujeme dva druhy kolon:

Kapilární kolony — trubice o průměru v řádu desetin milimetru, ve kterých je na povrchu nanese tenká rovnoměrná vrstva kapalné stacionární fáze.

Náplňové kolony — trubice o průměru v řádu milimetrů, do kterých se jakožto stacionární fáze vysypává speciální prášek.

Detektor. Detektorů známe několik typů, přičemž obvykle se používá v daném měření pouze jeden detektor, ale je možno zapojit i více detektorů najednou.

Flame Ionization Detector (FID). V detektoru hoří vodík a plamenem se ionizuje procházející plyn. Ionty zvyšují vodivost plynu a tato změna je zaznamenávána jako peak v grafu.

Electron Capture Detector (ECD). V detektoru je umístěn zdroj elektronů (např. β^- zářič ^{60}Ni). Elektrony, které emituje, jsou zachycovány hlavně atomy s vysokou elektronegativitou, což se projeví poklesem proudu mezi elektrodami detektoru. Tento detektor je tedy vysoce citlivý na elektronegativní prvky jako je fluor, chlor, kyslík, ...

Mass Spectrometer (MS) — hmotnostní spektrometr. MS je zařízení, které určuje měrný náboj procházejících iontů. K určení hmotnosti atomu nebo molekuly je zionizujeme, čímž dostaneme málosytné ionty s diskrétními hodnotami měrného náboje. Tyto ionty necháme procházet přes magnetické pole a podle zakřivení jejich trajektorie určíme měrný náboj. Měrné náboje jedné sloučeniny budou v celočíselných násobcích měrného náboje jejího jednosytného iontu.

Princip chromatografu

Kolonou necháme proudit nosný plyn a do něj v jeden okamžik přidáme analyzovanou směs. Jednotlivé složky směsi se zachycují na stacionární fázi s různou pravděpodobností,

kteřá závisí hlavně na jejich polárnosti. Složka, která se zachytává s menší pravděpodobností kolonou projde rychleji a na detektor přijde dříve. Takto je možné přítomnost jednotlivých složek detegovat zvlášť a po provedení kalibrace určit jejich množství ve směsi i absolutně. Při velké šikvnosti je možné i jednotlivé složky separovat, pokud rozdělnou směs postupně pouštíme do různých sběrných nádob podle toho, která složka právě prochází.

Na výsledek měření má klíčový vliv několik faktorů:

Tlak plynu. Při vyšším tlaku je větší rychlost proudění a tím se zkracuje doba průchodu složek kolonou;

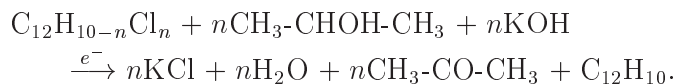
Délka kolony. V delší koloně se látky drží déle a mohou se lépe oddělit.

Teplota v peci — teplota v peci určuje rychlost odparu jednotlivých složek. Je například možné nechat nejprve za nízké teploty odpařit rozpouštědla a až poté nechat odpařit látky, které chceme zkoumat.

3 Degradace PCB ozařováním

Princip degradace

Ozařujeme-li PCB, dochází na nich ke štěpení vazeb C-Cl. Jsou-li PCB umístěny v isopropanolu $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$, dochází vlivem ionizujícího záření také k odštěpení vodíku v hydroxyly a z radikálů chloru a vodíku vzniká HCl. Na isopropanolu dojde k vytvoření dvojné vazby na kyslíku a přebytečný vodík se naváže na radikál původního PCB. Přidáme-li navíc do roztoku hydroxid draselný KOH, dojde k neutralizaci za vzniku neškodné soli a vody. Celá reakce by se dala zapsat asi následovně:



Ozařování

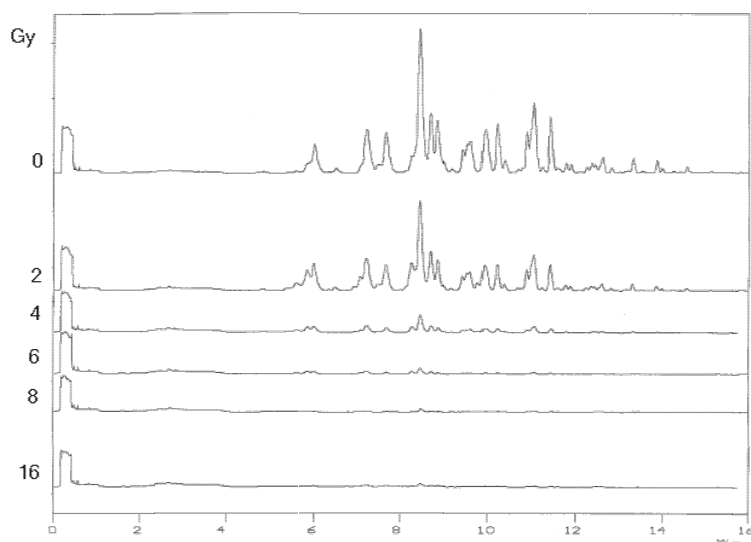
Možnosti ozařování jsou dvě:

- na urychlovači;
- pomocí prvku produkujícího ionizující záření.

První varianta má tu nevýhodu, že urychlovače nejsou příliš dostupné, druhá varianta, že vzbuzuje v očích veřejnosti obavy z radiace.

Detekce dechlorace

K detekci stupně degradace PCB jsme použili plynový chromatograf. Jako nosný plyn jsme použili dobře dostupný dusík a jako nejvhodnější detektor se jevil ECD pro svou velkou citlivost na chlor. Na obrázku 2 je vidět, jak se množství PCB měnilo po ozařování. Již při dávce 4 Gy je pokles podílu PCB značný a při dávce 6 Gy je stopa po PCB ve vzorku mizivá.



Obrázek 2: Graf na výstupu z chromatografu po ozařování vzorku PCB různými dávkami radiace. (Peak úplně vlevo je pro lepší možnost porovnání a při všech měřeních je stejný.)

4 Shrnutí

Chlorované bifenylly jsou jedním z velkých ekologických problémů této planety a ionizační degradace je dnes nejlépe dostupnou cestou k jejich odstraňování. Tato metoda je vysoce účinná, v současnosti však zůstává problém, jak aplikovat tuto metodu ve velkém, např. při výrobě pitné vody, zpracování potravin, ...

Zavedla-li by se degradace PCB při běžných výrobních procesech, bylo by možné využívat plynovou chromatografii k detekci zbytkových množství PCB v látkách.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Ing. Rostislavu Siberovi, CSc. za vysoce kvalitní uvedení do problematiky a za umožnění „osahat si“ plynovou chromatografii. Naše díky patří také Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT Praha za možnost pracovat na jejím odborném pracovišti.

Reference

- [1] Zýka, J. et. al. *Analytická příručka I*. SNTL, ALFA. 1979.
- [2] Pokorná, T. *Polychlorované bifenylly*. www.waste.cz. 2004.
- [3] Ústav konzervace potravin a technologie masa VŠCHT Praha. *Plynová chromatografie*. www.vscht.cz/ktk/www_324/laboratory/OborI/GC.pdf. 2003.
- [4] Allaby, M. et. al. *A Dictionary of Ecology*. Oxford University Press. 1998. *Oxford Reference Online*. Oxford University Press. Academy of Sciences. 2005. <http://www.oxfordreference.com/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t14.e4402>

Využití atomové absorpční spektrometrie při studiu radiačního čištění odpadních vod

V. Houska*, V. Jarý**

*Gymnázium Špitálská, Špitálská 2, Praha 9

**Gymnázium F. M. Pelcla, Rychnov n. Kněžnou
Hexogen@seznam.cz

Abstrakt:

V práci je studován vliv ethylalkoholu jako vychytávače radikálů při radiačním odstraňování olova a kadmia z laboratorně modelovaných roztoků odpadních vod. Jako analytická metoda byla použita plamenová atomová absorpční spektrometrie.

Vzorky byly ozářeny urychlenými elektrony na lineárním urychlovači, byly použity dávky od 2 do 40 kGy. U obou kovů dochází k redukci až od dávky 3-5 kGy a se stoupající dávkou klesá zbytková koncentrace obou kovů až na úroveň 20% (pro 20 kGy) a se zvyšující dávkou se nemění. Výzkum radiačního čištění vod s využitím vychytávačů radikálů tohoto typu na Katedře jaderné chemie FJFI pokračuje s podporou grantů.

1 Úvod

Těžké kovy patří z ekologického hlediska mezi nejnebezpečnější kontaminanty, protože jsou toxické a nejsou biodegradabilní. Alternativní metodou ke konvenčním několikastupňovým a ekonomicky náročným postupům jejich likvidace může být využití ionizujícího záření (radiační technika), jež se v rostoucí míře uplatňuje v procesu čištění průmyslových odpadních vod a při zpracování čistírenských kalů. Kromě desinfekčních, dekolorizačních a deodoračních efektů a pozitivního vlivu na parametry kalů (koagulace, rychlost sedimentace aj.) lze totiž radiačně i odstraňovat těžké kovy, a to přímou radiační redukcí jejich iontů buď na metalickou, snadno separovatelnou formu, nebo do nižších, méně toxických oxidačních stupňů.

Na Katedře jaderné chemie FJFI je v současné době studována účinnost radiační redukce iontů kovů (Pb^{2+} , Cd^{2+} a jiných) ve vodných roztocích. Plamenová atomová absorpční spektrometrie (AAS) je vhodnou metodou na vyhodnocení účinnosti této radiační redukce.

2 Experimentální část

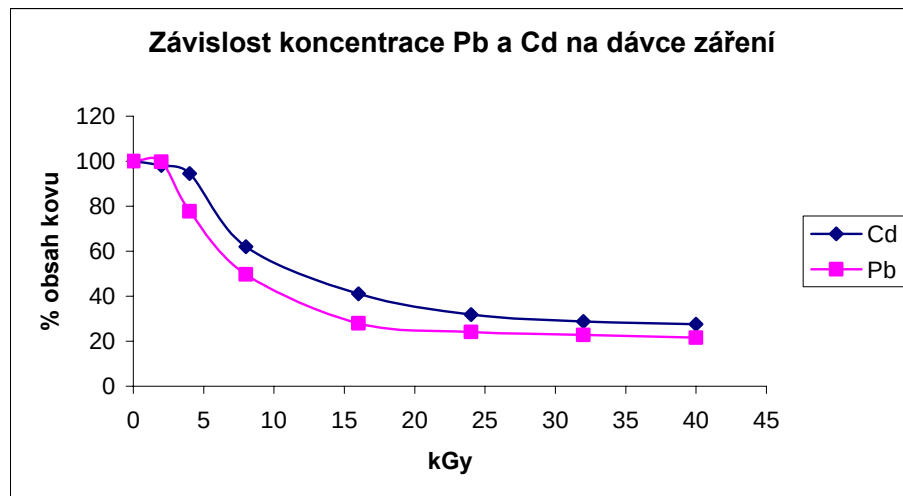
Pro přípravu modelových roztoků Pb^{2+} byl použit $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (počáteční koncentrace $4,83 \cdot 10^{-4}$ M) a roztoků Cd^{2+} $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (počáteční koncentrace $8,9 \cdot 10^{-4}$ M). Vychytávání hydroxylových radikálů zajišťoval přídavek 10% ethanolu. Připravené roztoky byly zatavovány do skleněných ampulí a následně ozářeny dávkami 2, 4, 8, 16, 24, 32, 40 kGy

urychlenými elektrony na lineárním vysokofrekvenčním urychlovači s nosnou vlnou UR-4-1200 Tesla. Po ozáření byla vyredukovaná pevná fáze odstraněna centrifugací.

Měření zbytkové koncentrace olova a kadmia v roztocích bylo provedeno metodou atomové absorpční spektrometrie na přístroji SpectrAA-200 s plamenou ionizací firmy Varian. Byla použita kalibrační metoda; olovo bylo měřeno při 217,0 nm a kadmium při 228,8 nm s korekcí nespecifické absorpce.

3 Výsledky

Výsledky měření jsou shrnuty v grafu č. 1.



Graf č. 1: Závislost procentuálních obsahů Pb a Cd iontů ve vzorcích ozářených urychlenými elektrony v přítomnosti vychytávače radikálů (10% roztok ethanolu) s dávkovací rychlostí 1 kGy/s.

Z uvedeného grafu je zřejmé, že účinnost je mírně vyšší pro odstranění olova, dále že k redukci dochází až u dávek 3-5 kGy, a že od dávek 20 kGy již koncentrace obou kovů již prakticky neklesá a drží se na úrovni zhruba 20%.

4 Shrnutí

V rámci této úlohy fyzikálního týdnu jsme se seznámili s metodou atomové absorpční spektrometrie s plamenou atomizací. Tato metoda je vhodná pro stanovení celé řady kovů a plně vyhovuje pro výzkum radiačního odstraňování kovů z odpadních vod.

Výsledky těchto vyhledávacích experimentů jsou nadějně v tom smyslu, že v plánovaném dalším výzkumu bude možno upravit podmínky tak, aby bylo docíleno co nejúčinnějšího odstranění studovaných toxických kovů z odpadních vod.

Poděkování

Autoři děkují za konzultaci Mgr. Jiřímu Dolanskému, CSc. a za přípravu vzorků Ing. Barboře Drtinové.

Reference:

- [1] ČERNOHORSKÝ, T. A KOL.: *Atomová absorpční spektrometrie I (Základní kurz)* Spektroskopická společnost Jana Marka Marci, Praha, 2003
- [2] HEJNOVÁ, P.: *Studium radiační separace toxických kovů (Pb, Cd) z vodných roztoků, Diplomová práce, Katedra jaderné chemie FJFI ČVUT v Praze 2004*

Elektronová mikroskopie ve výzkumu materiálů

J. Navrátil, GIO Semily, pepa.navratil.ez@volny.cz
A. Bárek, GHB Havlíčkův Brod, ales.barek@atlas.cz
P. Fojtů, G Benešov, fojtu_petr@gbn.cz
P. Solný, MGO Opava, solny@seznam.cz

Abstrakt:

Tato práce se zabývá zkoumáním vzorku zlatinky z Jílového u Prahy pomocí elektronového mikroskopu. Během analýz a studia povrchu materiálu bylo zjištěno, že se nejedná o zlato, nýbrž o sloučeninu křemíku, železa, draslíku a titanu.

1 Úvod

Při vědecké práci, ale i jiné praxi často potřebujeme pozorovat předměty pouhému oku neviditelné. Někdy potřebujeme pozorovat vnitřní strukturu materiálů, pro tento účel nám slouží mikroskopy.

Lidské oko nemůže rozeznat předmět nebo jeho detail, jestliže je zorný úhel menší než 1'. Mikroskop je zařízení, které umožňuje zorný úhel opticky zvětšit a tak pozorovat i velmi malé předměty.

Mikroskopy podle záření, které se využívá k zobrazování předmětů na **optické** a **elektronové**. Optickým mikroskopem dosáhneme maximálního zvětšení asi pouze 2000x, což je dáno vlnovou délkou světla. Naproti tomu nám umožňují nejlepší elektronové mikroskopy takového zvětšení, že můžeme rozlišit i jednotlivé atomy.

Základní typy elektronových mikroskopů:

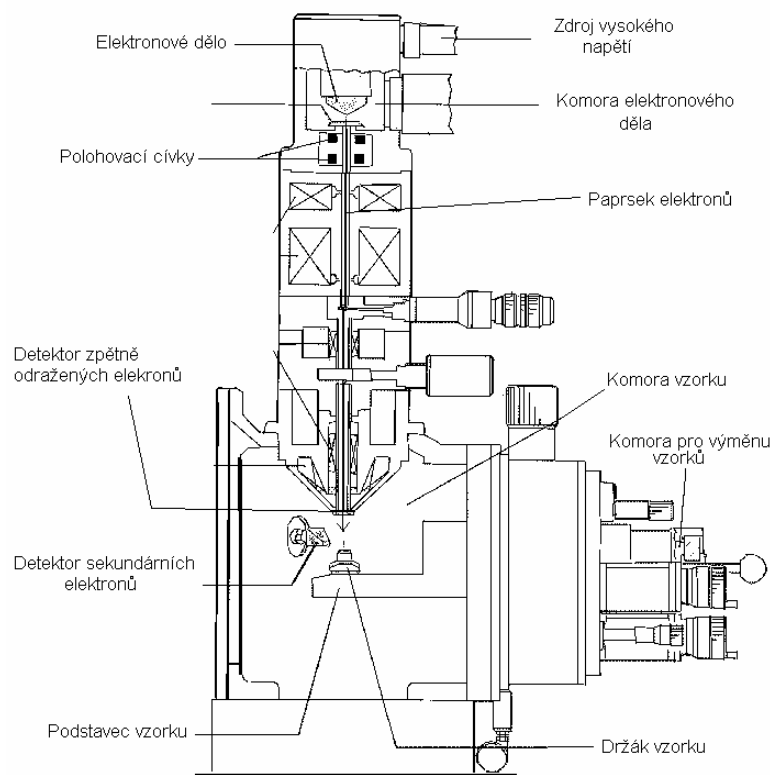
- Transmisní elektronový mikroskop
- Rastrovací elektronový mikroskop

Rastrovací elektronový mikroskop pracuje s tenkým svazkem elektronů, který dopadá postupně na všechna místa zorného pole. Odražený paprsek se převádí na viditelný obraz. K mikroskopu lze připojit zařízení k analýze složení zkoumaných vzorků – v našem případě energiově disperzní analyzátor.

Při interakci elektronů s povrchem sledovaného vzorku vzniká celá řada druhů záření. Tato záření jsou detekována a na základě toho se tvoří různé typy obrazu, které nám poskytují o zkoumaném vzorku různé informace. Nejtypičtější je obraz v sekundárních elektronech a ve zpětně

odražených elektronech. Při interakci vznikajícího RTG záření se využívá k analýze chemického složení vzorku v místě dopadu svazku.

Při naší vědecké práci jsme měli možnost pracovat s rastrovacím elektronovým mikroskopem, dále (R.E.M.) JEOL JSM 5510LV, který vlastní Katedra materiálů FJFI ČVUT. Tento mikroskop umožňuje pozorovat vzorky s maximálním zvětšením přibližně 30 000x.

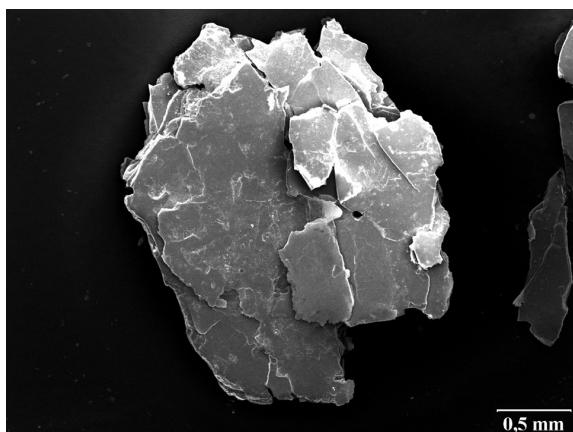


Obr.1 Schéma rastovacího elektronového mikroskopu

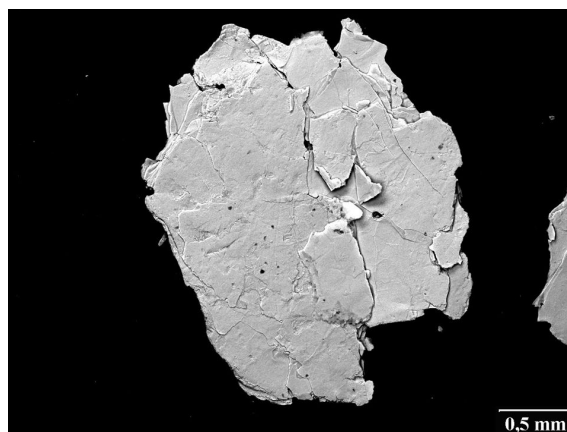
2 Zkoumání zlatinky z Jílového u Prahy

Jak jsme vzorek získali

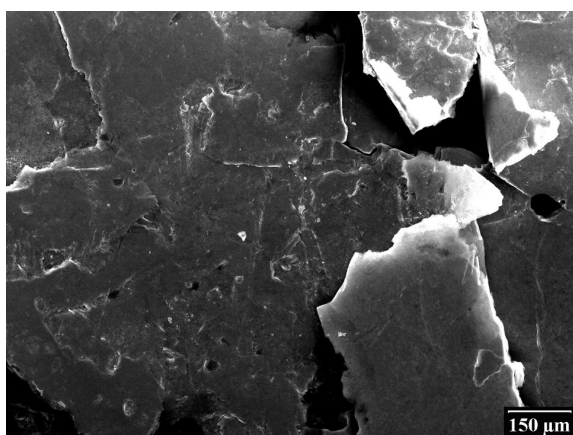
Jeden z členů našeho týmu se kdysi dávno zúčastnil exkurze do hornického muzea v Jílovém u Prahy, kde mu bylo po zaplacení „menšího“ finančního obnosu umožněno nejen si prohlédnout část sbírek, ale také vyzkoušet si jak se zlato rýžuje. Vytěžil tak několik šupinek zlatě se třpytících, ve zlatokupeckých okruzích zvané zlatinky, a my jsme pořídili několik snímků.



Obr.2 Snímek v sekundárních elektronech



Obr.3 Snímek ve zpětně odražených elektronech

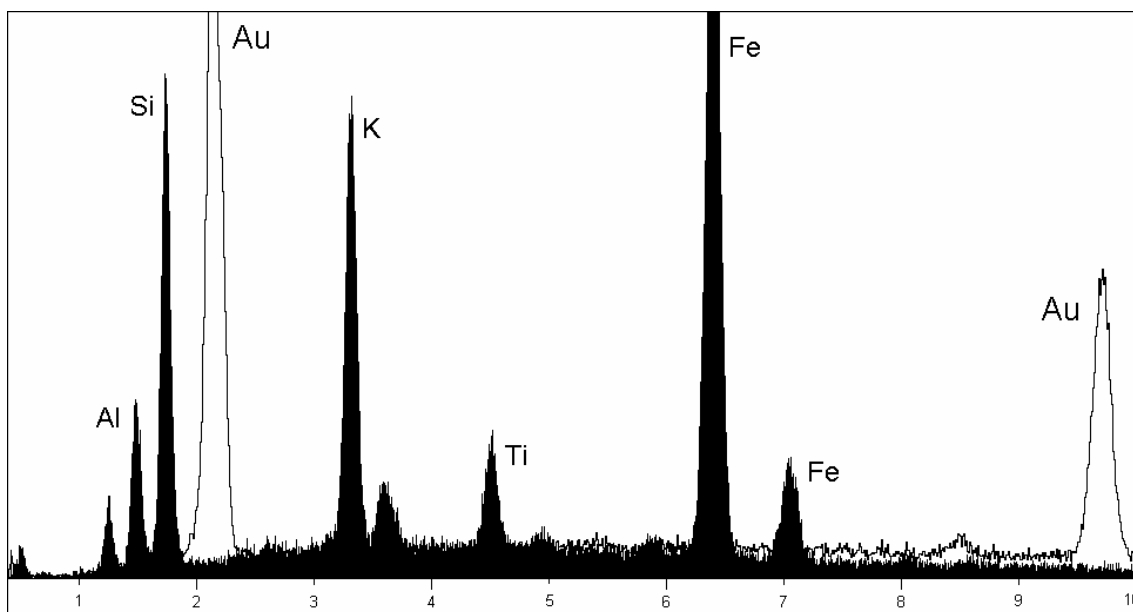


Obr.4 Snímek loupající se vrstvy zlatinky



Obr.5 Snímek detailu zlatinky

Po nasnímkování zkoumaného vzorku jsme přikročili k analýze složení pomocí RTG záření. Bližší zkoumání a analýza prokázaly, že se vzorek skládá převážně ze železa, křemíku a draslíku. Výsledek můžete vidět na obr. 6.



Obr.6 Analýza vzorků. Barevně nevyplněná oblast je spektrum čistého zlata, černě vyplněná oblast je spektrum zkoumaného vzorku z 68. (osa x – energie v keV; osa y – četnost odražených elektronů o dané E)

3 Shrnutí

Analýzou bylo prokázáno, že zkoumaný vzorek zlato neobsahuje, což se projevilo i při makroskopickém pohledu - vzorek byl světlejší než pravé zlato a loupal se.

Rastrovací elektronový mikroskop se dá použít také ke zjišťování stavby, struktury a poškození různých kovů. Například k zjišťování trhlin v parovodním potrubí, zkoumání příčin poškození a vzniku těchto trhlin.

Poděkování:

Poděkování si obzvláště zaslouží: Super – supervizor Ing. Jan Adámek (za ochotu a laskavost)

Katedra materiálů FJFI ČVUT 2005

Sponzoři Fyzikálního týdne 2005

Organizátoři Fyzikálního týdne 2005

Reference:

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

DIFRAKCE ELEKTRONŮ V KRYSTALECH, ZOBRAZENÍ ATOMŮ

T. Jeřábková

Gymnázium, Brno, Vídeňská 47

ter.jer@seznam.cz

V. Košař

Gymnázium, Brno, Vídeňská 47

vlastik9a@atlas.cz

G. Malenová

Gymnázium Třebíč

malena.vy@quick.cz

A. Podolník

Gymnázium Brno, tř. Kpt. Jaroše 14

big.alda@seznam.cz

Abstrakt:

Při studiu struktury materiálů se v současné době využívá elektronové mikroskopie, která výrazně přesahuje možnosti optické mikroskopie. Dosahovaná zvětšení jsou až 800000. Podstatou zobrazení je interakce emitovaného svazku elektronů s atomy v krystalové mřížce. Přes náročnost přípravy vzorků a částečně destruktivní charakter metody nachází elektronová mikroskopie široké uplatnění v mnoha vědních oborech.

1. Úvod

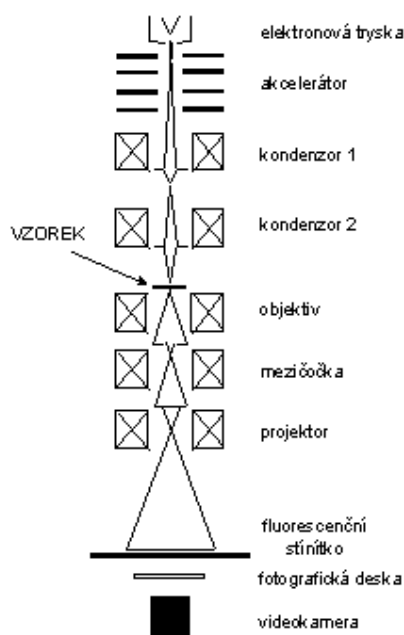
Se zvyšujícími se požadavky na nové materiály vyvstal před vědci problém, jak se dostat hlouběji do nitra hmoty. Ačkoli je dnes optická mikroskopie rozvinutým odvětvím, má svoje omezení. Nehodí se ke zkoumání na atomární úrovni, protože můžeme pozorovat pouze objekty větší než je vlnová délka světla. Velký význam pro rozvoj fyziky měl objev rentgenového záření. Jeho vlnová délka je sice srovnatelná s meziatomovými vzdálenostmi, ale nedovoluje přímé zobrazení krystalové mřížky. K vynálezu elektronového mikroskopu přispěly významnou měrou dva objevy: magnetická čočka a fakt, že elektron s dostatečně

velkou energií má vlnovou délku ekvivalentní vzdálenosti atomů, lze ho tedy použít k jejich zkoumání.

2. Elektrony a difrakce

Elektronový mikroskop

Prozařovací elektronový mikroskop (TEM) využívá k zobrazení preparátu zaostřený svazek elektronů. Ten je emitován z wolframové katody a urychlován vysokým napětím. Dále je zaostřován magnetickými čočkami a velkou rychlostí dopadá na vzorek. Při urychlovacím

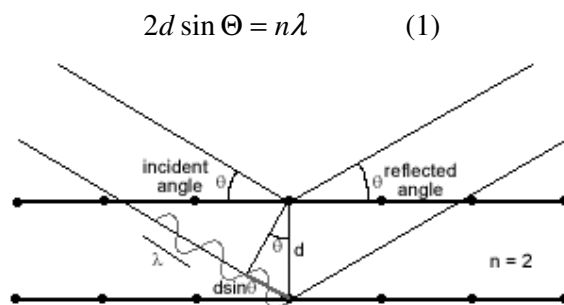


Obr 1. Schéma elektronového mikroskopu

napětí 200 kV je rychlost elektronů až $0,7c$ a při konstrukci čoček se tak musí počítat i s relativistickými efekty. Magnetické čočky mají stejné druhy vad jako čočky optické, ale nedají se kompenzovat. Svazek tak musí mít malý průměr. Po průchodu elektronů vzorkem je obraz pozorován na luminiscenční stínítko nebo snímán CCD kamerou. Aby nedocházelo k interakcím elektronů s atmosférou, je v elektronovém mikroskopu udržováno vakuum. Vzorek v tomto typu mikroskopu musí být dostatečně tenký, aby jím elektrony prošly ($10 \div 500 \text{ nm}$) [3].

Difrakce v krystalech

Difrakce, neboli rozptyl elektronů v krystalu, vzniká tehdy, když odkloněné elektrony spolu konstruktivně interferují [2]. A to nastane právě tehdy, když platí Braggův zákon (1), obr. 2:



Obr 2. Braggův zákon

Při průchodu elektronového svazku vzorkem jsou elektrony ovlivňovány jednotlivými atomy v krystalové mřížce. Při vhodném nastavení systému tak můžeme na stínítku pozorovat difrakční obrazce, ze kterých se potom dá určit typ krystalové struktury materiálu.

Při průchodu paprsku monokrystalem difrakční obrazce vytváří síť bodů, při průchodu polykrystalem to jsou soustředné kružnice.

Strukturní faktor

K vyhodnocení difrakce je potřeba znát strukturní faktor F_{hkl} krystalu. Strukturní faktor je součet amplitud vln rozptýlených jednotlivými atomy:

$$F_{hkl} = \sum_{n=1}^N f_n e^{2\pi i(hu + kv + lw)} \quad (2)$$

Každá krystalová struktura má jiný strukturní faktor:

BCC (kubická prostorově centrovaná): $F_{hkl} = f_1 + f_2 e^{\pi i(h+k+l)}$

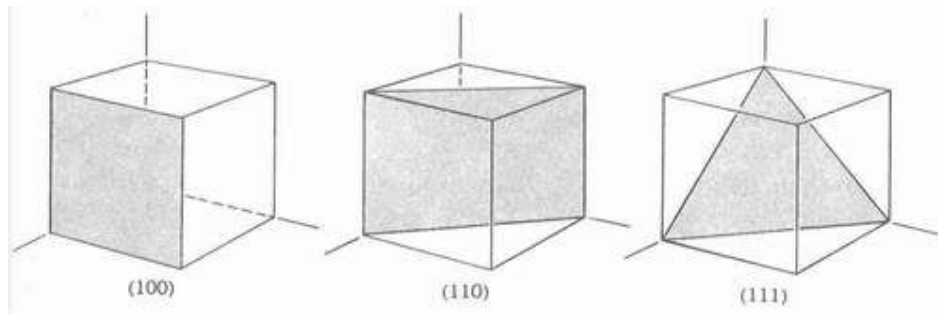
Pokud $h+k+l=2n+1$, pak se jedná o destruktivní interferenci vln a intenzita svazku je nulová.

Pro $h+k+l=2n$ jde o konstruktivní interferenci a intenzita svazku je maximální.

FCC (plošně centrovaná): $F_{hkl} = f \left[1 + e^{\pi i(h+k)} + e^{\pi i(k+l)} + e^{\pi i(h+l)} \right]$

Konstruktivní interference vznikne pouze tehdy, když koeficienty h , k , l jsou všechny sudé nebo všechny liché.

Pozn.: Koeficienty h, k, l určují krystalovou rovinu (hkl):



Obr. 3: Příkladky krystalových rovin

Určování typu krystalové mřížky

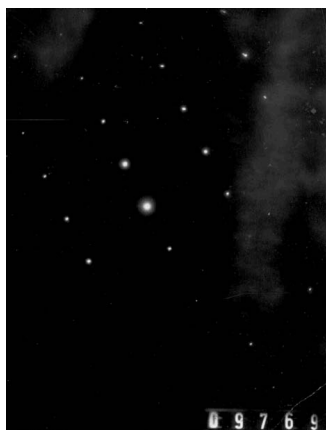
Ze snímků získaných mikroskopem na MFF UK jsme určovali:

- a) směr dopadajícího elektronového svazku na monokrystal zlata [1]
- b) typ krystalové struktury různých polykrystalů

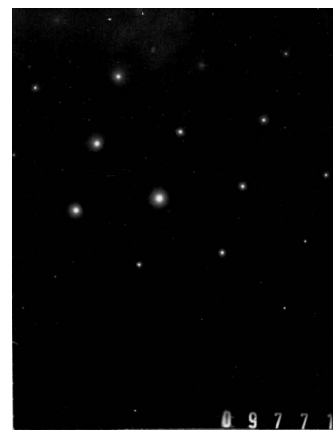
Ad a)



[001]

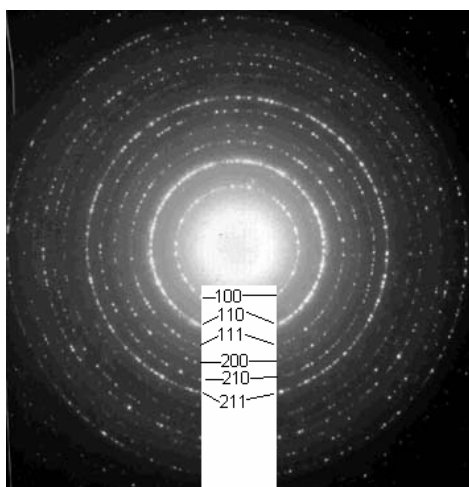


[113]

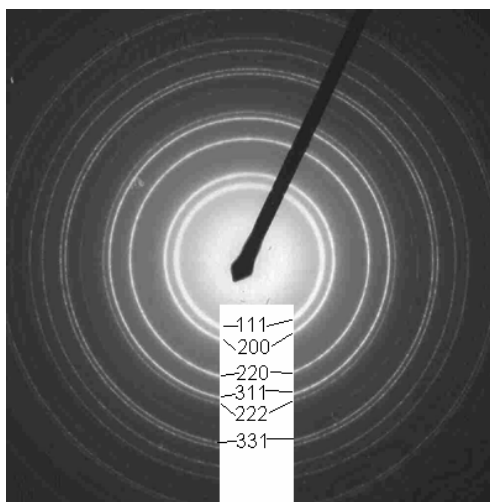


[114]

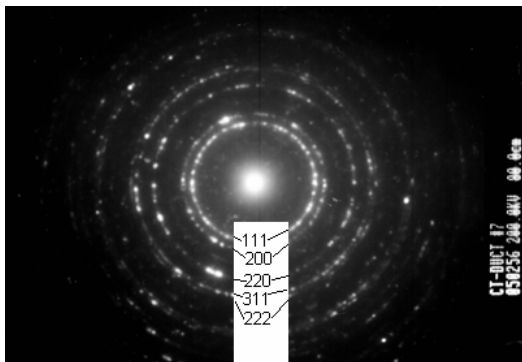
Ad b)



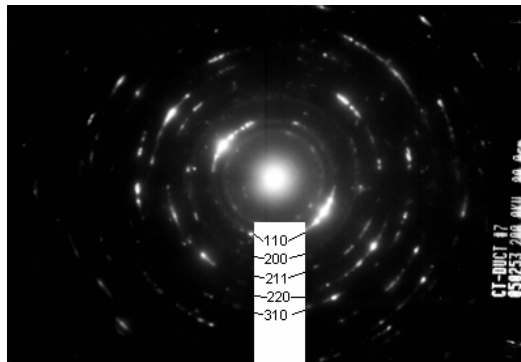
TiCl (sc – primitivní)



Al (fcc – kubická plošně centrovaná)



Ni (fcc – kubická plošně centrovaná)



α-Fe (bcc – kubická prostorově centrovaná)

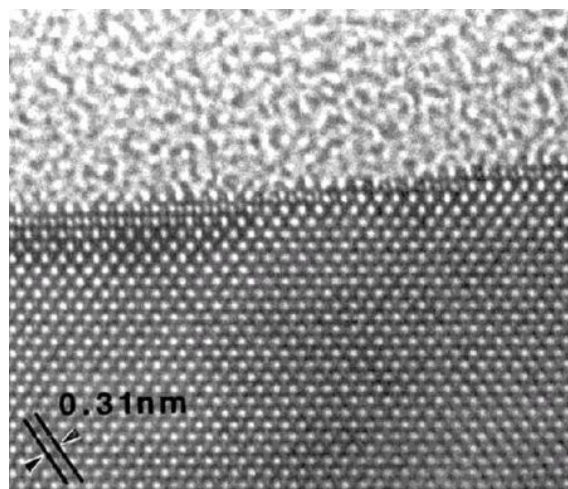
Popisky u jednotlivých kroužků odpovídají různým indexům rovin. Zjistili jsme je pomocí měření průměrů kroužků, dále s pomocí vzorců (3) a (4) a tabulky rovin ($hkl = 100, 110, 111, 200, 210, 211, 220, 221, 222, 300, 311, 321, 400, 331$)

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad (3)$$

$$Rd_{hkl} = \lambda L = konst. \quad (4)$$

Zobrazení atomů

Interference elektronových vln se dá také využít pro zobrazení jednotlivých atomů v krystalu, pokud mikroskop bude dostatečně stabilní a elektronový svazek koherentní. Vzorek také musí být velmi tenký (30 až 50 nm) [3]. Při splnění těchto podmínek můžeme dosáhnout zvětšení 600 000 - 800 000 ×.



Obr. 4 Vrstva křemíku a SiO_2

3. Shrnutí

Elektronová mikroskopie se uplatňuje v řadě vědních oborů od chemie až po fyziku. Používá se pro studium vnitřní krystalické struktury materiálů (v případě vysokorozlišovací elektronové mikroskopie i ke studiu atomární struktury materiálů). Výzkum nových materiálů by byl bez elektronové mikroskopie ztížen. Dalším významným oborem v němž je využívána je studium poruch materiálů a tím přispívá ke zvýšení bezpečnosti mnoha strojů a staveb.

Poděkování

Děkujeme Vojtovi Svobodovi a FJFI za organizaci FYZTYDu, RNDr. Dr. Miroslavu Karlíkovi za předvedení elektronového mikroskopu a přípravu materiálů, Kubovi za náhradu supervizora, sobě a nakonec panu Einsteinovi za rok fyziky.

Reference:

- [1] SMOLA, B.: *Transmisní elektronová mikroskopie ve fyzice pevných látek* Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1983, Tabulka IV 158-159.
- [2] KITTEL, CH.: *Úvod do fyziky pevných látek* Academia, 1985, 21, 73
- [3] KARLÍK, M.: *Rozhledy matematicko-fyzikální* Jednota českých matematiků a fyziků, 1995, Pohled na atomy: vysokorozlišovací elektronová mikroskopie 215-222.

Poškození DNA vlivem ionizujícího záření

David Paulů
Gymnázium Jiřího Wolker, Prostějov
david_paulu@seznam.cz

Zdeňka Ryšavá
Gymnázium Matyáše Lercha, Brno
zdenka.rysava@post.cz

Martina Černá
Gymnázium Mikulov
jullietka@centrum.cz

Lucie Coufalová
Gymnázium Vídeňská, Brno
luc.couf@seznam.cz

Abstrakt:

Vlivem ionizujícího záření dochází k poškození DNA. Některá z těchto poškození se dají jednoduše měřit metodou agarózové elektroforézy. Vzorky DNA ve vodě byly ozářeny ^{60}Co v intervalu 0-8 Gy. Změřili jsme množství jednoduchých a dvojných zlomů v ozářených vzorcích a zjistili jsme, že zlomů přibývá s rostoucí dávkou ozáření.

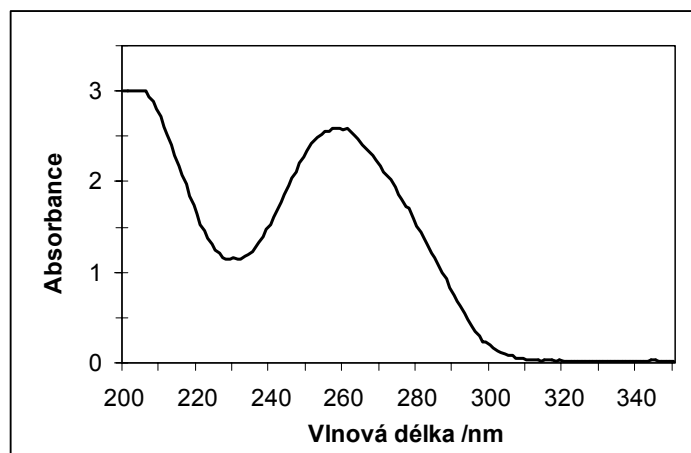
1 Úvod

Při ozáření ionizujícím zářením, jsou poškozeny jednotlivé části buněk. Poškození DNA je pro buňku kritické, protože buňka obsahuje pouze dvě kopie DNA a špatně opravené poškození ovlivňuje celý život buňky a jejích buněk dceřiných. Typickým poškozením DNA ionizujícím zářením jsou zlomy. Jsou jednoduché (SSB-*single strand breaks*), které změní nepoškozený stočený plasmid na kruhový, nebo dvojný (DSB-*double strand breaks*), které změní formu plasmidu na lineární. Tyto formy lze rozlišit metodou horizontální agarózové elektroforézy, protože v elektrickém poli migrují každá jinou rychlostí [1]. Výsledky elektroforézy jsme pozorovali nad UV lampou.

2 Stanovení množství SSB a DSB vzniklých ozářením DNA

Experimenty jsme prováděli na plasmidech pBS (*plasmid Bluescript II SK*), které se hojně používají k pozorování a klonování specifických sekvencí v biofyzice a molekulární biologii.

Za pomoci spektrofotometru GENESYS 6 jsme si nejdříve změřili pozadí (destilovaná voda) a potom absorbanci DNA, díky níž jsme posléze vypočítali koncentraci daného vzorku. Změřené hodnotě absorbance 2,578 při vlnové délce 260nm odpovídá 129 ng/μl DNA.



graf 1: Závislost absorbance na vlnové délce

Nachystali jsme vzorky o celkovém objemu 30 μl , které obsahovaly 2,7 μl DNA, 3 μl 0,1M roztoku KCl, 3 μl 0,1 M roztoku fosfátového pufru ($1\text{M K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 1\text{M KH}_2\text{PO}_4$) a 21,3 μl H_2O . Na základě současné aktivity zdroje ^{60}Co byl určen čas ozařování vzorku pro dávku 0-8 Gy. Pro 2 Gy odpovídá doba ozařování 11min a 33 sec při vzdálenosti 20cm od zdroje.

Zatímco vzorky byly ozařovány, připravili jsme gel z agarózy (0,8%), roztoku TAE a dále pak 4 μl barviva SYBR Green I (barvivo, které pokud je vázáno na DNA je fluorescenční). Tuto směs jsme přivedli k varu, vařící směs jsme nalili do forem, vytvořili jamky pro vzorky a nechali gel ztuhnout. Do ozářených vzorků jsme přidali modré barvivo s glycerolem. Tuto směs jsme následně pomocí pipety deponovali do jamek v agaru, který jsme umístili do horizontální elektroforézy naplněnou roztokem TAE. Vzorky jsme nechali migrovat po dobu 2,5 hodiny při napětí 100 V a proudu, který se se zvyšující teplotou zvyšoval. Výsledný gel jsme položili na transiluminační stůl a vyfotili digitálním fotoaparátem Olympus C720.

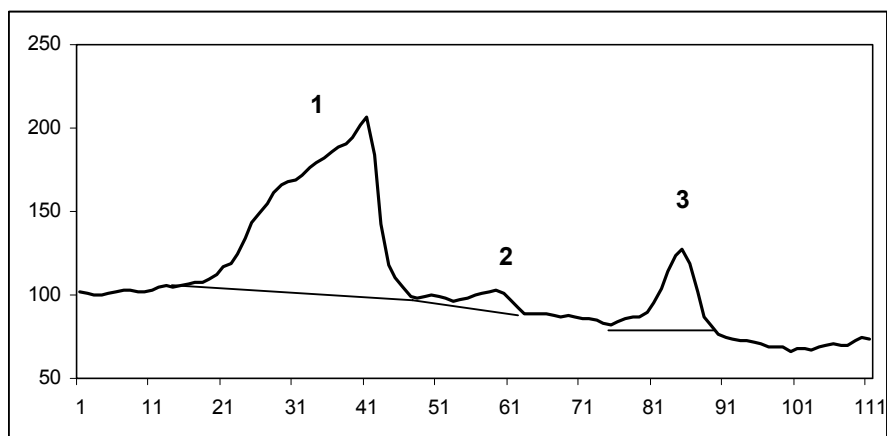
4 Výsledky

Při pohledu na gel s DNA pomocí UV lampy byly zřetelně vidět 3 peaky DNA a to podle toho, jak moc byly ozářeny. V grafu 2 je ukázán průběh intenzity fluorescence jednoho z ozářených vzorků. V peaku nejdále jamkám byly neporušené plasmidy DNA (peak 3 na grafu 2). Postupně se zvyšovalo množství molekul v prvním peaku - to byly molekuly kde byla porušena jedna ze dvou šroubovic a u největších dvou dávek ozáření se začíná objevovat i peak uprostřed (peak 2). V tomto případě byly porušeny obě šroubovice.

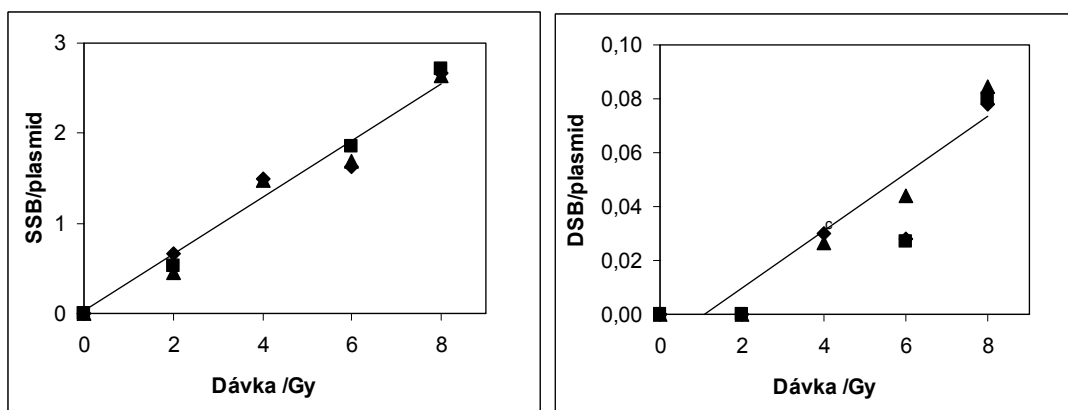
Analýzu vzorků jsme provedli pomocí softwaru ImageQuant. Takto jsme zjistili procentuální zastoupení lineární, kruhové a smotané DNA. Počet jednoduchých a dvojných zlomů na jeden plasmid jsme vypočetli pomocí vztahů:

$$\bar{x} = \ln[(1 - L') / S'] \quad \bar{y} = L' / (1 - S'),$$

kde $\bar{x}$ je střední hodnota počtu jednoduchých zlomů, $\bar{y}$ je střední hodnota počtu dvojných zlomů, L' je zastoupení lineární formy DNA a S' je zastoupení smotané formy DNA [2].



graf 2: Densitogram analyzovaného vzorku



grafy 3 a 4: Změřená množství jednoduchých a dvojných zlomů DNA v závislosti na dávce

5 Shrnutí

V grafech 3 a 4 jsou shrnuty výsledky našeho experimentu. Množství jednoduchých i dvojných zlomů DNA roste s absorbovanou dávkou záření. Dvojných zlomů je řádově méně, asi 40-krát. Při dávce 8 Gy byly téměř všechny plasmidy DNA poškozeny.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat především naší paní supervizorce Ing. Marii Davidkové CSc. a dále i Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v čele s realizačním týmem Fyzikálního týdne, kterému děkujeme za poskytnutí finanční podpory i kvalitního zázemí.

Reference:

- [1] KIEFER, J.: *Biological Radiation Effect* Springer-Verlag, 1990, str. 104-111
- [2] SPOTHEIM-MAURIZOT, M.-CHARLIER, M. - SABATTIER, R. *DNA radiolysis by fast neutrons* Int. J. Radiat. Biol. 1990 57(2) 301-313

Měření krátkých časových intervalů s pikosekundovým rozlišením

J. Pavelka
Gymnázium Brno
j.pavelka@centrum.cz

Abstrakt:

V projektu jsem se seznámil se základními principy měření času s nanosekundovou a pikosekundovou přesností. Naměřil jsem zpoždění a rychlost šíření elektrického signálu v koaxiálním kabelu v závislosti na teplotě.

1 Úvod

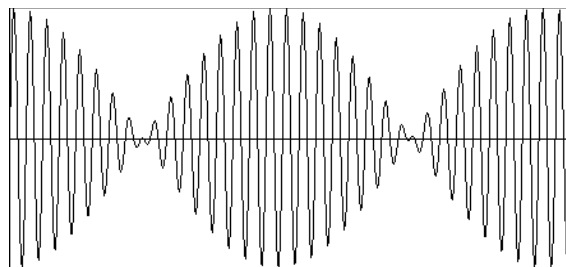
Měření času patří k nejstarším pokusům v historii lidstva. Postupně se zvyšovaly nároky na přesnost měření této základní veličiny. Zejména v posledních desetiletích vznikla potřeba rychlého a bezkontaktního měření krátkých i extrémně velkých vzdáleností s maximální možnou přesností. Mezi nejpreciznější známé metody patří měření času, který potřebuje elektromagnetický signál k překonání vzdálenosti k měřenému objektu a návratu k přijímači. V roce 1969 byla touto metodou stanovena vzdálenost Měsíce od Země s přesností na 5 m. Synchronizace a navigace umělých družic je dnes bez této metody naprosto nemyslitelná. Tato metoda má však i své využití v průmyslu nebo mikroskopii.

2 Metody měření krátkých časových intervalů

K měření byl použit čítač časových intervalů HP 5730B. Na vstup přístroje je připojen zdroj vysokofrekvenčního signálu. První impuls spustí vnitřní oscilátor přístroje s vlastní frekvencí 200 MHz, pomocí kterého se určí délka měřeného intervalu nebo periodu vlnění s přesností na 5 ns. Světelný signál za tuto dobu urazí asi 1,5 m. Vzhledem k tomu, že při měření vzdáleností touto metodou zpravidla požadujeme přesnost měření v setinách nebo desetínách metru, je zapotřebí zvýšit rozlišovací schopnost přístroje řádově na pikosekundy. K tomuto zpřesnění se často využívá Vernierova jevu (známého například z posuvných měřidel). K původnímu signálu je přimíchán další signál, který má velmi blízkou frekvenci. Jejich složením vzniknou rázy, jejichž frekvence je řádově nižší. Pokud známe přesně parametry přimíchaného signálu, můžeme vypočítat velmi přesně parametry původního signálu.

$$A = \sin(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t) + \sin(2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot t) = 2 \cdot \sin\left(\frac{f_1 + f_2}{2} \cdot \pi \cdot t\right) \cdot \cos\left(\frac{f_1 - f_2}{2} \cdot \pi \cdot t\right)$$

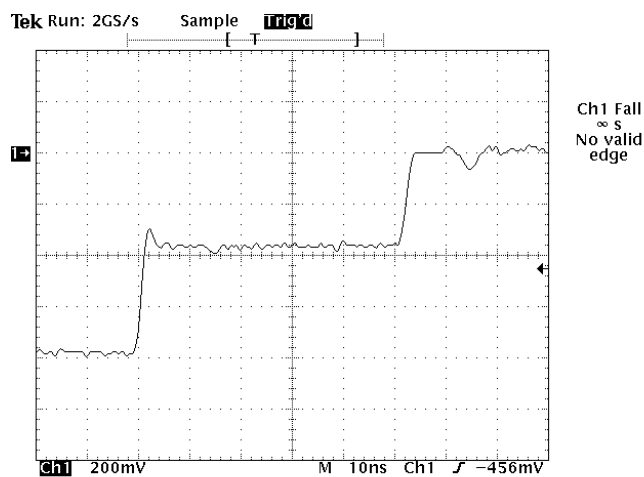
Z této rovnice je vidět, že frekvence jednotlivých rázů je tím větší, čím méně se frekvence obou vlnění liší. Touto metodou je možno měření zpřesnit až stokrát.



Obrázek 1. Rázy vzniklé složením dvou vlnění

3 Měření zpoždění koaxiálního kabelu

K čítači časových intervalů byl připojen oscilátor o frekvenci 200 Hz. Elektrické impulzy z tohoto zdroje mají velmi ostrý náběh, proto bylo možno přesně změřit čas mezi původním a odraženým signálem. Ke vstupu čítače byl připojen koaxiální kabel s volným koncem, jehož parametry jsme měřili. Signál se na vstupu od čítače rozdělil, část byla detekována, zbytek prošel kabelem, kde se odrazil a na vstupu do čítače byl opět zadetekován. Čítač změřil čas, který uplynul mezi zaznamenáním původního a odraženého impulzu – zpoždění signálu.

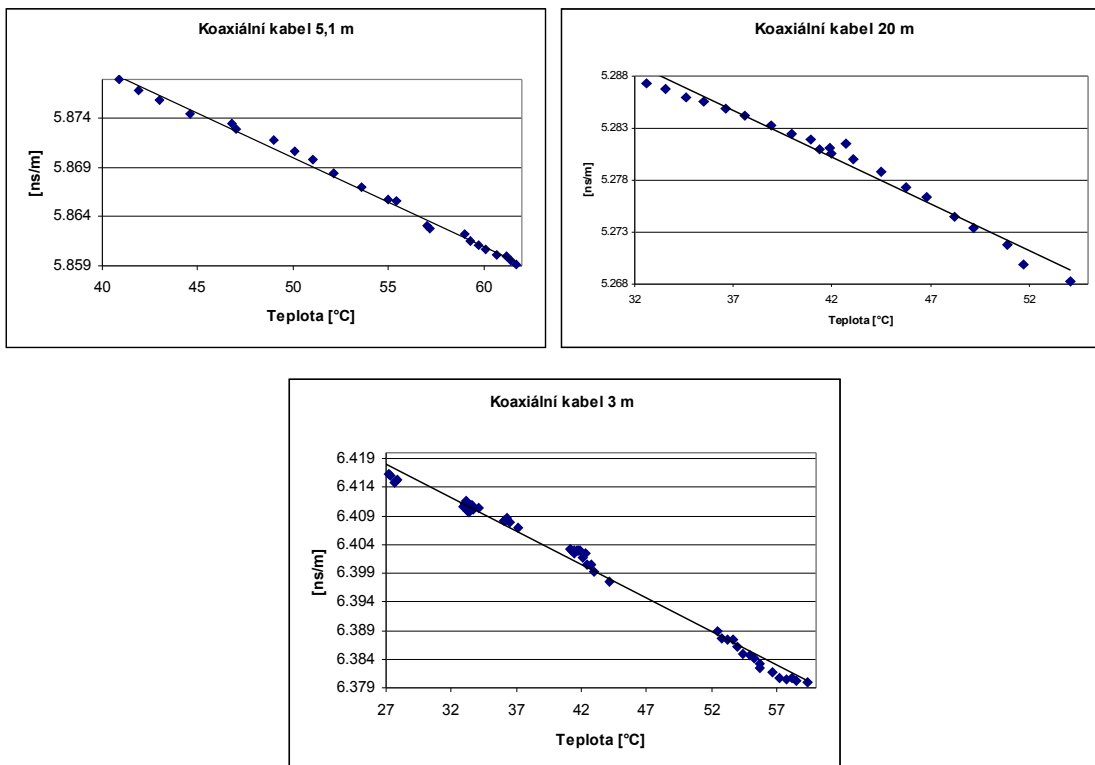


Obrázek 2. Náběhová hrana původního a odraženého impulzu

Cílem projektu bylo zjistit závislost zpoždění signálu v kabelu na teplotě. Při zahřátí se změní délka, odpor a elektromagnetické vlastnosti kabelu. Kabel jsme vložili do vodní lázně a postupně měnili její teplotu. Po ustálení teploty jsme čas, za který prošel vyslaný signál na konec kabelu a zpět. Ze získaných hodnot jsme vypočítali čas, za který signál urazí jeden metr kabelu při dané teplotě – zpoždění kabelu. Měření jsme zopakovali pro tři kabely délky 3m, 5,1 m a 20 m. Od naměřeného času zpoždění signálu bylo zapotřebí odečíst dobu potřebnou k překonání neponořené části kabelu.

4 Výsledky měření

Z naměřených hodnot vyplývá, že čas, za který překoná signál 1 m koaxiálního kabelu je za běžně dosažitelných podmínek asi 5 – 6 ns. Z grafů na obrázku 2 je vidět, že závislost tohoto času na teplotě je přímo úměrná, zpoždění signálu v kabelu klesá asi o $0,9 \text{ ps} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Tyto hodnoty odpovídají rychlosti šíření signálu rovné $1,79 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což je asi 60% rychlosti světla ve vakuu. Tato rychlost je však stále tak velká, že je nezbytné měřit časové intervaly s přesností na pikosekundy.



Obrázek 3. Zpoždění signálu

Poděkování

Chtěl bych poděkovat supervisorovi Ing. Martinu Fedyszynovi a ostatním organizátorům za věnovaný čas, FJFI ČVUT za materiální zajištění.

Reference:

- [1] HEWLETT PACKARD: *Users Manual for Universal Time Interval Counter*, HP Company, 1995.
- [2] M. FEDYSZYN: *Měření času s pikosekundovou přesností*
<http://fyzika.fjfi.cvut.cz/howto/ProcFyzSemTyd/default.html>
- [3] <http://kfe.fjfi.cvut.cz/~blazej/en/res/prj/pet.html>

Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo ?

M. Patzelová^{*}, D. Šollerová^{**}, E. Svobodová^{***}

^{*}Gymnázium Vídeňská 47, Brno, martina.pac@seznam.cz

^{**}Gymnázium Mozartova 449, Pardubice

^{***}Gymnázium Mikulov, Gymik@seznam.cz

Abstrakt:

Pomocí aparatury pro měření propustnosti pevných látek v ultrafialové, viditelné a blízké infračervené oblasti spektra jsme změřili propustnost slunečních brýlí, absorpčního filtru a tenké vrstvy oxidu germaničitého o tloušťce několika stovek nanometrů. Na základě změřené spektrální závislosti propustnosti jsme posoudili kvalitu slunečních brýlí z hlediska ochrany zraku před nežádoucími účinky slunečního záření. Na názorném příkladu absorpčního hranového filtru jsme se seznámili s fyzikálními veličinami, které charakterizují absorpci světla. Ze spektrální závislosti propustnosti tenkých vrstev oxidu germaničitého jsme stanovili jejich tloušťku.

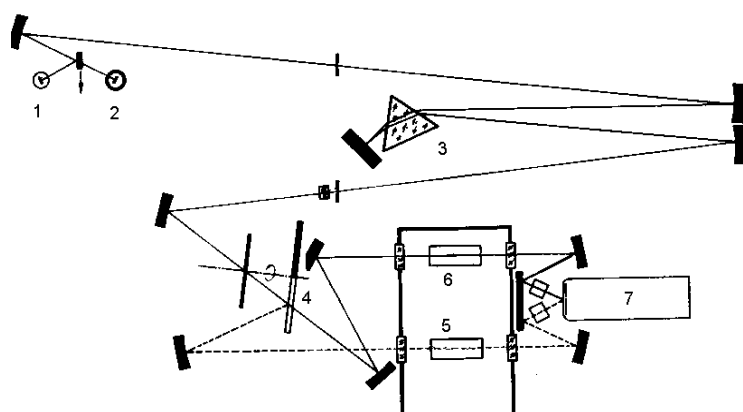
1 Úvod

Propustnost pro světlo je jednou z důležitých vlastností, které charakterizují daný materiál. V našem případě jsme využili měření propustnosti materiálu k experimentálnímu stanovení tloušťky tenké vrstvy GeO_2 , určení absorpčního koeficientu hranového filtru a zjištění kvality slunečních brýlí. Tato otázka nás zajímala nejvíce, protože UV záření je v oku absorbováno převážně spojivkou a rohovkou, což může vyvolat při delším ozáření zánět spojivek a rohovky.

2 Experimentální zařízení a zkoumané vzorky

K měření propustnosti neboli transmise vzorků jsme použili absorpční spektrometr SPECORD UV VIS, jehož schéma je na obrázku 1. Tento přístroj umožňuje provádět měření v oblasti vlnových délek od 200 do 800 nm neboli pro vlnočty 50000 až 12500 cm^{-1} . Měření v takovémto širokém spektrálním oboru umožňuje wolframová žárovka a deuteriová výbojka, které slouží jako světelné zdroje v rozsahu 12500 až 29000 cm^{-1} respektive 29000 až 54000 cm^{-1} . Světlo obou zdrojů je v monochromátoru rozloženo, takže paprsek světla procházející vzorkem obsahuje pouze světlo z úzké oblasti vlnových délek. Změna vlnové délky světla procházejícího vzorkem nastává otáčením hranolu v monochromátoru. Paprsek světla střídavě prochází zkoumaným a referenčním (srovnávacím) vzorkem a intenzity obou paprsků jsou střídavě detekovány fotonásobičem. Poměr intenzity paprsku procházejícího zkoumaným vzorkem a referenčního paprsku je pomocí interface přenášen do počítače a zaznamenáván jako funkce vlnové délky. Tento poměr intenzity paprsku prošlého studovaným vzorkem k intenzitě paprsku na vzorek dopadajícího se nazývá transmise.

Změřili jsme propustnost dvou slunečních brýlí, dvou hranových filtrů OG570 o tloušťkách 2 a 3 mm a dvou tenkých vrstev oxidu germaničitého na křemenné podložce označených GeO-759 a GeO-312.

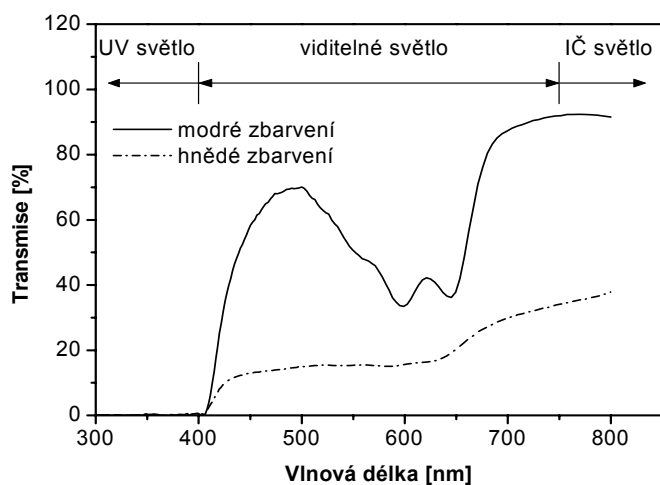


Obrázek 1.

- 1 - wolframová žárovka
- 2 - deuteriová výbojka
- 3 - hranol
- 4 - dělič svazku
- 5 - zkoumaný vzorek
- 6 - referenční vzorek
- 7 - fotonásobič

3 Výsledky měření

První oblastí našeho zkoumání bylo ověření nepropustnosti slunečních brýlí pro UV záření. V intervalu vlnových délek 200 až 800 nm jsme změřili transmise dvou slunečních brýlí, která je znázorněna na obrázku 2. Z obrázku je patrné, že modře zbarvené i hnědě zbarvené brýle nepropouštějí záření až téměř do 400 nm. Transmise v oblasti viditelného světla se liší v závislosti na zbarvení brýlí.



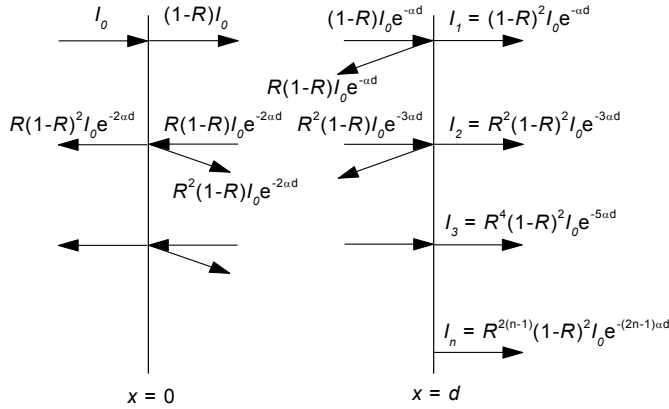
Obrázek 2. Transmise modře a hnědě zbarvených slunečních brýlí.

Transmise daného vzorku není veličinou, která by obecně charakterizovala optické vlastnosti materiálu, ze kterého je vyroben. Takovou materiálovou konstantou je však absorpční koeficient α , který umožňuje vyjádřit zeslabení intenzity I_0 rovnoběžného svazku paprsků po projití dráhy d v absorbujícím prostředí vztahem

$$I_d = I_0 e^{-\alpha d}.$$

V reálném případě musíme při kolmém průchodu paprsku světla absorbující destičkou tloušťky d uvažovat kromě absorpce také odrazy světla na stěnách destičky, které jsou schematicky znázorněny na obrázku 3. Odrazivost (reflektivita) povrchu se charakterizuje

pomocí koeficientu odrazu R , který udává poměr intenzity dopadajícího a odraženého paprsku světla.



Obrázek 3. Schematické znázornění kolmého průchodu rovnoběžného svazku paprsků absorbující destičkou tloušťky d .

Transmise takové destičky s absorpčním koeficientem α a koeficientem odrazu R je potom dána vztahem

$$T = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} I_n}{I_0} = \frac{(1-R)^2 I_0 e^{-\alpha d}}{1 - R^2 e^{-2\alpha d}}.$$

Známe-li R a d můžeme ze změřené závislosti $T(\lambda)$ určit spektrální závislost absorpčního koeficientu $\alpha(\lambda)$. V případě, že neznáme koeficient odrazu můžeme koeficient absorpce určit změřením propustnosti dvou vzorků o různých tloušťkách d_1 a d_2 . Podíl transmise T_1 a T_2 tenčího a tlustšího vzorku

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_1}{I_2} = e^{-\alpha(d_1-d_2)} \frac{1 - R^2 e^{-2\alpha d_2}}{1 - R^2 e^{-2\alpha d_1}}$$

můžeme při splnění podmínky $\alpha d > 1$ přibližně zapsat ve tvaru

$$\frac{T_1}{T_2} \approx e^{\alpha(d_2-d_1)}$$

a absorpční koeficient je potom přibližně vyjádřen vztahem

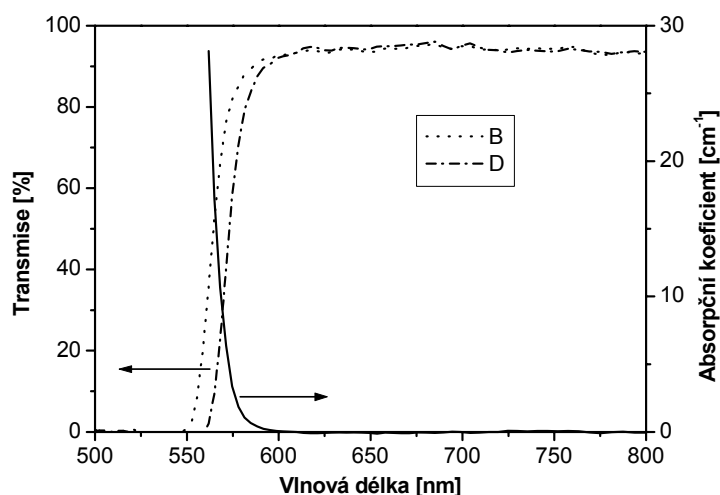
$$\alpha \approx \frac{1}{d_2 - d_1} \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (1).$$

Tuto metodu jsme použili ke stanovení spektrální závislosti absorpčního koeficientu hranového filtru OG 570, který se používá k odstranění světla propouštěného ve vyšších řádech mřížkovými monochromátory, protože pohlcuje světlo o vlnových délkách kratších než 570 nm. Změřili jsme transmissi dvou těchto filtrů o tloušťkách 2 a 3 mm a ze vztahu (1) jsme vypočetli spektrální závislost absorpčního koeficientu v oblasti absorpční hrany, která je znázorněna na obrázku 4.

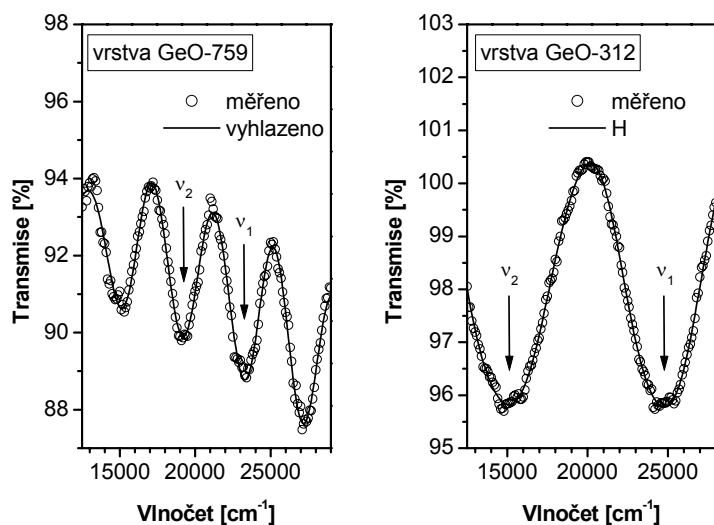
Dále jsme experimentálně určili tloušťku dvou vrstev GeO_2 na křemenné podložce. Z polohy dvou po sobě následujících minim ν_1 a ν_2 ve spektrální závislosti transmise těchto vrstev na obrázku 5 a indexu lomu $n = 1,57$ pro vlnočty 20000 cm^{-1} jsme spočítali tloušťku d vrstvy podle vztahu

$$d = \frac{1}{2n(\nu_1 - \nu_2)}.$$

Pro vrstvu GeO-759 jsme stanovili tloušťku 776 nm a pro vrstvu GeO-312 tloušťku 328 nm, přičemž výrobce uvádí tloušťky 759 a 312 nm.



Obrázek 4. Transmise hranových filtrů OG 570 o tloušťkách $d = 2$ a 3 mm a vypočtená spektrální závislost absorpčního koeficientu materiálu z něhož jsou vyrobeny.



Obrázek 5. Transmise vrstev GeO_2 na křemenné podložce.

4 Shrnutí

Z výsledků našich měření vyplývá, že zkoumané sluneční brýle skutečně nepropouštějí nebezpečné UV záření. Rozdíl mezi zkoumanými brýlemi nastává až v propustnosti pro viditelné světlo, což způsobuje rozdílné zabarvení skel. Dále jsme se naučili určovat absorpční koeficient materiálů bez znalosti reflektivity jejich povrchu a seznámili jsme se s přesnou metodou zjišťování tloušťky tenkých průhledných vrstev založené na změření jejich transmise.

Reference:

- [1] HENDERSON, B. – IMBUSCH, G. F.: *Optical Spectroscopy of Inorganic Solids* Clarendon press, 1989.
- [2] *Návod k úloze "Určování absorpčního koeficientu" fyzikálního praktika katedry inženýrství pevných látek FJFI.*

Detekce jednotlivých fotonů – laserem buzená fluorescence

Michal Bezvoda, Gymnázium Dobruška, michal@bezvoda.net

Michal Janáček, SPŠE Praha10, mjanacek@seznam.cz

Tomáš Javůrek, Gymnázium Jeseník, jaworda.t@seznam.cz

Martin Veselý, SPŠ a VOŠ Příbram, martin.veslo@seznam.cz

Abstrakt:

Fluorescence lze využít k identifikaci látky. V našem případě byla fluorescence buzena pulsním laserem a fluorescenční odezva byla vyhodnocována pomocí detektoru jednotlivých fotonů (speciální fotodiody). Zjistili jsme, že doba života v excitovaném stavu je různá pro různé látky. Na základě změření této doby je pak možné identifikovat zjišťovanou látku.

1 Úvod

Při detekci jednotlivých fotonů se obvykle snažíme:

- 1) určit čas příchodu nějakého krátkého světelného impulsu
- 2) určit průběh intenzity tohoto impulsu v čase
- 3) určit celkové množství fotonů v impulsu obsažených.

Konkrétně při měření laserem buzené fluorescence jsme řešili úkoly 2) a 3). Vzhledem k tomu, že během jednoho měření (příchod 1 impulsu) umíme zaznamenat jen první dopadající foton (poté už je detektor "vypnut"), je nutné toto měření mnohokrát opakovat a výsledky statisticky zpracovat. Tato měřicí metoda je tedy vhodná jen pro situace, kdy nám mnohokrát za sebou přichází stále stejný světelný impuls, který chceme změřit. Aparatura pro laserem buzenou fluorescenci, se kterou jsme pracovali, bude v budoucnosti používána k identifikaci látek, například k zjišťování znečištění vodních toků. V současnosti je tato metoda zkoušena v laboratorních podmínkách.

2 Výsledky měření

Měření charakteristických hodnot námi měřených látek

Látka	Doba měření/s	Počet fotonů	Počet filtrů	Doba života/ns
Olej minerální	8	3918	4	8.0
Olej motorový	66	1172	4	17.3
Cukr	174	849	4	7.5
Vodný roztok cukru	102	620	4	3.9
Inkoust	105	1834	3	4.6
Prací prášek	65	2940	4	8.6
Tekuté mýdlo	60	2652	4	6.4
Sůl	42	345	3	7.4

V tabulce jsou výsledky měření pro různé látky.

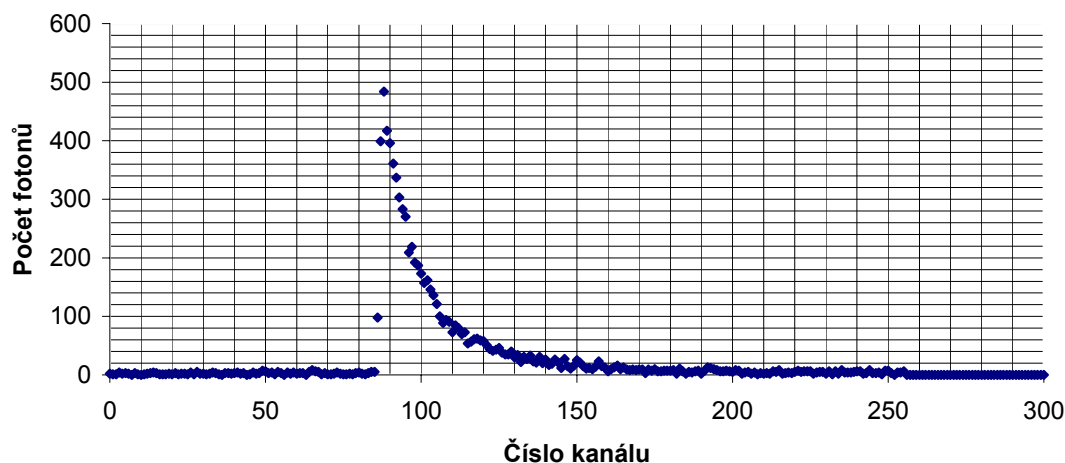
Počet fotonů: počet fotonů vyzářených fluorescencí, které zaregistroval detektor.

Doba života: doba od dopadu prvního fotonu do odeznění procesu fluorescence.

V případech kdy byl proces fluorescence velmi slabý, snížili jsme počet filtrů na 3, což zvýšilo počet zaregistrovaných fotonů přibližně třikrát (propustnost filtru je přibližně 30 %).

Příklad námi naměřených hodnot převedených do grafu (takzvaný histogram)

Měření fluorescenční odezvy v oleji pomocí pevnolátkového LASERu (ND - YAG) pracujícího na vlnové délce 532nm, měřeno po dobu 9s



Číslo kanálu je úměrné času, ve kterém byl foton zaregistrován: $t = \text{kanál} \cdot 0,63 \text{ ns}$.

Fotony detekované od kanálu 1 do kanálu 85 jsou fotony rušivého pozadí (šumu).

Námi bylo zjištěno, že čím byl šum slabší (rušivé pozadí), tím byla metoda přesnější.

3 Shrnutí

Fluorescenční analýza je velice používaná metoda k určování látek, používaná především v analytické chemii. Došli jsme k závěru, že prakticky všechny materiály vykazují

fluorescenci. Doba života a intenzita fluorescence je specifická pro každý materiál. Tyto vlastnosti jsme změřili pro výše uvedené materiály. Vzhledem k dobrým pracovním podmínkám jsme úkol úspěšně splnili.

Poděkování

A na úplný závěr je ještě neopomenutelné poděkování. Děkujeme samozřejmě FJFI ČVUT v Praze, že pořádá pro středoškolské studenty tuto úžasnou akci, jíž jsme se mohli zúčastnit. A největší dík bychom věnovali „týmu“ supervizorů: prof. Karel Hamal a Ing. Lukáš Král a také spoustě milých lidí z katedry fyzikální elektroniky.

Reference:

[1] A. BEISER: *Úvod do moderní fyziky* Academia 1975 str.357

[2] www.aldebaran.cz

Garant: Ing. Lukáš Král [krall@troja.fjfi.cvut.cz]

Počítačové zpracování obrazu –analýza snímků družic

T. Kocich, D. Majerčík, O. Šenk, P. Vondráček
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT v Praze
svet.t@seznam.cz

Abstrakt:

Práce má přiblížit metody zpracování obrazu ze CCD kamery, konkrétně umělých družic Země (umělé družice, kosmické smetí.), pomocí počítače. Touto metodou se zjišťuje jeho aktuální poloha vůči hvězdám a aktuální úhlová rychlost objektu a z kterých lze odhadnout jeho dráhu.

1 Úvod

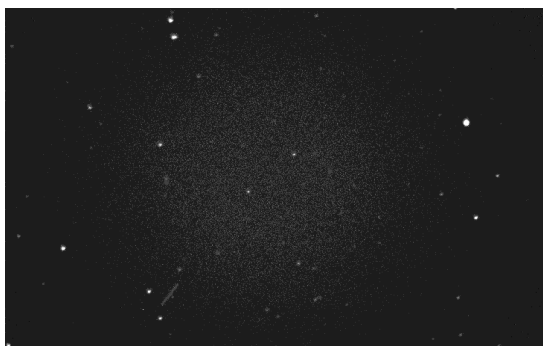
V současné době se dostává tato problematika (monitorování pohybu družic) do popředí. Jejich počet se totiž stále zvětšuje a se zvyšujícím se počtem těles na oběžné dráze roste nebezpečí jejich vzájemných kolizí. Od vypuštění prvního Sputnika (4.10. 1957) bylo pomocí více než 4300 nosných raket vyneseno na oběžnou dráhu Země přibližně 6000 družic. Dnes obíhá Zemi asi 29000 velkých objektů (družic, zbytků palivových nádrží, nosných raket a dalších objektů spojených s kosmickými projekty jako jsou obaly družic, zbytky zničených družic apod.). Avšak z tohoto obrovského množství jich alespoň částečně funguje (vysílá nebo přijímá signál) kolem 9000. Zbylých 20000 objektů společně s obrovským množstvím malých objektů ($\sim 3.5 \times 10^6$ kusů o délce $> 1\text{mm}$ o celkové odhadované hmotnosti $\sim 3 \times 10^6$ kg) tvoří „kosmické smetí“. Plně fungujících satelitů je však ještě méně (v současné době asi 600-700).



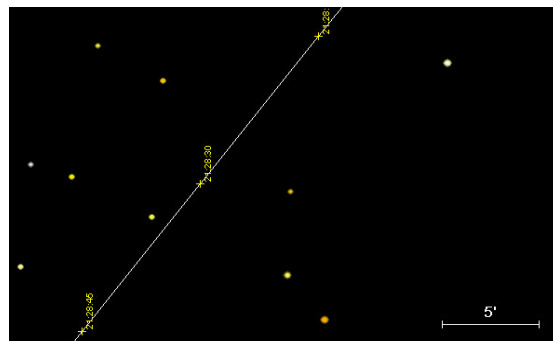
Porovnání stavu počtu družic obíhajících kolem Země v roce 1957, kdy byla vypuštěna pouze jediná umělá družice a to ruský sputnik, a v roce 2004 ve kterém počet funkčních družic vyrostl až k hranici 6000

2 Vlastní analýza snímků družic

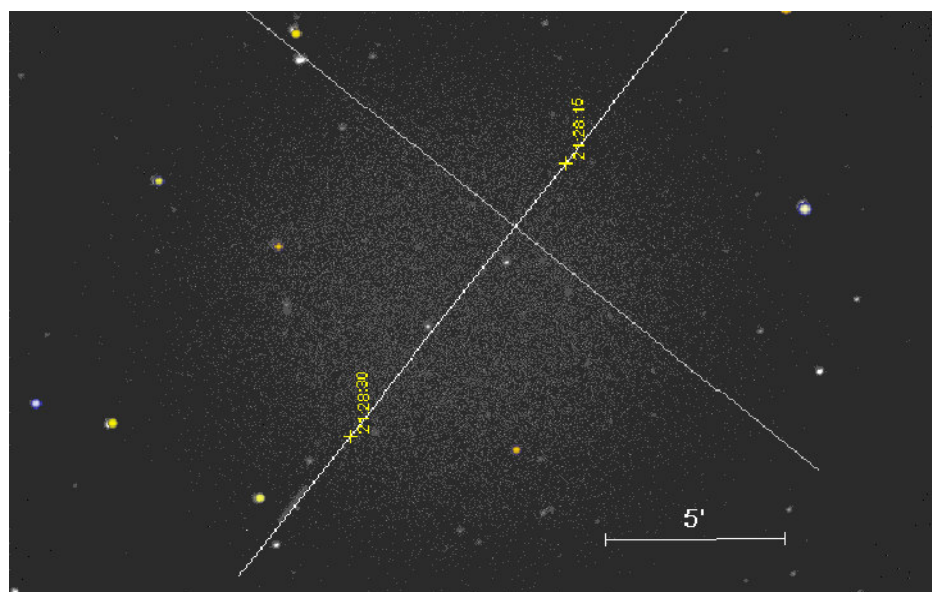
K analýze snímků jsme použili snímky pořízené na Štefánkově hvězdárně dne 21.12.2004. Zpracovali jsme je za pomoci moderních programů. Nechali jsme si vygenerovat dráhu družice (obr.2) Cosmos 2394 [791] (součást Ruského navigačního systému Glonass), kterou jsme vložili do výše zmiňovaného snímku (obr.1), upraveného pro naše účely (zviditelnění družice a tří hvězd), čímž jsme dostali snímek (obr.3), kterým jsme tyto dva údaje porovnali.



Obr.1

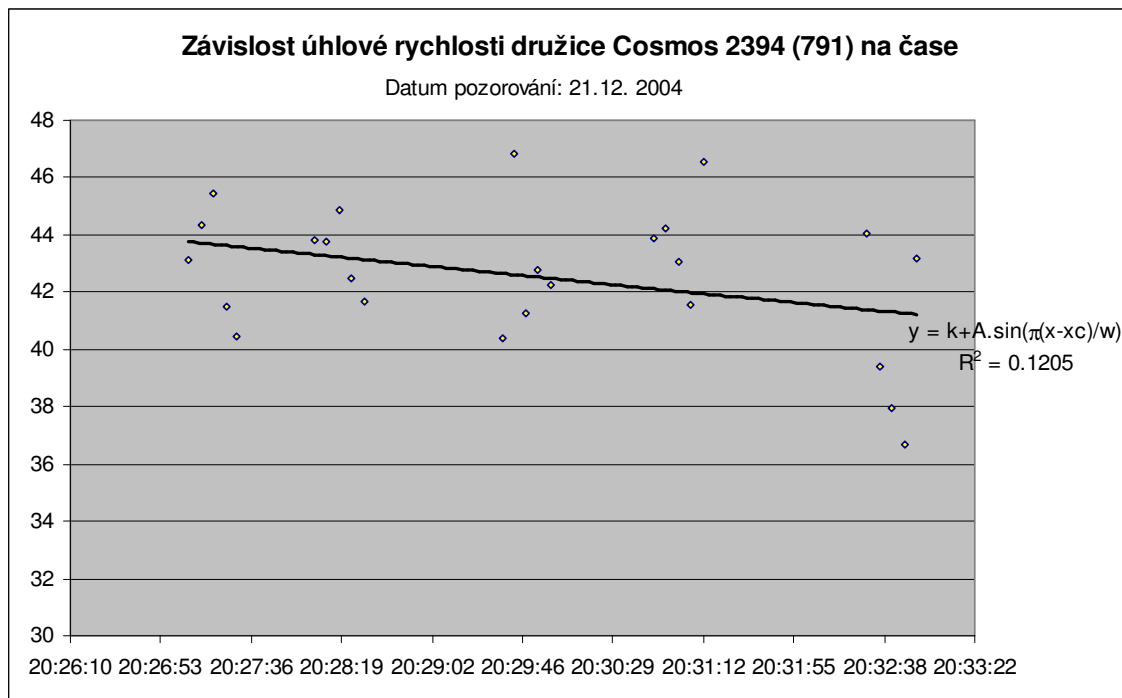


Obr.2



Obr.3

Spolu s dráhou jsme získali i úhlové rychlosti, jejichž závislost na čase je zanesena v následujícím grafu:



3 Shrnutí

Po proložení naměřených dat funkcí sin vyšel rozptyl 0,1205.

Analýza snímků družic může být nejen zábavná (jak jsme si sami vyzkoušeli), ale při stále rostoucím počtu umělých satelitů i nezbytná.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat panu Svobodovi a celému produkčnímu týmu za zorganizování fyzikálního týdne, rozšíření našich fyzikálních obzorů a mnoho nových pozitivních zážitků.

Další naše velké díky patří sponzorům a především našemu skvělému supervisorovi Ing. Martinu Němcovi za obrovskou pomoc při zpracovávání projektu a drahocenné rady.

Reference:

- [1] Štefánková Hvězdárna, Petřín, Praha [HTTP://WWW.OBSERVATORY.CZ](http://WWW.OBSERVATORY.CZ)
- [2] [HTTP://WWW.HEAVENS-ABOVE.COM](http://WWW.HEAVENS-ABOVE.COM)
- [3] [HTTP://WWW.GLONASS-CENTER.RU](http://WWW.GLONASS-CENTER.RU)
- [4] [HTTP://WWW.ESA.INT](http://WWW.ESA.INT)

Počítačové zobrazování fraktálních množin

E.Viktorinová, G-F.M. Pelcla, **Viktorinova.Eva@seznam.cz**

O.Červený, -, **Comodor_Falkon@seznam.cz**

P.Kratochvíl, G-Světlá nad Sázavou, **petr-kratochvil@seznam.cz**

S.Pikula, G-Matyáše Lercha, **Antirux@seznam.cz**

Abstrakt:

Hlavním cílem je zkoumání a modifikace některých fraktálů za účelem vylepšení jejich vzhledu či získání nových fraktálních objektů. Sledujíc tento cíl, pokusili jsme se o generování rozmanitých fraktálů vycházejících většinou z Mandelbrotovy množiny, k čemuž jsme využívali několika speciálních programů (Hlavně programu „fractal“ naprogramovaného P.Kratochvílem). S pomocí těchto fraktálů jsme se pak pokusili poukázat na krásu, jakou je schopna matematika vygenerovat a tím přispět k popularizaci fraktální geometrie jakožto relativně nového vědního oboru.

1 Úvod

Naší motivací byla možnost vytvoření vlastních fraktálů, obrazů krásných ve své složitosti a přitom jednoduchých ve své podstatě a tím se přiblížit přírodě, která tuto mnohdy velice jednoduchou matematiku často používá...

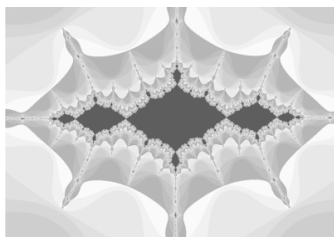
2 Fraktály, jejich konstrukce i význam

- Při svých pokusech jsme vycházeli z Juliových množin, Mandelbrotovy množiny (množina všech parametrů „ c “ Juliových množin), Newtonova fraktálu, Henochova fraktálu, Sherpinského fraktálů i von Kochovy vločky. Při této činnosti jsme využívali programy „fractal“ od našeho kolegy P.Kratochvíla, „XaoS –3.1“ a „winfract“
- Výsledkem naší činnosti bylo větší než velké množství působivých obrázků – grafických znázornění výsledků námi zadaných vzorců a jejich počátečních hodnot. Zde jsou tedy některé z nich, včetně popisu jejich konstrukce – začnu Juliovými množinami:

- Juliova množina je část roviny, která je oborem oscilace následující transformace:

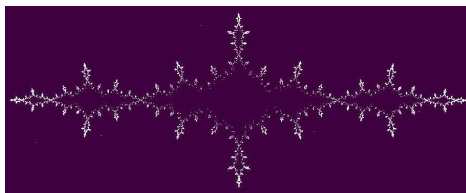
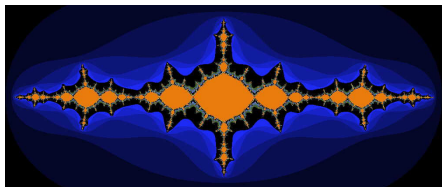
$$z' = z^2 + c$$

($z, c \in \mathbb{C}$). z je iterační proměnná, c je parametr. Tvar Juliovy množiny je na něm velice závislý a je citlivý i na jeho malé změny. Pro některá c je Juliova množina fraktálním útvarem. Juliových množin je nekonečně mnoho.



Některé fraktální Juliovy množiny. Obor konvergence je vyznačen nejtmavší barvou. Juliovu množinou je obor oscilace, tedy jeho hranice s oborem divergence.

Juliovu množinu lze sestavit také jako IFS fraktál určený dvěma nelineárními transformacemi v komplexním oboru $z' = \sqrt{z - c}$. Tento iterační předpis určuje dvě transformace, protože existují dvě druhé odmocniny z komplexního čísla. Všimněme si, že tento předpis je inverzní k výše uvedenému předpisu, určující obor konvergence a divergence. Poloupnost jednotlivých bodů bude opačná, budeme se pohybovat po zpětné orbitě. Body v rovině podrobované původní transformaci se rychle vzdalovaly od oboru oscilace (konvergovaly nebo divergovaly). Nyní se budou k oboru oscilace, jakožto ke svému atraktoru, rychle přibližovat.



Juliova množina a její IFS fraktál

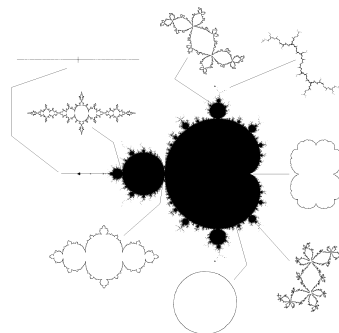
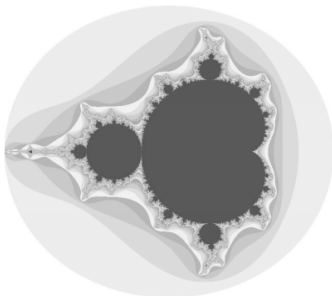
Ještě zbývá říci, pro která c je Juliova množina fraktálem. Jsou to body z oboru oscilace Mandelbroty množiny.

- Mandelbrotova množina vzniká stejným iteračním vzorcem, jako Juliovy množiny, s jedním rozdílem. Za parametr c považujeme vždy bod na začátku orbity. Chceme-li např. zjistit, jestli komplexní číslo y patří do oboru konvergence nebo divergence, budeme sledovat chování orbity dané iteračním vzorcem

$$z' = z^2 + y,$$

kde na začátku výpočtu dosadíme $z = y$.

Objevením Mandelbroty množiny dosáhl Mandelbrot sjednocení Juliovy množiny. Každým bodem Mandelbroty množiny je určena jedna Juliova množina – stačí tento bod použít jako její parametr c .

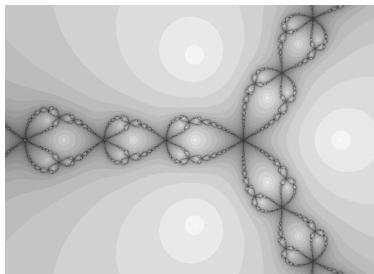


Mandelbrotova množina je *statisticky soběpodobná*, což znamená, že soběpodobný není fraktál samotný, ale jeho statistické charakteristiky. Jednoduše řečeno, v Mandelbrotově množině můžeme nalézt její mírně modifikované kopie.

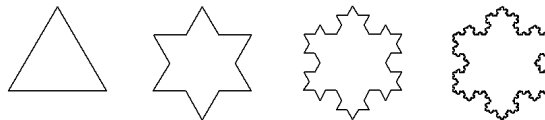
- **Newtonovy Fraktály** Při výpočtech podle Newtonovy metody se chovají chaoticky dvě skutečnosti. První z nich je samotný „pohyb“ bodu x_n po vodorovné ose, druhou pak je funkce přiřazující bodu na vodorovné ose ten z nulových bodů funkce f , ke kterému se aproximační proces přiblíží jako k prvnímu na vzdálenost shora omezenou nějakou konstantou.

Zajímavé fraktály získáme, budeme-li vizualizovat aproximační proces v případě komplexní funkce komplexní proměnné. Zde již nebudeme vycházet z geometrické konstrukce tečny ke grafu funkce, ale pouze z výše odvozeného vztahu mezi sousedními členy v aproximační řadě. Vyjádříme-li z něj $x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$,

získáme vzorec pro postupné počítání dalších iterací na základě předchozích. Zajímavé obrazce lze získat obarvením bodů roviny například podle toho, ke kterému z nulových bodů konverguje posloupnost v tomto bodě začínající, nebo podle počtu iterací nutných k přiblížení k některému nulovému bodu na vzdálenost menší než nějaká rozumná konstanta.

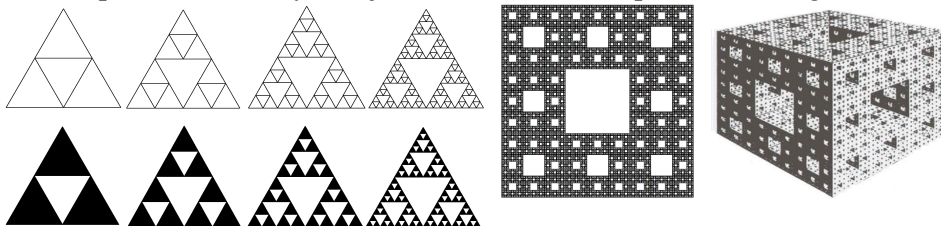


- **Von Kochova křivka:** V roce 1904 vytvořena švédským matematikem Helge Von Kochem – má nekonečnou délku a zároveň ohraničuje prostor s konečným obsahem.



První tři iterace při konstrukci von Kochovy křivky; křivka po pěti iteracích.

- **Sierpinského fraktály** – trojúhelník, čtverec, Sierpinského-Mengerova houba



2., 3., 4. a 5. iterace S. trojúhelníku

S. čtverec

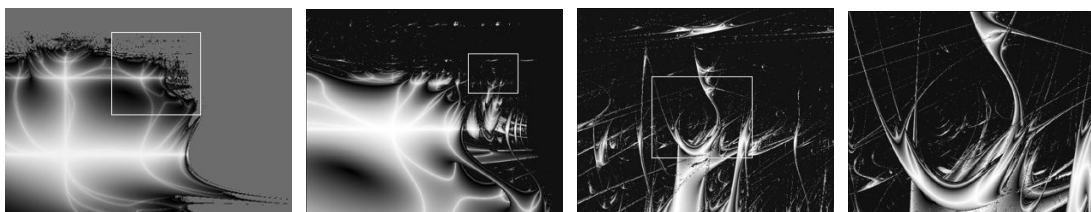
S.-M. houba

- **Hénonův atraktor a Chaotický perníkář**



$$\begin{aligned} x' &= 1 - y + |x| \\ y' &= x \end{aligned}$$

- Marcus-Lyapunovov fractal



- Jak je možno z předchozích příkladů vidět, fraktály mohou mít mnoho rozličných podob, často založených pouze na drobných odchylkách v základním, většinou celkem jednoduchém vzorci. Z toho též vyplývá, že fraktálů je nekonečně mnoho a jsou nekonečně rozmanité. Tento vědní obor má tedy dle našeho názoru velkou budoucnost nejen v matematice, nýbrž i v umění.

3 Co jsme si z toho odnesli?

Hlavně zjištění, že matematika má stále mnoho neřešených příkladů (které čekají na své objevitele ;)) a že výsledky některých z nich lze právem považovat za umělecká díla. Dále pak úctu k přírodě a úžas nad tím, kterak dokáže fraktálovou matematiku běžně využívat. Nu a v neposlední řadě bylo posíleno naše zaujetí matematikou, neboť nelze vytvářet fraktály a nebýt jimi zároveň unesen.

Poděkování

Supervizorovi Ing. Jiřímu Mikyškovi, BigBossovi Ing. Vojtěchu Svobodovi i všem ostatním z organizátorského týmu...;)

Reference:

- [1] KRATOCHVÍL P.: *Počítačové zobrazování fraktálních objektů* SOČ, 2004/2005
- [2] <http://perso.wanadoo.fr/charles.vassallo/en/art/sommaire.html>

Linux Lab

J. Zajíc, SPŠE Brno, jazzicek@seznam.cz

Z. Tegi, Gymnázium Plasy, ducatidd@seznam.cz

J. Medřický, Gymnázium Havlíčkův Brod, medra@atlas.cz

P. Kríž, SOŠ a SOU spoju Tábor, petr.kriz@centrum.cz

Katedra matematiky FJFI ČVUT, Trojanova 13, 120 00, Praha 2

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s operačním systémem Linux a s jeho současným využitím nejen v laboratořích, ale i na osobních počítačích.

1. Co je to Linux?

Operační systém Linux je volně šiřitelný OS typu UNIX. Jeho autorem je Linus Torvalds a mnoho dalších programátorů v Internetu. Nezaměnitelným logem Linuxu se stal buclatý tučňák TUX. Jádro Linuxu je volně šiřitelné (*public domain*) podle pravidel GNU General Public License (licence používaná u softwaru GNU). Linux byl původně psán pro architekturu IBM PC s procesorem i386 a vyšším. V současné době existují i verze pro m68000, MIPS, Sun Sparc, DEC Alpha/AXP a některé další architektury. Jednou z hlavních výhod oproti komerčním UNIXům je jeho nulová cena, dále snadno dostupný základní software a v neposlední řadě také nízké nároky na hardware a velmi příznivý výkon. Často je také k dispozici více dokumentace než k jiným systémům.

2. Podrobnosti o Linuxu

Linux byl napsán jako kompletní přepis UNIXu(tm). Nepoužívá žádný kód, který je chráněn autorskými právy AT&T nebo Unix System Laboratories. Linux má API kompatibilní s normou POSIX. Jde o plně 32-bitový, případně plně 64-bitový OS (závisí to na platformě), který poskytuje vše, co lze žádat od UNIXového systému. Linux je plně srovnatelný (ne-li lepší) s většinou komerčních UNIXů a UNIX-like systémů. Kromě Linuxu ještě existují jiné volně šiřitelné operační systémy, zejména ty, které vychází z 4.3 BSD nebo NET/2 a později 4.4 Lite. Jde o operační systémy FreeBSD, NetBSD a OpenBSD.

Dostupný software

Pod Linuxem je k dispozici veškerý základní software (povětšinou jako public domain software). Ze softwaru dostupného pod Linuxem vybíráme:

Základní UNIX-like systém, tj. utility jako ls, ps, cp ...

Kompletní vývojové prostředí (gcc/g++/objc, lex, yacc, gdb, m4, ...). K dispozici jsou též programy, emulující tzv. integrované vývojové prostředí, jak je známe z DOSu (xwpe)

Zpracování textu (groff, TeX, Metafont, ghostscript, ...)

Síťové vybavení - jak uucp, tak i TCP/IP (včetně NFS, sendmailu, ...)

Editor textu - vi, emacs, ...

Kompletní X-Window System (XFree86), podporující téměř všechny známé grafické karty, včetně akcelerovaných s možností použití akcelerovaného režimu.

Zpracování obrazu - xv, xfig, xpaint, GIMP ...

Zdrojové texty ode všech komponent systému.

Emulátor DOSu, alfa verze emulátoru Microsoft Windows 3.1, komerční emulátor Windows 3.1/3.11 - WABI.

iBCS2, což je emulátor různých UNIXů pro i386 a vyšší CPU. Zejména je možné pomocí tohoto balíku spouštět programy psané pro SCO UNIX a Solaris/386

Spousty her, například Doom I, II a Quake pro Linux

Matematický software, jako například Maple V pro Linux nebo Pari/GP

Několik různých kancelářských (office) balíčků, obsahujících obvykle textový procesor, spreadsheet, program pro prezentace a podobně. Mezi tyto balíky patří například Applixware, Caldera Office Suite, StarOffice a další

Požadovaný hardware

Zde uvádíme minimální hardware, na kterém Linux poběží (pochopitelně čím lepší hardware je, tím lépe):

CPU kompatibilní s i386

RAM min. 2MB (pro rozumný běh 4MB, pro X-Window System 8MB)

Grafická karta - v podstatě jakákoli, pro X-Window raději SVGA a lepší

Diskový prostor - základní systém cca 12MB, síť 6MB, X-Window 15-30MB, vývojové prostředky 10MB ... Celkem: Kompletní instalace: cca 200-600MB, průměrná instalace cca 120MB, plus diskový prostor pro uživatele

Monitor - příslušný ke grafické kartě, může být i monochromatický

Linux podporuje i další hardware, jako jsou SCSI řadiče a zařízení, zvukové karty, joystick, síťové karty, sběrnici PCMCIA na laptotech (a PCMCIA karty), multiportové sériové karty, ISDN adaptéry a další.

Distribuce Linuxu

V Linuxu není na rozdíl od jiných systémů k dispozici jen jedna instalovatelná verze systému. Každý má právo si vzít jádro Linuxu, základní programy a postavit si kolem nich vlastní systém – distribuci. Zde uvádíme několik nejrozšířenějších distribucí v ČR:

Caldera Network Desktop, OpenLinux
Debian GNU/Linux
Linux Mandrake
Fedora Core (RedHat Linux)
Slackware Linux
SuSE Linux
Turbo Linux

Linux vs. Windows

Od vzniku Linuxu se naskytla otázka v čem je Linux lepší než Windows a naopak? Oba operační systémy mají své výhody a nevýhody. Přednostmi Linuxu oproti Windows je větší výkon, menší náročnost, rychlý rozvoj a vhodnost pro práci. Nesmíme opomenout také některé výhody OS Windows, jako např. jednoduchost ovládání a velkou rozšířenost. Protiklady těchto aspektů jsou nevýhodami Linuxu. Jeho ovládání je těžší a také není tak rozšířený. Ale již od vzniku Linuxu existují lidé, kteří mají místo “woken” raději tučňáky.

3. Shrnutí

Tímto odstavcem končí náš příspěvek. Doufáme, že jsme Vám tímto krátkým pojednáním přiblížili práci s operačním systémem Linux a věříme, že jste se dozvěděli nové a zajímavé informace.

Poděkování

Děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT, Nadačnímu fondu teoretické fyziky a našemu supervizorovi Ing. Robertu Strakovi.

Reference

- 1) <http://www.linux.cz>
- 2) M. Kysela: *Přecházíme na Linux* (Computer Press, Brno, 2003)

Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při zkoumání památek

E. Filipinská, J. Fojtíková, A. Salašová, K. Tichá
Gymnázium Vídeňská 47, Gymnázium Mladá Boleslav, Gymnázium
Mikulov, Gymnázium Dobruška

evaicka.f@centrum.cz jaruska.f@seznam.cz xsalasovaa@seznam.cz
emer_eledhwen@seznam.cz

Abstrakt:

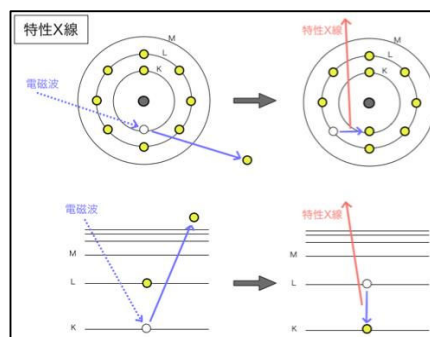
Pomocí radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy, což je bezdotyková a nedestruktivní metoda využívající charakteristické záření vybuzeané ve vzorku, se zjistí prvkové složení tohoto vzorku. Příkladem může být složení barev, které si dříve malíři míchali sami, a které bylo v různých dobách různé. Tento poznatek se pak využívá při určení originality daného obrazu, jeho stáří či při restaurování. My se pokusíme určit složení mincí a úlomků cihel z archeologických vykopávek.

1 Úvod

Základními pomůckami zjišťování zájmových prvků ve vzorcích jsou zdroj budící záření, neboli radionuklid, který vzorek ozařuje a detektor, který pak vybuzeané záření snímá.

Při dopadu na povrch vzorku se část fotonů absorbuje (dochází k tzv. fotoefektu) a část se ve vzorku rozptýlí.

Fotoefekt je děj, při němž je elektron z vnitřní slupky atomu vyražen fotonem. Vzniklé volné místo zaplní elektron z vnější slupky. Dojde tak k vyrovnání vazebných energií a uvolnění charakteristického záření, z něhož po dopadu na detektor můžeme určit o jaký prvek se jedná.



Podle zákona, který objevil H.G.J.Moseley existuje závislost mezi energií čáry charakteristického záření a protonovým číslem daného prvku. Lze jej zapsat ve tvaru:

$$E = K (Z - b)^2$$

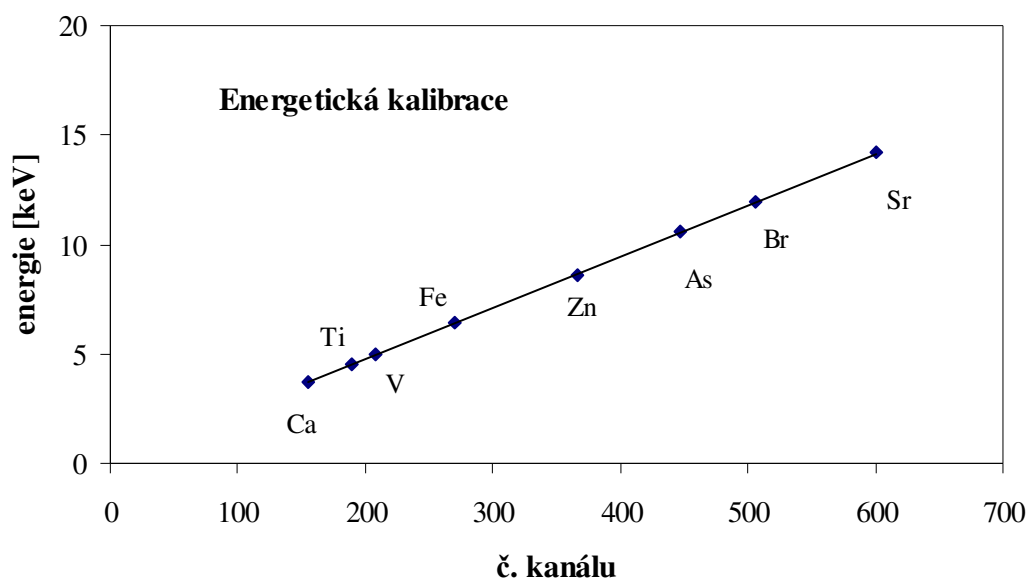
kde K a b jsou konstanty, Z je protonové číslo prvku a E je energie dané série, této sérii odpovídá konstanta K.

Dále pak existují tabulky v nichž je ke každému Z daného prvku přiřazena energie čáry, která je prvkem emitována. Tímto způsobem je možné zjistit, jaké prvky jsou ve vzorku zastoupeny.

2 Kalibrace

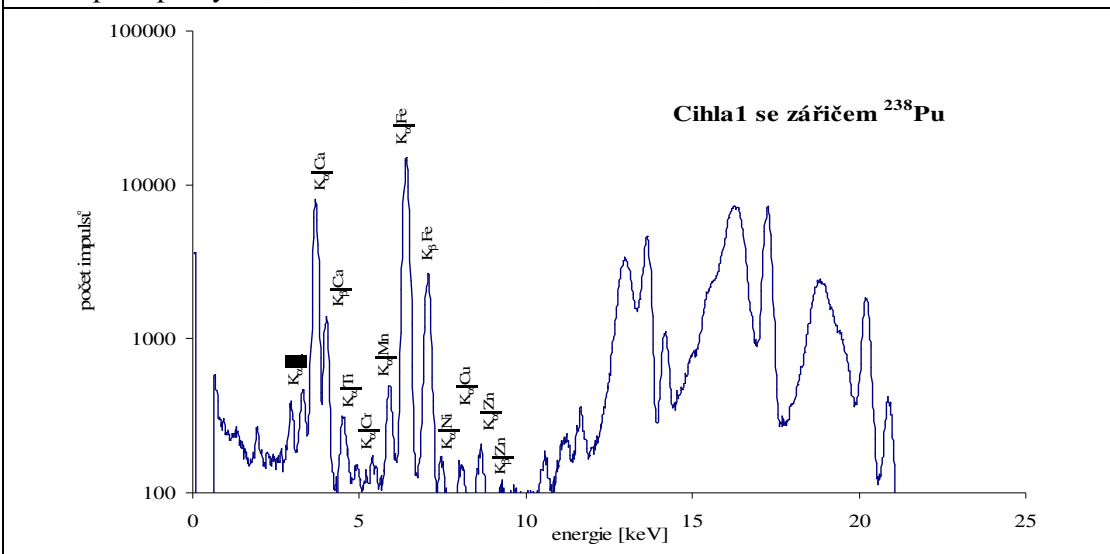
Pro naše měření jsme použily zářič ^{238}Pu , který je vhodný pro spektrum, v němž se pohybujeme, kalibrační destičku (V, Fe, Zn, As, Br, Sr), další kalibrační vzorky (Ca, Ti) a polovodičový detektor.

Připravený kalibrační vzorek jsme vždy umístily nad zářič a spustily měření (5-20 minut). Charakteristické záření dopadlo na detektor a bylo zpracováno, zesilovačem a mnohokanálovým analyzátozem, takže jsme získaly spektrum impulzů a začaly jsme s energetickou kalibrací. K píkům charakteristického záření vzorků Ca a As jsme přiřadily jejich známá protonová čísla. Díky tomu jsme mohly k jednotlivým píkům a tady i ke kanálům v nichž se nacházejí přiřadit i odpovídající energii E [keV] z tabulek. Sestrojily jsme graf závislosti E [keV] na kanálu (CH), což je přímka a vypočítaly jsme kalibrační rovnici.

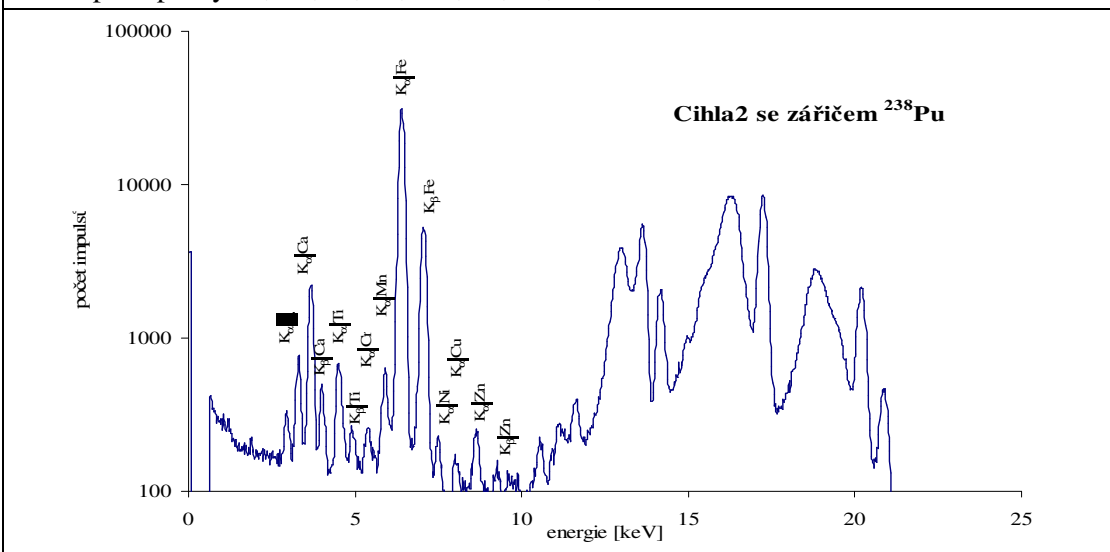


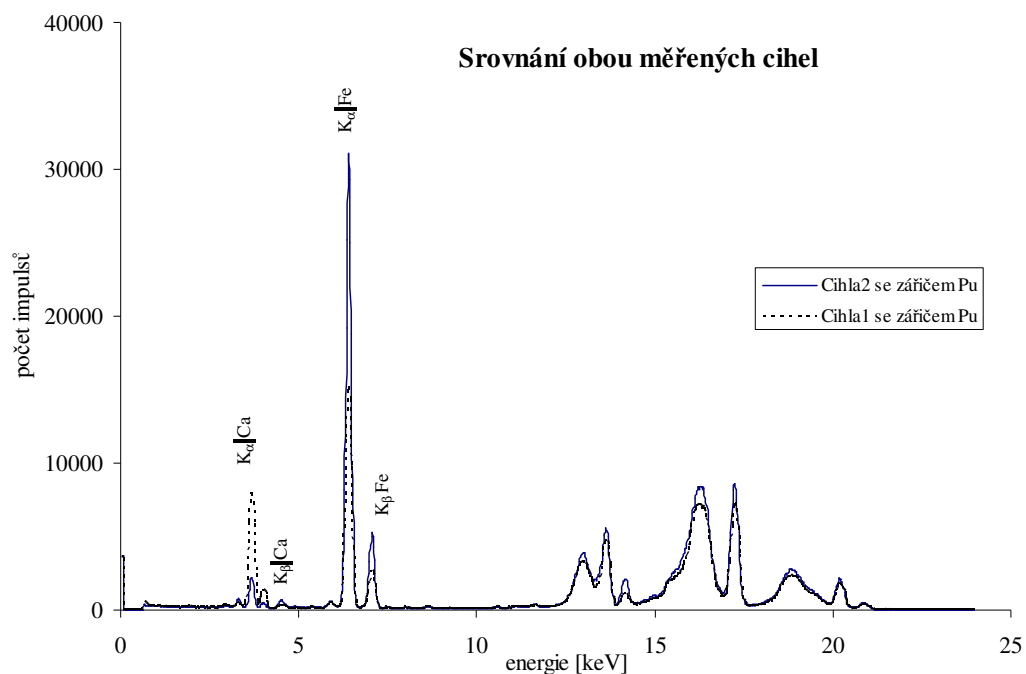
3 Měření neznámých vzorků

Cihla 1 – 1. stol.n.l. z Arca di Richarda (Terst) z uzavěru od vodovodního kanálu
Zastoupené prvky: K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn



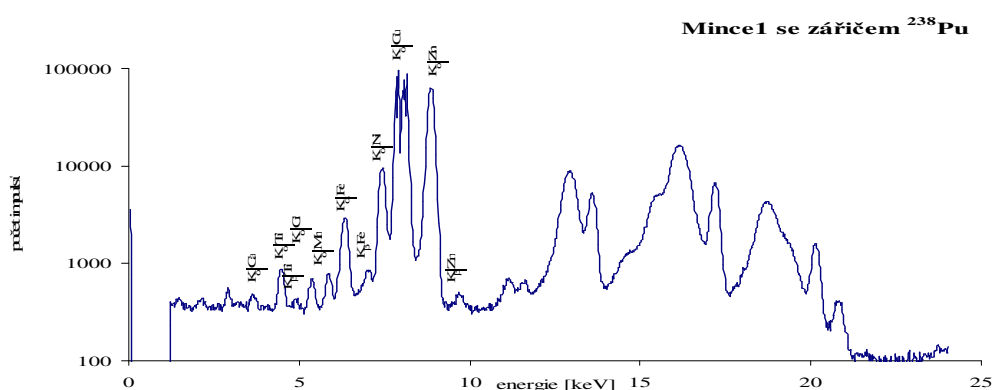
Cihla 2 - 1. stol.n.l. z Arca di Richarda (Terst) z jiné části stavby
Zastoupené prvky: K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn





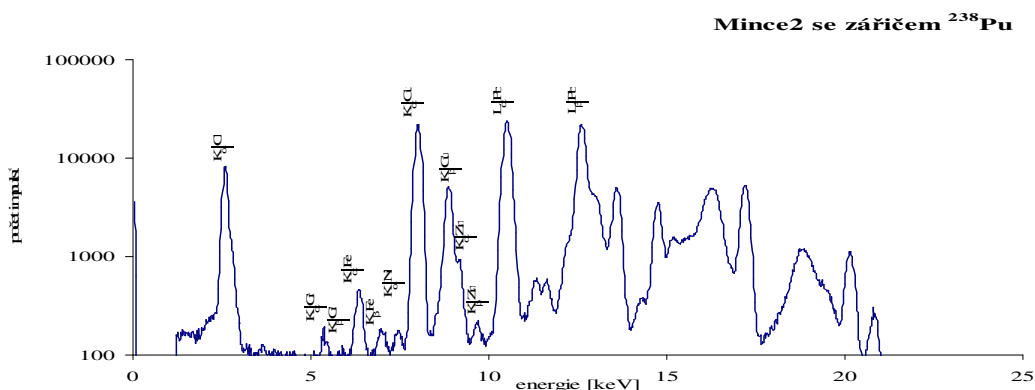
Mince 1 – 1989 z Francie (20 centimes)

Zastoupené prvky: Ti, Fe, Ni, Cu, Zn



Mince 2 – bronz, za vlády Gratiana (367-383 n.l.) z Říma

Zastoupené prvky: (Cl - obal), Cr Fe, Ni, Cu, Zn, Pb



3 Shrnutí

Měření ukázalo, že u cihly č.1 pocházející z vodovodního kanálu se projevuje vyšší procentuální hodnota Ca a také nižší hodnota Fe než u cihly č.2, což dokazuje fakt, že ač jsou cihly ze stejného naleziště, jejich použití bylo rozdílné.

Z grafů analýzy mincí vyplývá, že mince byla zhotovena především z mědi a zinku, naopak co se týče mince starší, v jejím složení jsou více zastoupeny prvky měď, zinek a olovo.

Poděkování

Chtěly bychom poděkovat naší supervizorce RNDr. Lence Černé za skvělou pomoc při měření a za ochotu, s kterou nám s panem Ing. Janem Hrbáčkem odpovídali všechny naše dotazy.

Dále bychom chtěly vyjádřit poděkování panu Prof. Ing. Tomáši Čechákovi za zapůjčení mincí a navozování tajemné badatelské atmosféry při samotném měření.

Reference:

- [1] T. ČECHÁK: *Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza*, ČVUT
- [2] MUSÍLEK L.: *Využití ionizujícího záření ve výzkumu*, ČVUT, (1992)
- [3] MATĚJKA K.: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí*, ČVUT (1998)

Počítačové algebraické systémy a jejich využití

J. Novák, SPŠ elektrotechnická Pardubice, jjj.novak@seznam.cz

P. Polák, Jiráskovo gymnázium Náchod, mili@matfyz.cz

A. Peterová, Gymnázium Dobruška, petera@dobruska.cz

Abstrakt:

Počítačové algebraické systémy umožňují zjednodušit a značně snížit dobu výpočtů matematických operací. My se vám pokusíme alespoň trochu naznačit, jak můžeme tyto systémy aplikovat ve fyzice. Zaměříme se zejména na program Maple. Ukážeme si základy práce s tímto programem a některé z jeho užitečných funkcí.

1 Úvod

Při počítání fyzikálních úloh se často setkáváme s problémem vyřešit matematické výrazy, které mohou být časově náročné a nepříjemné. Pro tyto účely byly vyvinuty počítačové algebraické systémy, které se vám tímto příspěvkem pokusíme přiblížit nejen teoreticky, ale především na některých názorných ukázkách. V tomto projektu se zaměříme zejména na systém Maple [1], který není tak rozsáhlý jako např. Mathematica [2], přesto však dokáže, podle našich názorů, uspokojit většinu odborníků v přírodovědných oborech.

Maple je programový systém počítačové algebry vyvinutý během uplynulých 25 let společně na několika západních univerzitách, přičemž největší podíl práce vykonala skupina vědců sdružená pod názvem "Symbolic Computation Group" na universitě ve Waterloo v Kanadě a dále pak na federální technické universitě ETH Zürich ve Švýcarsku, kam část této skupiny přešla v roce 1990. V současné době je Maple komercializován a jeho další vývoj řídí kanadská firma Maplesoft Inc., sídlící ve Waterloo ve státě Ontario.

Pro podrobný návod systému Maple doporučujeme navštívit webové stránky klubu uživatelů Maple [3].

2 Počítačový algebraický systém Maple

Jméno Maple by mohlo být odvozeno z anglického akronymu *Mathematics pleasure* (*Matematika potěšením*), neboť Maple je skutečně příjemným prostředím pro využívání matematiky na počítači [4]. Tento program dokáže řešit prakticky všechny matematické operace. My jsme se zaměřili především na základní, jako např.: sčítání, odčítání, násobení, dělení, derivace, integrace, funkce a jejich grafy, upravování a zjednodušování výrazů, řešení rovnic a nerovnic a řešení jejich soustav.

K lepšímu pochopení a seznámení s algebraickým počítačovým systémem Maple byla vytvořena názorná ukázka rozložená do několika úloh, která dokazuje jeho komplexnost a jednoduchost.

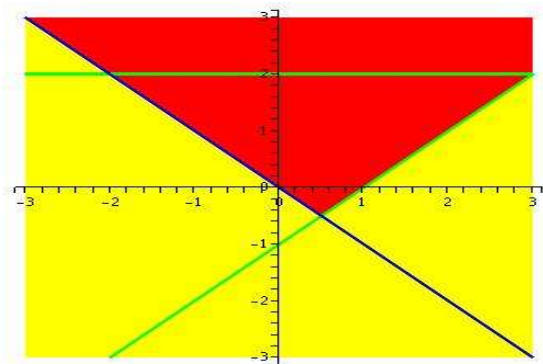
- Příklad č. 1 – Řešení soustavy rovnic

- systém Maple dokáže řešit n rovnic o n neznámých.

```
> soustava_rovnic:={u+v+w=1, 3*u+v=3, u-2*v-w=0};
      soustava_rovnic := {u + v + w = 1, 3 u + v = 3, u - 2 v - w = 0}
> solve(soustava_rovnic);
      { u = 4/5; v = -2/5; w = 3/5 }
```

- Příklad č. 2 – Grafické řešení soustavy nerovnic

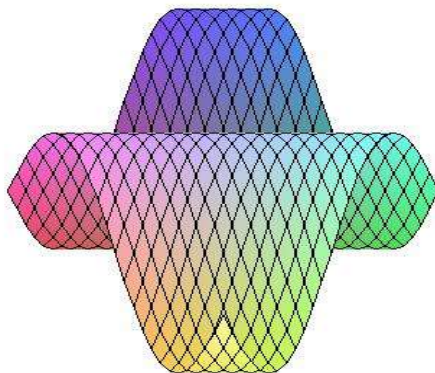
```
> inequal( { x+y > 0, x-y <= 1, y = 2 }, x=-3..3, y=-3..3,
optionsfeasible=(color=red),optionsopen=(color=blue,thickness=2),
optionsclosed=(color=green, thickness=3),
optionsexcluded=(color=yellow) );
```



- Příklad č. 3 – Kreslení grafů

- systém Maple umožňuje zobrazení 3D grafů

```
> plot3d(sin(x+y),x=-Pi..Pi,y=-Pi..Pi);
```



- Příklad č. 4 – Výpočet vysokých faktoriálů

hodnota faktoriálu (dekadicky) :

```
> factorial(200);
```

7886578673647905035523632139321850622951359776871732632947425332443594499634033429
2030428401198462390417721213891963883025764279024263710506192662495282993111346285
7270763317237396988943922445621451664240254033291864131227428294853277524242407573
903240321257405579568660226031904170324062351700858796178922227896237038973747200
00

3 Shrnutí

Základem miniprojektu bylo seznámit se se systémem Maple a jeho možnostmi, které lze využívat při řešení fyzikálních úloh. Vzhledem ke krátké délce trvání naší badatelské činnosti, nebylo možné ani zdaleka vyzkoušet všechny operace, které systém nabízí. To byl základní fakt, na základě kterého jsme se rozhodli dát přednost programu Maple před Mathematicou. Při získávání informací potřebných k pochopení algebraického systému nenastaly žádné závažné potíže a bádání jsme si velice užili.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat za umožnění realizace miniprojektu, a to především Fakultě Jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a všem sponzorům Fyzikálního týdne 2005. Dále naše poděkování směřuje k našemu supervizorovi Dr. Ing. Milanu Šiňorovi za seznámení s algebraickými systémy a za jeho rady při řešení problémů.

Reference:

- [1] Maple: <http://www.maplesoft.com/>
- [2] Mathematica: <http://www.wolfram.com/>
- [3] Český klub uživatelů Maple: <http://www.fi.muni.cz/~hrebicek/maple/>
- [4] HŘEBÍČEK, J.: *Systémy počítačové algebry*. 2004,
<http://www.fi.muni.cz/~hrebicek/maple/cas/>

Řízení polohy mikroprocesorem

T. Kotula, Mendlovo gymnázium Opava, tomaskotula@seznam.cz

V. Oram, Gymnázium a SOŠ Frýdek-Místek,
flaiming@centrum.cz

P. Mičulka, Gymnázium a SOŠ Frýdek-Místek,
administrator@caslunicko.com

D. Beneš, Gymnázium Jeseník, darrk@post.cz

Abstrakt:

Motivace, výsledky, závěr.

K ovládání polohy nějakého prvku se často používá krokový motor, jehož rotační pohyb je převeden na posuvný. Krokový motor potřebuje určitou sekvenci pulzů. Navrhli a vytvořili jsme elektronický obvod s mikroprocesorem PIC16F874, který by měl posouvat vozík do žádoucí polohy, a obvod naprogramovali.

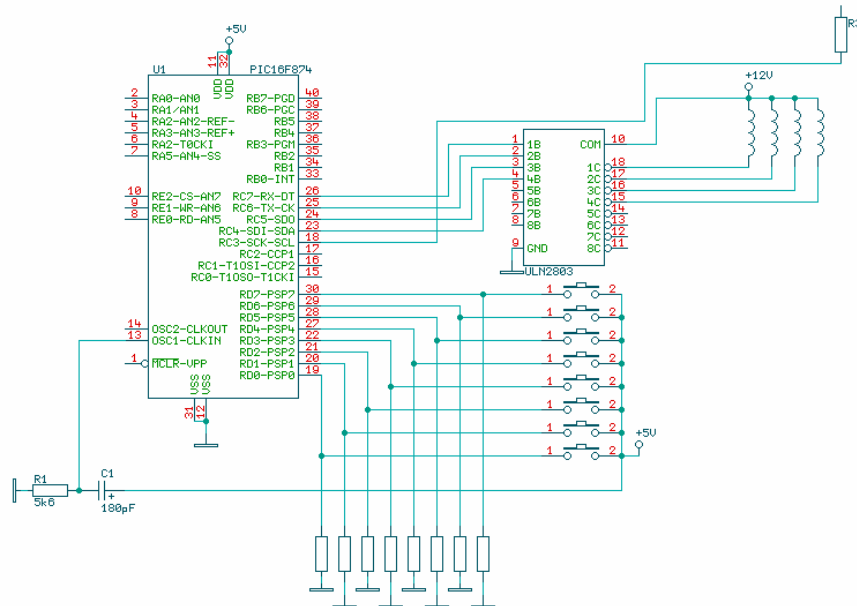
1 Úvod

Krokový motor je důležitý pro techniku obecně. Přesný posuv je nutný například u počítačů k pohybu datových hlav (magnetické v disketových mechanikách, laser u CD, apod.)

Aplikace krokových motorů je i přes jejich triviální princip nejednoduchá, až komplikovaná. Je zapotřebí navrhnout a vyrobit řídicí obvod s mikroprocesorem a tento naprogramovat.

2 Řízení krokového motoru

- Krokový motor (stepper) využívá několika set magnetických kotev, jenž je nutno synchronizovat, aby nastal rotační pohyb. Postupným zapínáním cívek v kruhu se k nim magnety přitáhnou a rotor se otáčí. Každý krok znamená vychýlení rotoru jen o malý úhel, čímž můžeme dostat velikou přesnost.
- Mikroprocesor PIC16F874 používáme jako řídicí jednotku. Na něj pomocí datového kabelu uploadujeme software vytvořený na PC v Assembleru (programovací jazyk). Mikroprocesor analyzuje vstupní data z klávesnice, vyhodnotí je a vyšle sérii příkazů pro motor.



Schéma

- Podařilo se nám vytvořit a zprovoznit systém pro řízení polohy. Stisknutím některé klávesy 1-8 se hlava disketové mechaniky přesune do pozice odpovídající číslu tlačítka.
- Shodli jsme se na tom, že mechaniku by bylo jednodušší ovládat manuálně.

3 Shrnutí

Naučili jsme se jak navrhnout, sestavit a naprogramovat obvod pro řešení daného problému. Pomocí programovacího procesoru jsme zjistili jaký má ohromný potenciál. Někteří byli touto prací inspirováni ke stavbě robotů, z jiných se prací kouřilo.

Poděkování

Děkujeme za poskytnutí technické podpory ČVUT a za konzultace s naším superviseorem Ing. Josefem Voltrem, CSc.

Reference:

- [1] VACEK, V.: *Učebnice programování PI*, vydavatel BEN, 2000, 142 stran.
- [2] MICROCHIP *datasheet* Vydal: Microchip Technology Inc., 2001, 200

Algoritmy počítačové grafiky

P.Palát, D.Renát, H.Seifrt, J.Zapletal
SPŠE Brno, SPŠE Brno,
Gymnázium Pobořany, Gymnázium Vídeňská 47 Brno
harry_x@babylon5.cz, xardas.mail@seznam.cz,
janseifrt@seznam.cz, yaplik@atlas.cz

Abstrakt

Shrnutí základních algoritmů počítačové grafiky ve 3D jako je zbuffer, raytracing, transformace objektů ve 3D, modely osvětlování.

1 Úvod

Počítačová grafika tvoří poměrně rychle se rozvíjející odvětví informatiky, své uplatnění tradičně nachází v různých CAD systémech, ve vědě (např. při vizualizacích fyzikálních či medicínských dat). Mimo jiné také nachází v oblasti PC, zejména v počítačových hrách.

2 Algoritmy počítačové grafiky

Počítačová grafika obsahuje velké množství odvětví a tak i škála používaných algoritmů je poměrně široká. My se zaměříme na dvě skupiny algoritmů - vizualizační a osvětlovací.

2.1 Rendering

Rendering neboli vizualizace scény je proces, v němž převádíme zdrojová data, která popisují scénu, na obrazová. Objekty scény mohou být zadány různými způsoby:

- Sít trojúhelníků (či obecně n-úhelníků - v praxi se však používají většinou jen trojúhelníky a čtyřúhelníky)
- Parametrické plochy (NURBS, Beziérové plochy)
- Implicitně zadané plochy - Metaballs [3]
- Volumetrická data

Nejčastěji používanou metodou zadávání dat je ta první zmíněná - tedy síť trojúhelníků, jejíž velkou výhodou je jednoduchost a vhodnost pro hardwarovou implementaci. Pokud použijeme jiný způsob zadávání dat, tak jej většinou převádíme právě na síť trojúhelníků - teselujeme (u NURBS křivek/ploch). Použití parametrických ploch má velkou výhodu v tom, že za běhu (resp. teselace) můžeme určit jemnost výsledné trojúhelníkové

sítě, což se hodí např. pro různé algoritmy pracující s různými úrovněmi detailnosti objektu (LOD - level of detail). Nevýhodou je právě opět nutnost softwarové teselace (což můžeme samozřejmě částečně řešit předpočítáním).

Důležitým aspektem 3D grafiky je možnost vyjádřit transformace v prostoru pomocí matic (využitím základních prvků lineární algebry). Maticí můžeme vyjádřit každou lineární transformaci - což je např. změna velikosti, rotace, ale i např. perspektivní korekce. V praxi však potřebujeme používat i nelineární operace jako je např. posun. Díky tomu se v 3D grafice na popis nepoužívá tři dimenzí, ale čtyř. U vstupních dat čtvrtá souřadnice určuje, zda se jedná o bod nebo vektor. Vektor má čtvrtou souřadnici (w) nastavenou na 0 - tudíž se na něj nevztahuje posun. Naopak bod ji má nastavenou na $w=1$.

Samotných algoritmů na renderování je poměrně široká řada. Nejznámějším a asi nej-používanějším algoritmem je zbuffer, kdy máme rasterový obraz, do něhož promítáme jednotlivé objekty (rasterizování se provádí v prostoru zařízení - device space - tudíž již je započítána transformace daná kamerou, perspektivní projekcí, etc.). U každého bodu si rasterizer pamatuje nejenom jejich barvu, ale taktéž informace o Z souřadnici. Pak v případě, že na jiném prostoru má rasterizovat jiný bod, tak porovná jejich Z hodnotu a rozhodne se podle ní, zda bod přepíše či nikoliv. Toto je taktéž místo, kde se dá rendering pomocí zbufferu optimalizovat pomocí zsortingu - to má však význam pouze tehdy, když je proces fillování bodu náročnější operací - což je typicky v případě, že používáme pixelové shadery (což jsou krátké programky pro grafický procesor, jejímž výstupem je barva a hloubka pixelu). Tento renderovací algoritmus je implementován prakticky na každém 3D grafickém akceleratoru z důvodů snadné realizace v HW.

Další metodou renderování je ray tracing - či česky sledování paprsku. Tato technika je určena pro fotorealistické renderování, má velmi kvalitní výstup, ale je velmi pomalá. Základem techniky je, že z každého bodu obrazovky vedeme paprsek a sledujeme, jestli narazí do nějakého objektu. V případě, že ano, tak vytvoříme další paprsky, které povedou z daného bodu do ohniska každého světla a otestujeme, zda paprsek koliduje s nějakým dalším objektem. Tím zjistíme, zda se bod nachází ve stínu či nikoliv. V případě, že se nenachází v stínu, tak spočítáme příspěvek daného světla. Pokud je povrch objektu reflektivní, tak vytvoříme další paprsky, které budou simulovat jeho odrazivost.

Výhodou ray tracingu je např. možnost simulování lomu paprsku při přechodu mezi prostředím s jiným indexem lomu. Nevýhodou je extrémně velká náročnost v případě požadavků na reálný výsledek - proto se používá menší množství paprsků - pak ale vzniká problém, že je scéna nedostatečně osvětlena. To se řeší např. jiným vypočítáváním útlumu světla - podle fyzikálních zákonů je útlum světla úměrný čtverci vzdálenosti, v praxi se v 3D grafice používá kombinace lineární a kvadratické závislosti.

Existují i různé modifikace ray tracingu - např. použití fotonových map (photon maps) - kdy z zdrojů světla vrháme fotony, které se zachycují na jednotlivých objektech (čímž se nám zjednoduší výpočet osvětlení při samotném vrhání paprsků).

2.2 Osvětlování

Osvětlování patří mezi nejdůležitější aspekty v renderování 3D grafiky. Je to právě osvětlování, které vytváří realistický dojem scény a vytváří dojem plastičnosti těles. Všechny osvětlovací algoritmy jsou jen zjednodušením fyzikálních modelů (které jsou na výpočet příliš náročné). Liší se kvalitou, ale také rychlostí. Nejdůležitější algoritmy pro osvětlování:

- Phongův osvětlovací model

- Blinnův osvětlovací model
- Radiosita
- Fotonové mapy, Monte Carlo ray tracing [4]

Phongův osvětlovací model je jedním z nejstarších aproximací osvětlování. Jedná se o tzv. lokální osvětlovací model, tudíž není schopen zahrnout např. odrazy objektů a své výpočty provádí pouze pomocí normály objektu v daném bodě a vektoru světla. Rozlišuje několik prvků v osvětlení:

- Difúzní
- Spekulární
- Ambientní

Ambientní člen popisuje nesměrové osvětlení z vnějších zdrojů, z nichž není možné odkud přicházejí.

Difúzní člen charakterizuje světlo odražené rovnoměrně do všech směrů. V Phongově modelu je jeho výpočet dán vztahem:

$$I_d = I_l * r_d * \cos \alpha$$

α úhel mezi vektorem normály v daném bodě a směrovým vektorem k světlu. Kosinus úhlu získáme pomocí známého vztahu:

$$\cos \alpha = \frac{n \cdot l}{|l| |n|}$$

V případě, že máme vektory n a l normalizovány (což není problém zajistit), tak se výpočet zjednoduší na pouhý skalárního součin obou vektorů. I_d je difúzní koeficient světla, r_d je dif. koeficient materiálu.

Spekulární člen charakterizuje, jak je objekt lesklý. Je závislý na vektoru odrazu a směrovém vektoru k pozorovateli. Vztah pro výpočet je:

$$I_s = I_s * r_s * \cos^h \beta$$

I_s je spek. koeficient světla, r_s je spek. koeficient materiálu. Úhel β získáme opět pomocí skalárního součinu vektorů. Zde je ovšem problém vypočítat vektor odrazu (přesněji řečeno, výpočet vektoru odrazu je výpočetně náročný). Z tohoto důvodu vznikl Blinnův osvětlovací model.

2.3 Blinnův osvětlovací model

Blinnův model je shodný s Phongovým osvětlovacím modelem až na výpočet spekulární složky. Místo vektoru odrazu používá tzv. halfway vektor - což je normalizovaný vektor mezi vzniklý součtem vektoru k světlu a normály (taktéž normalizovaných). Ten pak používá místo úhlu odrazu. Metoda je méně přesná, ale velmi rychlá, proto se stala populární při implementaci tohoto osvětlovacího modelu v T&L jednotkách grafických karet.

Tyto osvětlovací modely mohou být doplněny o další prvky - např. útlum světla (většinou se používá kombinaci lineární a kvadratické závislosti) či třeba Fresnellův člen.

Velkou nevýhodou lokálních osvětlovacích metod je nesnadné přidávání některých grafických efektů, např. zobrazování stínů.

2.4 Radiositní metoda

Radiosita je metodou globálního osvětlování, tudíž podává nesrovnatelně lepší výsledky než lokální osvětlovací metody. Daňí za to je ovšem výpočetní náročnost a z toho též plyne nevhodnost na implementaci a použití v realtime grafice.

Metoda je založena na rozdělení každého objektu na síť čtverců. Na každém čtverci je vypočítáno jeho osvětlení z ostatních čtverců, na něž vidí on sám (samozřejmě je započítáván i útlum světla). Tak je to provedeno pro všechny čtverce v scéně. Poté je proces opakován, většinou několikrát. Díky tomu radiosity velmi dobře zachytí vzájemné odrazy ve scéně a vyrenderovaná scéna vypadá velmi reálně.

Hlavní nevýhodou je právě ona náročnost na výpočet, který není možné většinou provádět v reálném čase. Bylo ovšem vytvořeno několik technik, které použití v reálném čase více či méně umožňují (rozhodně ale ne natolik, aby bylo možno radiositou plně nahradit klasické osvětlovací modely). První takovou technikou je využití grafických akceleratorů při výpočtu vlivu ostatních částí sítě čtverců na právě zpracovávaný čtverec (zde se dá dobře využít i programovatelnosti pipeline grafické karty). Další metodou je částečná aktualizace radiositní mapy v reálném čase.

Radiosita se ovšem nejčastěji používá na výpočet statického osvětlování - tzv. light map.

3 Shrnutí

Počítačová grafika představuje rychlé rozvíjející odvětví aplikované informatiky, které nachází uplatnění v velkém spektru vědeckých a technických činností.

Poděkování

Účastníci miniprojektů by tímto chtěli poděkovat našemu supervisorovi Ing. Tomáši Oberhuberovi, organizátorům fyzikálního týdne a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a autorům použitého software (Linux, OpenOffice, L^AT_EX, Povray)

Reference

- [1] Dalibor Martišek. *Matematické principy grafických systémů*
- [2] Tomas Akenine-Möller, Eric Haines. *Real-time Rendering*
- [3] Blinn, James F. *A Generalization of Algebraic Surface Drawing*, *ACM Transactions on Graphics*
- [4] P. Dutre, E. Lafortune, and Y.D. Willems. *Monte carlo light tracing with direct computation of pixel intensities*.

Spektrometrie gama záření a rentgen-fluorescenční analýza

J. Kákona¹, J. Zugárek², T. Ježková³, B. Kaufmanová⁴,
K. Mitošinková⁵

¹ SPŠSE České Budějovice, KakonaJakub@seznam.cz

² SPŠE Brno, J.Zugarek@seznam.cz

³ Gymnázium Dobruška, deirdre.yavanna@seznam.cz

⁴ Gymnázium Čelákovice, baja.k@seznam.cz

⁵ Gymnázium Mikulov, K.Mitosinkova@seznam.cz

Abstrakt

Cílem naší práce bylo seznámit se s gama zářením, typy interakcí a způsoby jeho detekce. Spektrometrie gama byla provedena pomocí scintilačního detektoru se zářiči ^{60}Co a ^{137}Cs . Dále jsme se seznámili s principem rentgen-fluorescenční analýzy, kdy pomocí zářičů ^{55}Fe a ^{238}Pu bylo buzeno charakteristické záření X vzorků Ca, Nb, Mo, Cl detekované proporcionálním počítačem.

1 Úvod

Záření gama je krátkovlnné elektromagnetické záření, které může být emitováno při radioaktivní přeměně. Zdrojem tohoto záření jsou různé radionuklidy ať už uměle vyrobené nebo běžně se vyskytující v přírodě. Energie emitovaného gama záření odpovídá danému přechodu. Má konkrétní hodnotu a je pro daný nuklid charakteristická.

Spektrometrie gama je metoda, která umožňuje měřit energii emitovanou daným radionuklidem. Existuje několik způsobů detekce. Volba detekčního systému závisí na vlastnostech měřených vzorků. Na základě naměřených spekter pak může být provedena kvantitativní i kvalitativní analýza vzorků.

2 Materiál a metody

Gama záření je detekováno na základě jeho interakce v objemu detektoru. Tři hlavní typy interakcí gama záření s materiálem jsou: fotoefekt, Comptonův rozptyl a tvorba elektron-pozitronových párů.

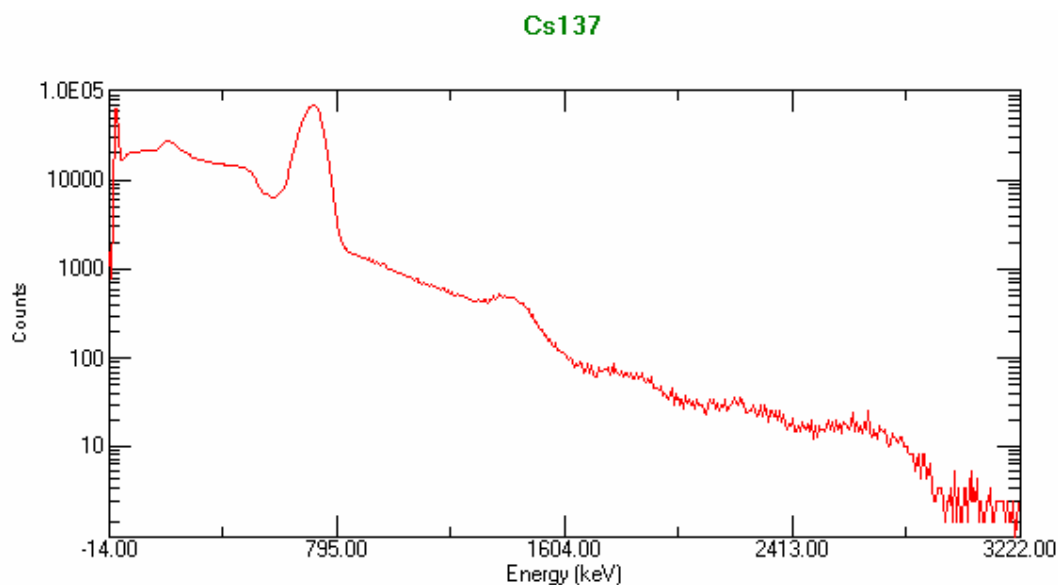
Jedním z možných způsobů měření energie ionizujícího záření, který jsme použili i v této úloze, je použití scintilačního detektoru NaI (TI). Jeho princip spočívá v tom, že při interakci záření se scintilátorem vznikají v detektoru světelné záblesky, které potom dopadají na

fotokatodu fotonásobiče a vznikají napěťové impulzy. Amplituda těchto impulzů se elektronicky zpracovává a odpovídá absorbované energii záření.

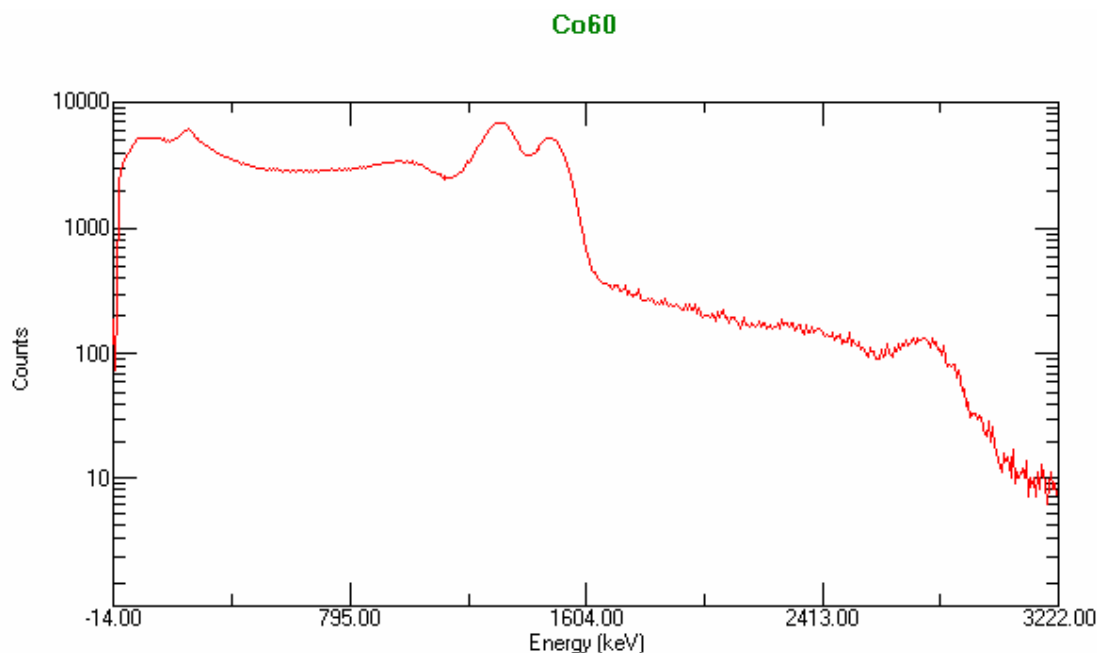
Rentgen-fluorescenční spektrometrie je analytická metoda využívající charakteristické záření X. Zkoumaný vzorek je ozařován zdrojem budícího záření, absorbovaná energie je využita k excitaci elektronů daného prvku do vyšších energetických hladin nebo jejich uvolnění z atomového obalu. Uvolněné místo je obsazeno některým z elektronů z vyšších energetických hladin, což je doprovázeno emisí charakteristického fluorescenčního záření. Na základě znalosti tohoto emitovaného záření může být identifikováno složení zkoumaného vzorku. Spektrum emitovaného rentgenového záření je možné detekovat například pomocí proporcionálního počítače. Porporcionální počítače jsou trubice plněné plynem, ve kterých v důsledku interakce záření dochází k ionizaci plynu a vzniku impulsu. Díky velkému plynovému zesílení jsou tyto detektory vhodné pro měření nízkých energií.

3 Výsledky měření

Pomocí scintilačního detektoru jsme měřili spektra ^{60}Co a ^{137}Cs , která jsme následně analyzovali – určili jsme v nich příspěvky odpovídající jednotlivým interakcím gama záření s materiálem detektoru. Naměřená spektra jsou zobrazena na obr.1 a 2.



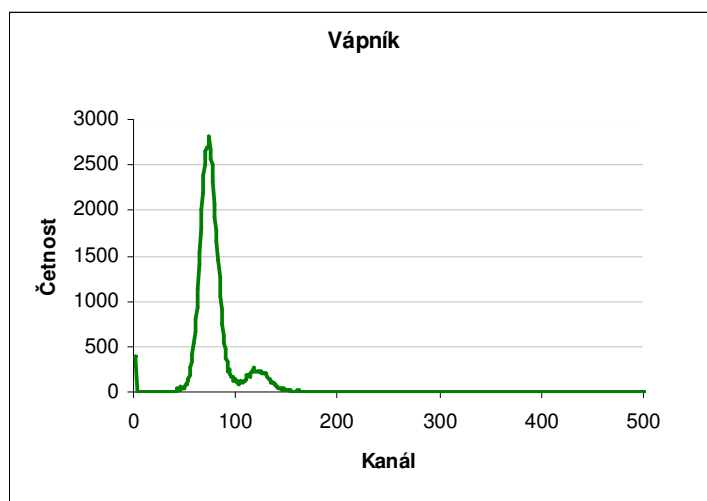
Obr.1 Spektrum ^{137}Cs



Obr.2 Spektrum ^{60}Co

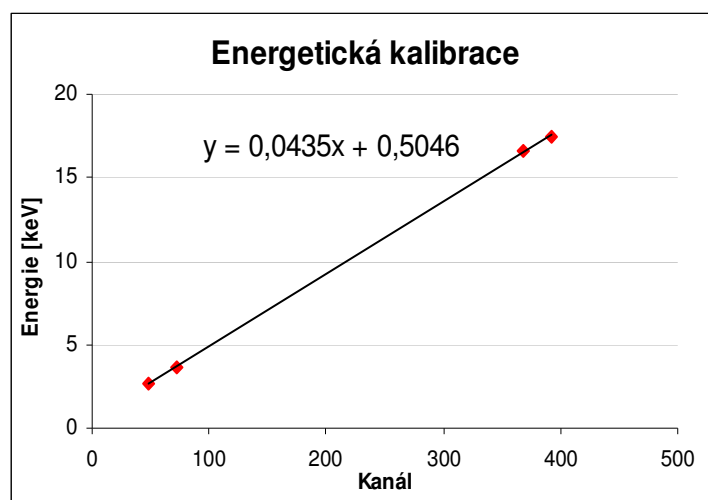
Byla provedena energetická kalibrace detektoru pomocí píků Cs a Co, to znamená, že jsme jednotlivým kanálům analyzátoru přiřadili odpovídající energie gama záření. Poté jsme se pokusili identifikovat neznámý vzorek. Pro nízkou aktivitu vzorku a špatné vlastnosti detektoru to však nebylo možné.

V druhé části úlohy jsme se věnovali rentgen-fluorescenční analýze. Pomocí zdrojů záření ^{55}Fe (5,9 keV) a ^{238}Pu (13 – 21 keV) jsme budili charakteristické rentgenové záření vzorků Ca, Cl, Mo, Nb. Příklad naměřeného spektra je znázorněn na obr.3.



Obr.3 Spektrum charakteristického záření Ca buzené ^{55}Fe (malý pík vpravo odpovídá zpětně odraženému záření ^{55}Fe)

Pomocí naměřených píků charakteristického záření byla provedena kalibrace proporcionálního počítače. Kalibrační přímka je zobrazena na obr.4.



Obr.4 Energetická kalibrace proporcionálního počítače

4 Shrnutí

Seznámili jsme se s gama zářením a jeho interakcemi s látkou. Pomocí scintilačního detektoru jsme provedli spektrometrické měření ^{60}Co a ^{137}Cs a energetickou kalibraci detektoru. V druhé části úlohy jsme měřili pomocí proporcionálního počítače charakteristické rentgenovské záření několika vzorků buzené zářiči ^{55}Fe a ^{238}Pu .

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI a Ing. Vojtěchu Svobodovi za možnost se účastnit Fyzikálního týdne. V neposlední řadě také supervisorkám RNDr. Zdeně Palajové a Ing. Ivě Jadrníčkové za jejich pomoc při řešení daného projektu.

Reference

- [1] GERNDT, J.: *Detektory ionizujícího záření* Vydavatelství ČVUT, 1996
- [2] UHLÍŘ, M.: *Úvod do atomové fyziky* Vydavatelství ČVUT, 1979

Numerické modelování proudění mělké vody

Z. Bělehrádek, P. Paták, R. Smrž

SPŠE Brno, Gymnázium Sušice, Gymnázium Ohradní, Praha
zdenek.belehradek@seznam.cz, ppatak@seznam.cz, roman.smrz@seznam.cz

Abstrakt

Simulace řeší proudění vody při protržení přehradní hráze. Pro jednoduchost je problém řešen v 1D. Model vychází ze zákonů zachování hmotnosti a hybnosti, soustava vzniklých rovnic je analyticky neřešitelná, a proto ji řešíme numericky. Z tohoto důvodu je výsledek zatížen jistou nevyhnutelnou chybou, avšak i přesto se model velice blíží chování skutečného systému.

1 Úvod

Je žádoucí, abychom byli schopni předvídat chování fyzikálních systémů pomocí výpočetní techniky bez nutnosti experimentů. V praxi se používá několika numerických metod na modely, jež vycházejí ze známých fyzikálních zákonů a v hojné míře využívají parciální diferenciální rovnice. Přestože výpočetní výkon současné techniky roste, je žádoucí, aby počet provedených kroků pro dosažení dané přesnosti byl co nejmenší. Tím vším se zabývá teorie numerického modelování.

2 Parciální derivace

V matematice je jedním z nejdůležitějších pojmů tzv. derivace, která udává rychlost růstu funkce v okolí daného bodu. Ta je však použita jen pro funkce, které závisí pouze na jedné proměnné. Má-li funkce záviset na více proměnných, je nutno použít tzv. parciální derivaci. Parciální derivace je vlastně jen obyčejná derivace, tak jak ji známe ze školy, s tím jediným rozdílem, že všechny proměnné, podle kterých nederivujeme (viz výše - derivovat můžeme jen podle jedné proměnné), považujeme za konstanty.

Příklad:

$$\frac{\partial(xy^2)}{\partial y} = 2xy$$

což čteme: "Derivace xy^2 podle y je rovna $2xy$," vidíme tedy, že x vnímáme skutečně jen jako konstantu.

Při numerických výpočtech nahrazujeme derivace podílem konečně malých diferencí, platíme ale vysokou cenu tím, že ztrácíme přesnost - nejsme schopni použít nekonečně malé veličiny.

Ve fyzice (a v matematice) se často setkáváme s tím, že chování nějakého systému je sice omezeno určitými pravidly (například fyzikálními zákony), ale jeho vývoj závisí na počátečních podmínkách. To se obvykle popisuje pomocí tzv. parciálních diferenciálních

rovnice, doplněných počáteční podmínkou. Jejich řešením je funkce, která je závislá na čase a na některé prostorové souřadnici. Ta nám pak říká, jak se bude systém vyvíjet - například, jak daleko se dostane přílivová vlna za tři sekundy po protržení hráze a jak bude vysoká.

3 Schemata řešení

Řešíme-li diferenciální rovnice numericky, musíme ji upravit do vhodnějšího tvaru a nahradit analytické derivace numerickými.

Časovou derivaci $\frac{\partial u}{\partial t}$ tedy nahrazujeme výrazem $\frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{dt}$ (dt je velikost časového kroku a $n, n+1$ jsou časové indexy (nejedná se tedy o mocnění!)) Podobně nahrazujeme $\frac{\partial u}{\partial x}$ výrazem $\frac{u_{j+1}^n - u_j^n}{dx}$. (dx je zvolený krok na ose x) Velikost dx a dt spolu úzce souvisí. Při složitějších výpočtech se dt počítá po každém kroku jako $dt = C * \frac{dx}{\max(u)}$, kde C je námi zvolená konstanta (např. 0,9) a $\max(u)$ označuje maximální hodnotu rychlosti (tento vzorec platí jen pro níže uvedené rovnice, v jiných modelech se může lišit)

Z daných diferenciálních rovnic vyjádříme u_j^{n+1} - hodnotu sledované proměnné v dalším kroku. To provedeme pro všechna j . Při praktickém použití ukládáme hodnoty u_j^{n+1} do pole un . Dále musíme popsat, jak se systém chová na krajích výpočetní sítě, kde neznáme dostatečný počet hodnot k přímému výpočtu proměnných. Přiřadíme-li proměnné hodnotu sousední buňky, mluvíme o tzv. volných okrajových podmínkách. Jinými slovy : po skončení výpočetního cyklu provedeme na krajích přiřazení $u_1^n = u_2^n$ a $u_j^n = u_{j-1}^n$.

V praxi se používá pro řešení zákonů zachování několi schemat řešení : nejjednodušší jsou schemata dopředné, zpětné a centrální. Jejich problémem je však značná nestabilita řešení při určitých podmínkách. Numerická chyba v průběhu výpočtu velice rychle převýší hodnotu sledované proměnné. Lepší výsledky občas dává schema Lax-Friedrichsovo (LF), kdy nahrazujeme

$$\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{u_j^{n+1} - \frac{u_{j+1}^n + u_{j-1}^n}{2}}{dt} \text{ a } \frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u_{j+1}^n - u_{j-1}^n}{2dx}.$$

I toto schema však zkresluje řešení - zahlazuje nespojitosti - čemuž se říká difuze.

Druhé stabilní schema je schema Lax-Wendroffovo (LW):

$$\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{dt} \text{ a } \frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u_{j+1}^n - u_{j-1}^n}{2dx} - \frac{a^2 dt}{2} * \frac{u_{j+1}^n - 2u_j^n + u_{j-1}^n}{dx^2},$$

V tomto schematu vznikají za nespojitostmi oscilace - tomuto jevu se říká disperze.

Ideální je tedy kombinace obou postupů, nejčastěji se používá dvoukrokové LFLW4 schema (na tři cykly LW případně jeden LF).

4 Modely

Nejjednodušším systémem, který lze takto řešit je tzv. advekční rovnice, která popisuje šíření vlny v daném prostředí. Ta má tvar

$$\frac{\partial u}{\partial t} + a \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

U této rovnice dokonce známe analytické řešení a můžeme tak sledovat přesnost jednotlivých schemat řešení. Zde je popis jejího řešení pomocí zpětného schematu, které je stabilní jen pro $a > 0$

```

variable u,un array (100)
function solve
inicializujpromenne; %v tomto jednoduchem pripade je mozne vypocitat dt predem
while t<T %pocitame jen v case, ktery nas zajima
    dopredu;
    kresli(un);
    u=un;
    t = t + dt;
end;
-----
function dopredu
for j=2:J-1
    un(j)=u(j)-a*dt*(u(j-1)-u(j))/(dx)$; %vlastni vypocet
end
un(1) = u(2); %okrajove podminky
un(J) = u(J-1);
-----

```

Uvedená schemata velice dobře řeší i Burgesovu rovnici, jež má tvar

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

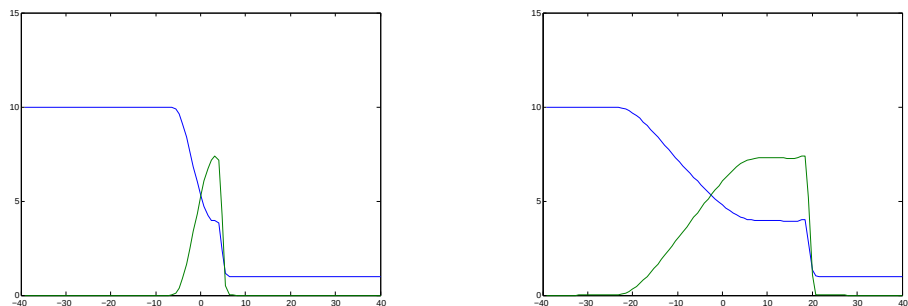
My jsme se však zabývali řešením rovnic mělké vody s volným povrchem. Ze zákona zachování hmotnosti a hybnosti pro mělkou vodu platí :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial x} = 0$$

kde h je aktuální výška hladiny a u je rychlost proudění.

Řešili jsme tzv. Riemannův problém - výška hladiny se skokem mění a rychlost na počátku je všude nulová. Tyto podmínky odpovídají situaci např. krátce po protržení přehradní hráze. V několika okamžicích vzniká rázová vlna a hladina vody v přehradě se začíná snižovat. Rychlost vody roste. V ustáleném stavu pak roste se snižující se výškou hladiny vody. Nakonec systém skončí v úplné rovnováze. Jak ukazují následující grafy :



Obrázek 1: Protržení přehrad

5 Shrnutí

Numerickými modely lze v současné době řešit i poměrně složité fyzikální problémy. Často je však problém najít vhodný model řešení tak, aby vzniklá numerická chyba byla minimální.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT, našim supervisorům, MFF UK, D.E.Knuthovi a skupině Numerického modelování proudění plynů a samozřejmě též Pražským vodovodům a kanalizacím.

Reference

- [1] Eleuterio F.Toro *Shock-Capturing Methods for Free-Surface Shallows Flows* 1999
- [2] *Numeritek Website* 2005

Numerické modelování dynamiky ideálního plynu

M. Franěk, Gymnázium Mariánské Lázně, franas@seznam.cz

P. Kus, SPŠE Brno, petr.data@seznam.cz

M. Šiška, Gymnázium Vídeňská, Brno, wyvern@post.cz

V. Valenta, SPŠS Odolena Voda, viktor.valenta@reparo.net

Abstrakt:

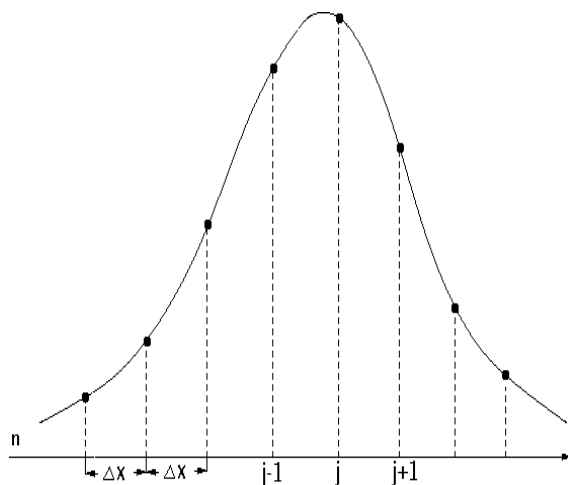
Cílem miniprojektu bylo v prostředí Matlab numericky modelovat dynamiku ideálního plynu, jejíž modelování analytickým způsobem by bylo obtížné, často i nemožné. Při postupu jsme využívali zákonů zachování a výpočetních mřížek.

1 Úvod

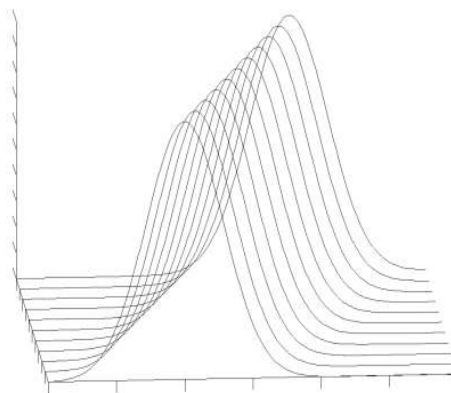
Numerické modelování řeší chování systémů, které nelze analyticky řešit, ale lze jej krok po kroku vypočítat – modelovat. K tomu se používá metoda, kdy ze stávajícího stavu zjistíme stav následující. Tímto způsobem můžeme předvídat chování systému v čase. Vzhledem k faktu, že se nepracuje s funkcemi, jako v analytické metodě, ale s čísly počítanými s určitou přesností, vzniká ve výpočtech nepřesnost. Tím se ovlivní výchozí podmínky dalších kroků, čímž se nepřesnost zvětšuje.

2 Numerické výpočty

Při numerických výpočtech se nepočítá se spojitými proměnnými nýbrž s diskrétními (nespojitými) hodnotami.

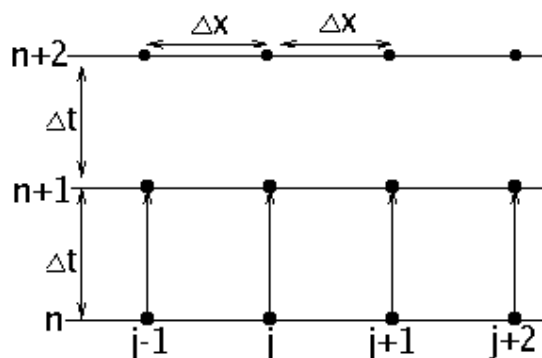


Obr. 1



Obr. 2a

Máme dán průběh funkce (obr.1), který určuje počáteční stav systému, a z této funkce vybereme určité body, provedeme tzv. diskretizaci. Diskretizované hodnoty vložíme do mřížky. Tato mřížka je pohledem na průběh funkce „zvrchu“. Graf na obr.1 tvoří v mřížce jeden řádek, kde každý bod má hodnotu výšky v . Další řádky v mřížce na obr.3 jsou už vypočítané hodnoty, vypovídají o tom, jak bude systém vypadat za určité Δt . Pohled na tyto řádky v prostoru je na obr.2.



Obr.3 Výpočetní mřížka

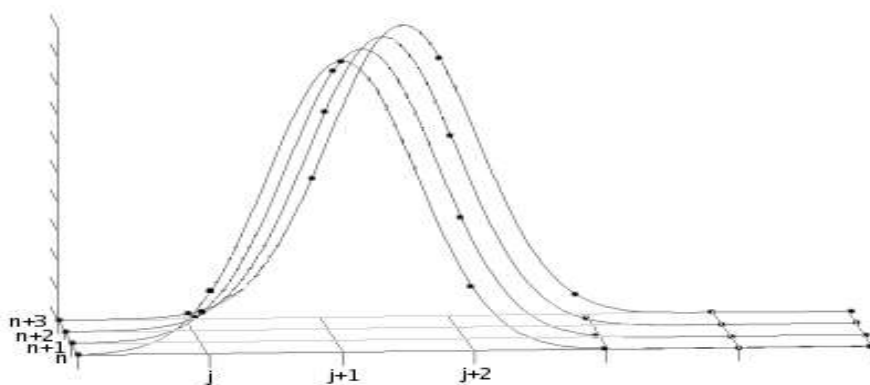
Diskretní hodnoty v našem případě vyvozené na začátku z grafu funkce mohou být hodnoty naměřené, z nichž můžeme vycházet a předpovědět, jak se bude děj vyvíjet v čase.

Abychom dokázali v mřížce vypočítat z řádku n řádek $n+1$ musíme znát zákon či zákony jimž se systém řídí. Tyto zákony vychází z integrálního počtu. V našem případě, tedy pro ideální plyn jsou tyto rovnice tři - zákony zachování hmoty, hybnosti a energie:

$$\begin{aligned} \rho_t + (\rho u)_x &= 0 \\ (\rho u)_t + (\rho u^2 + p)_x &= 0 \\ E_t + (u(E + p))_x &= 0 \end{aligned} \quad , \text{ kde } \rho \text{ je hustota, } u \text{ je rychlost, } p \text{ je tlak a } E \text{ je energie.}$$

tlak p vypočteme ze stavové rovnice: $E = \frac{p}{\gamma - 1} + \rho \frac{u^2}{2}$

Protože máme tři neznámé, tak musíme mít tři množiny vstupních diskretních hodnot. Množinu pro hustotu (ρ), energii (E) a rychlost (u).



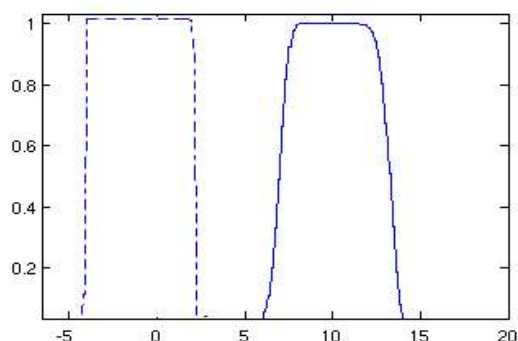
Obr. 2b

2 Diferenční schemata

Lax-Friedrichsovo schéma

$$\frac{u_j^{n+1} - (u_{j+1}^n + u_{j-1}^n)/2}{\Delta t} + a \frac{u_{j+1}^n - u_{j-1}^n}{2 \Delta x} = 0$$

se používá pro advekční rovnici, je však nepřesné – vytváří difúzi (zaoblení) viz obr. 4

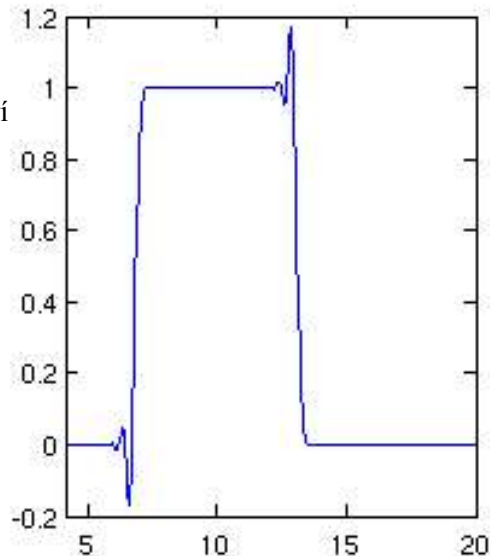


Obr. 4: Lax-Friedrichs

Lax-Wendroffovo schéma

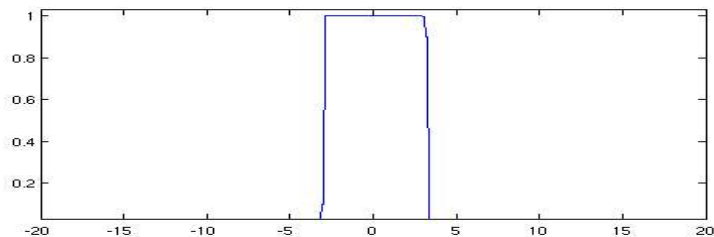
$$\frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{\Delta t} + \frac{u_{j+1}^n - u_{j-1}^n}{2 \Delta x} = \frac{a^2 \Delta t}{2} \cdot \frac{u_{j+1}^n - 2u_j^n + u_{j-1}^n}{\Delta x^2}$$

se používá také pro advekční rovnici, ale vytváří nepřesnost v podobě disperze (oscilace) viz obr. 5



Obr. 5: Lax-Wendroff

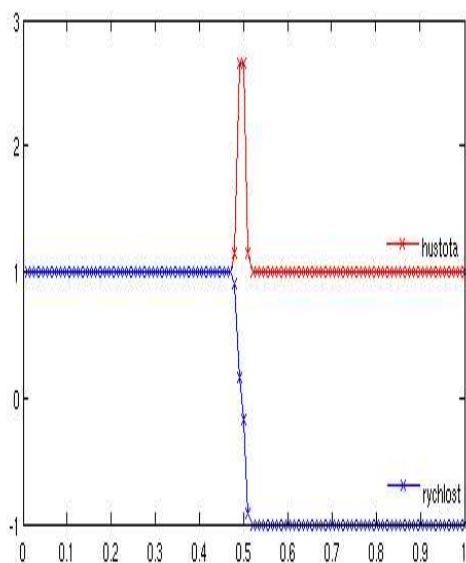
Pro složitější rovnice, jako jsou například výše uvedené Eulerovy rovnice, se využívají složená schemata LWLF n , tzn. n -krát použijeme Lax-Wendroffovo schéma a jednou Lax-Friedrichsovo. Tím dosáhneme vyhlazení průběhu funkce, jak je vidět na obr.6.



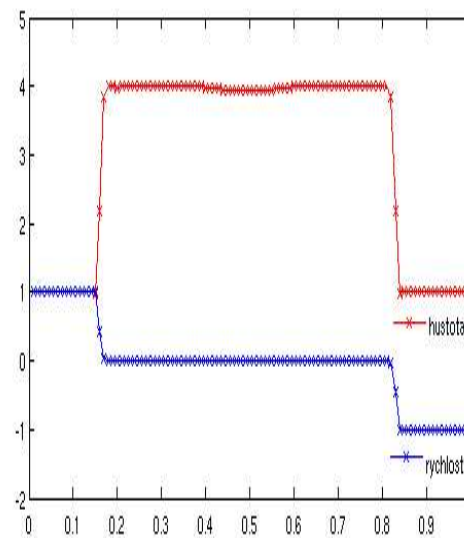
Obr. 6: LWLF4

3 Shrnutí poznatků pro ideální plyn

V programu Matlab jsme prováděli simulaci stavu ideálního plynu při různých počátečních podmínkách. Na obrázcích 6a – 6b je vidět průběh hustoty a rychlosti v čase.



Obr. 6a: Počáteční stav



Obr. 6c: Konečný stav

Poděkování

Naše poděkování patří zejména:

- Supervisorům Doc. Ing. Richardovi Liskovi, Csc. a Ing. Pavlu Burešovi
- FJFI ČVUT za pořádání fyzikálního týdne
- Ing. Vojtěchu Svobodovi za organizaci fyzikálního týdne.
- Praotci Čechovi, že našel tuto vlast.

Reference:

- [1] LEVEQUE R. *Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems* Cambridge UniPress 2002
- [2] LEVEQUE R. *Numerical Methods for Conservation Laws* Birkhaeuser 1992
- [3] KUCHARÍK M. *Diferenční schémata pro zákony zachování ve 3D* FJFI ČVUT 2002

Vliv stínění na dávku v oční čočce při brachyterapii

P. Malá, Gymnázium, Moravský Krumlov, peta.mala@post.cz

B. Slunečková, Gymnázium, Benešov, bara.sluneckova@seznam.cz

A. Sejkorová, Gymnázium Komenského, Jeseník, alesej@email.cz

O. Hýl, Gymnázium a SOŠ, Frýdek – Místek, ondrej.hyl@seznam.cz

Supervisor: Irena Pavlíková

Abstrakt:

Účelem experimentu bylo zjistit, zda je potřebné používat stínění oční čočky při ozařování nádoru kůže v blízkosti oka. Při použití stínění byla dávka v oční čočce výrazně menší. Doporučujeme tedy jeho použití v praxi.

1 Úvod

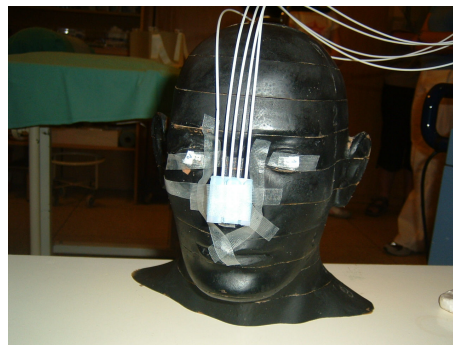
Radioterapie zaujímá významné místo v léčbě nádorových onemocnění. Jedná se o léčbu ionizujícím zářením, která využívá jeho biologického účinku v tkáních. Pro každého pacienta je provedeno plánování léčby s cílem ozařovat pouze nádorové buňky a co možná nejvíce chránit před zářením okolní zdravé tkáň. Radioterapie je realizována buď vnějším ozařováním (teleterapií) nebo zavedením zářičů do těsného kontaktu s nádorovým ložiskem (brachyterapií).

Celý proces ozařování se frakcionalizuje, tj. rozdělí se na několik menších dávek, protože jednorázové ozařování velkou dávkou by mohlo způsobit těžké poškození okolní tkáně, případně až smrt pacienta.

Cílem našeho miniprojektu bylo změřit rozdíl dávek v oční čočce při brachyterapeutickém ozařování nosu s použitím stínění a bez něj. Celou dávku jsme vyzářili najednou, jinak by byly hodnoty dávek neměřitelně malé.

2 Experimentální část

Použili jsme tzv. techniku afterloadingu, tj. dodatečného zavedení zdrojů záření. Měření jsme prováděli na fantomu, což je model lidské hlavy vyrobený z tkáňově ekvivalentního materiálu. Do míst očních čoček jsme přilepili po balíčku s šesti termoluminiscenčními dozimetry. Na nos jsme připevnili muláž, plastickou destičku, do které jsou zavedeny duté tenké trubičky z plastické hmoty (aplikátory). Jejich druhé konce byly připojeny k afterloadingovému ozařovači. Ozařovač byl



Fantom lidské hlavy s muláží a připevněnými dozimetry

nastaven na vyzáření dávky 20 Gy do oblasti nosu. Do aplikátoru byl zasunut vlastní zářič uzavřený v pevném kovovém obalu – drátek s iridiovou špičkou.

Dozimetry jsme nechali vyhodnotit TL readerem. Výsledky udané v mikrocoulombech jsme převedli na Graye (jednotku dávky), k čemuž jsme použili hodnoty z dozimetrů vložených do kalibračního fantomu a ozářených referenční (známou) dávkou jednoho Graye. Přiřazení relativní hodnoty v μC známé hodnotě v Grayích se nazývá kalibrace.



Zapojení aplikátorů k afterloadingovému ozařovači

Výsledky pokusů a kalibrace jsou znázorněny v tabulce:

	Kalibrace (μC)	Stínění (μC)	Bez stínění (μC)
Relat. odezva	62,34	10,26	77,09
	60,44	8,09	83,75
	61,77	8,92	69,55
	66,64	9,00	76,88
	65,96	7,22	89,17
	66,30	9,43	89,90
Průměr	63,91	8,82	81,06
Dávka (Gy)	1,00	0,14	1,27

Z tabulky vyplývá, že stíněné oko obdrží dávku 9,1krát menší než nestíněné. Oční čočka je náchylná k poškození a vzniku šedého zákalu při jednorázové dávce dvou Grayů. Přestože i bez stínění byla dávka menší než 2Gy, při případném dalším ozáření se účinky záření načítají. Má tedy smysl stínění používat při každém zákroku.

3 Shrnutí

Při brachyterapii je cílem zničit pouze nádorovou tkáň a současné co nejméně poškodit okolní zdravou tkáň. Jelikož oční čočka je velmi citlivá, přikládáme na ni olověné stínění, které 9krát zmírní účinky dopadajícího ionizujícího záření.

Poděkování

Děkujeme naší supervisorce Ing. Ireně Pavlíkové, fyzikovi oddělení brachyterapie FN Vinohrady Bc. Davidovi Průchovi a všem ostatním, kteří svou morální a finanční podporou umožnili organizaci Fyztydu.

Reference:

- [1] KOLEKTOV AUTORŮ: *Principy a praxe radiační ochrany*, Azin CZ, 2000.
- [2] KRIEGER, H.: *Gebrauchsanleitung Krieger-Phantom Typ T9193*, Ingolstat.

Je životní prostředí kolem JE Temelín kontaminované umělými radionuklidy?

B. Dykastová*¹

O. Hráský*²

T. Princ*³

J. Stránský*⁴

*¹Gymnázium Vysoké Mýto

*²Gymnázium Čelákovice

*³Gymnázium Čs. Exilu 669, Ostrava - Poruba

*⁴Gymnázium Dobruška

ondra.hrasky@email.cz

Abstrakt:

Cílem práce bylo zjistit, jestli je životní prostředí v blízkosti JETE kontaminováno umělými radionuklidy. Na třech bodech v okolí byla měřena kerma, objemová aktivita radonu a odebrány vzorky kůry borovic, půdy a svrchního humusu. Výsledky byly porovnány s výsledky z minulých let.

1 Úvod

V dnešní době se mnoho lidí u nás i v zahraničí zajímá o bezpečnost v okolí jaderné elektrárny Temelín. Z tohoto důvodu se nepřetržitě monitoruje životní prostředí v blízkosti elektrárny ve 29 daných bodech. Monitorovalo se na třech místech:

Týn nad Vltavou, U Píchů (1)

Břeží, Velký Les (4)

Nová Ves, Pakostov (8)

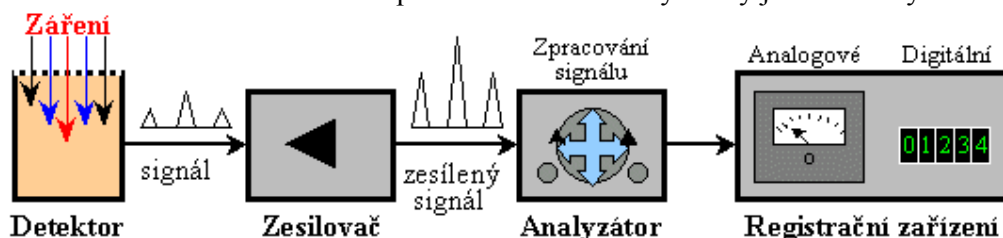
Byla naměřena kerma ve vzduchu, odebrány vzorky půdy, lesního humusu a kůry borovic. Navíc byl změřen obsah radonu v půdním vzduchu, který se dává do souvislosti s obsahem uranu a radia v půdách a horninách. Výsledky budou použity k výpočtu dávky z přírodních zdrojů pro obyvatele, žijící v blízkosti elektrárny. Pak bude možné stanovit příspěvek provozu JETE k celkovému ozáření obyvatel.

2 Metody měření

• Měření kermy

Pro měření radioaktivity přímo na místě se používá scintilační detektor (viz obr.1). Tento detektor je založen na schopnosti některých látek reagovat světelnými záblesky při

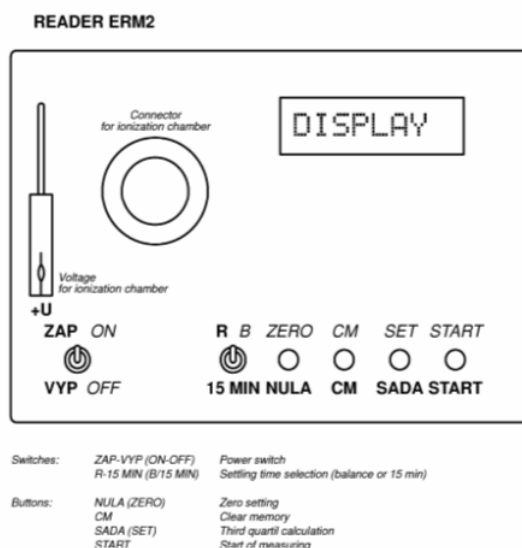
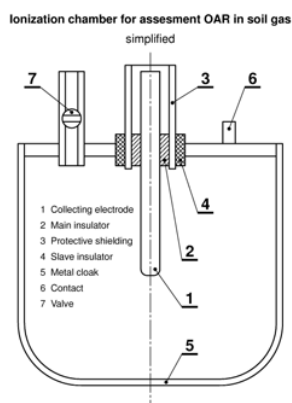
pohlcení kvant ionizujícího záření. Tyto světelné záblesky se pomocí fotonásobičů registrují a pak se ještě impulsy takto vzniklé zesílí v zesilovači a pak pokračují do amplitudového analyzátoru, za kterým následuje čítač, který po kalibraci zobrazí hodnotu kerry. Detektor byl umístěn v referenční výšce 1m nad zemí, délka jednoho měření byla 100s. V každém bodě se měření opakovalo desetkrát. Výsledky jsou uvedeny v tab.1.



obr.1 – schéma detekčního systému [1]

• Metoda ztraceného hrotu

Metoda ztraceného hrotu se používá pro zjištění objemové aktivity radonu v půdním vzduchu. Na dutou tyč se nasadí snímatelný hrot. Tyč se zatluče asi do hloubky 90cm a pak se povytáhne tak, aby se uvolnil hrot (odtud název metody) a do tyče mohl vniknout půdní vzduch. Pomocí žanety se odebere vzorek půdního vzduchu z tyče, který se nasaje do ionizační komory (viz obr.2). Po 15 minutách je připojena k vyhodnocovacímu zařízení (obr.3), které zobrazí hledanou hodnotu objemové aktivity radonu. Byly použity 3 tyče umístěné poblíž sebe a průměrné hodnoty uvádí tab.2.

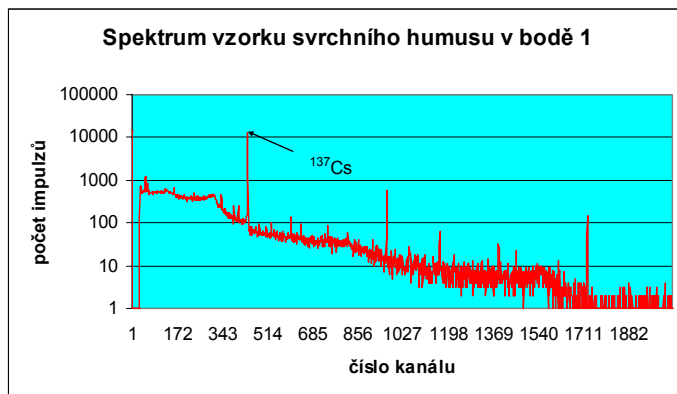


obr.2 – ionizační komora [2]

obr.3 – vyhodnocovací zařízení [2]

• Ostatní vzorky

Další z odebíraných vzorků jsou kůra borovic a lesní humus. Tyto vzorky byly odebrány, a budou změřeny po vysušení a ustavení radioaktivní rovnováhy (cca 3 týdny). Ve vzorcích se stanovuje přítomnost přirozených radionuklidů a kontaminantu ^{137}Cs . K jejich měření se používá polovodičový detektor HPGe. Naměřené spektrum vypadá takto:



3 Výsledky měření

V tabulce 1 jsou uvedeny výsledky po vypočítání průměrů pro měření kermy s pomocí scintilační sondy:

tab.1

Místa	(1)	(4)	(8)
Ø kerma [nGy/hod]	133,04	119,7	128,66

V tabulce 2 jsou uvedeny průměry objemové aktivity radonu v půdním vzduchu, zjištěné metodou ztraceného hrotu:

tab.2

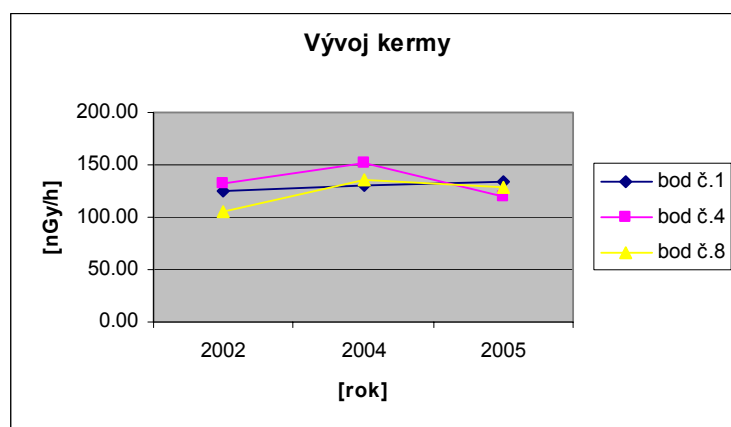
Místa	(1)	(4)	(8)
Ø objemová aktivita [kBq/m ³]	9,97	24,60	10,53

4 Porovnání

Porovnání vývoje kermey od roku 2002:

tab.3

Vývoj kermey		rok		
		2002	2004	2005
místo	(1)	124,47	130	133,04
	(4)	132,89	151,69	119,7
	(8)	104,53	136,49	128,66



5 Shrnutí

Bylo zjištěno, že nedošlo k významnému nárůstu kermey v okolí JETE za posledních 6 let.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat především naší supervizorce, paní RNDr. Lence Thinové, která nám vše ochotně vysvětlila a se vším poradila.

Reference:

- [1] ULLMANN, V.: <http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm>
- [2] THINOVÁ, L.: *Radon a jeho měření (prezentace)*
- [3] ČECHÁK, T. - KLUSOŇ, J. - THINOVÁ, L. - TROJEK, T.: *Biomonitoring atmosférické depozice radionuklidů v okolí Jaderné elektrárny Temelín v roce 2002. Záv. zpráva ČVUT. Praha 2003.*

Co dýcháme? Prvkové složení respirabilního aerosolu

M.Kvapil^{*}, M.Mervartová^{**}

^{*}Gymnázium, Brno, Vídeňská 47,

^{**}Gymnázium, Dobruška, Pulická 779

^{*}kv.michal@seznam.cz

Supervizoři: Prof. Ing. Jaroslav Král, CSc., RNDr. Jan Proška

Abstrakt:

Práce představuje užití analytické metody PIXE k zjištění kvalitativního prvkového složení respirabilního aerosolu. Prvky přítomné v respirabilním aerosolu se respirační soustavou dostávají do plic a přechází do krevního řečiště člověka. Práce odhalila přítomnost mnoha prvků ve vzduchu, z nichž některé mohou způsobovat člověku problémy, či být dokonce jedovaté.

1 Úvod

Analytická metoda PIXE (**P**article **I**nduced **X**-ray **E**mission, neboli částicemi vyvolaná rentgenová emise) je v dnešní době hojně využívána k určení kvalitativního a kvantitativního složení zkoumaného vzorku, v našem případě respirabilního aerosolu, neboli polétavého prachu.

Úkolem této práce bylo odebrání a příprava vzorku, jeho následná analýza metodou PIXE a zjištění přítomnosti různých prvků v respirabilním aerosolu.

2 Analytická metoda PIXE

O metodě PIXE

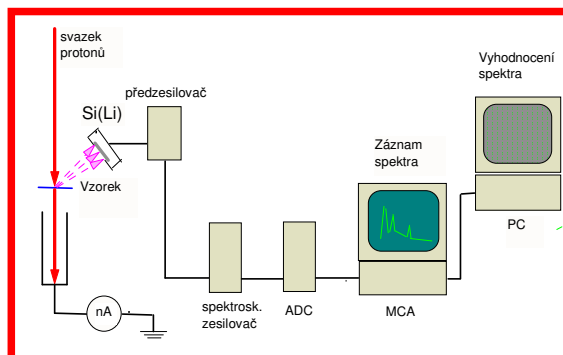
Metoda PIXE je metodou mnohaprvkové simultánní analýzy, tzn. že během jednoho měření získáme celé prvkové spektrum zkoumaného vzorku. Metoda PIXE je vysoce citlivá. Limit detekce prvku se pohybuje kolem ppm (particle per million, neboli jedné částice v milionu) u tlustého vzorku a u tenkého vzorku je to řádově v ng/cm^2 . Pomocí PIXE lze provádět stopovou analýzu v rozmezí prvků od sodíku po uran.

Metoda PIXE užívá k emitování rentgenového záření dopadu svazku protonů (iontů) na vzorek. Analýzu je možné provádět nejen ve vakuu, ale také v ochranné atmosféře, popř. na vzduchu (z evakuované trubice prochází protonový svazek skrz tenkou fólii s minimálním zeslabením do ochranné atmosféry, popř. vzduchu). Lze tak analyzovat vzorky, které není

možné vložit do vakua. Navíc protony jsou téměř nedestruktivní k vzorku, což umožňuje aplikaci metody na citlivé a vzácné předměty jako jsou obrazy, či staré tisky.

Fyzikální princip metody PIXE

V urychlovači urychlené protony (s energií několika MeV) dopadají na vzorek a při průniku protonu látkou dochází k srážkám s atomy vzorku. Energie se předává elektronům, které jsou vyraženy na energeticky vyšší hladiny. Na původních místech vznikají volná místa, která posléze zaplňují elektrony z vyšších energetických hladin buď zářivým přechodem, kdy elektron vyzáří charakteristický rentgenový foton a dochází k tzv. fluorescenci, nebo nezářivým přechodem, kdy dochází k Augerovu jevu, kdy elektron při přechodu s energeticky vyšší hladiny na nižší, předá energii jinému, který opustí atom. Pokud rentgenový foton dopadne na detektor Si(Li), vyvolá v něm fotoefekt, generují se elektron-děrové páry a takto vzniklý elektrický náboj je vnějším elektrickým polem buzeným napětím 500-1000V odváděn k elektrodám. Vzniklý nábojový impuls je konvertován na napěťový, zesílen v předzesilovači a dále zesilován a tvarován. Amplituda výsledného impulsu je úměrná energii dopadlého fotonu. Impuls je digitalizován v analogově digitálním převodníku a zpracován mnohokanálovým analyzátozem. Energetické spektrum je poté vyhodnoceno počítačem, který oddělí jednotlivé píky a spojitě pozadí, identifikuje detekované prvky a určí jejich koncentraci.

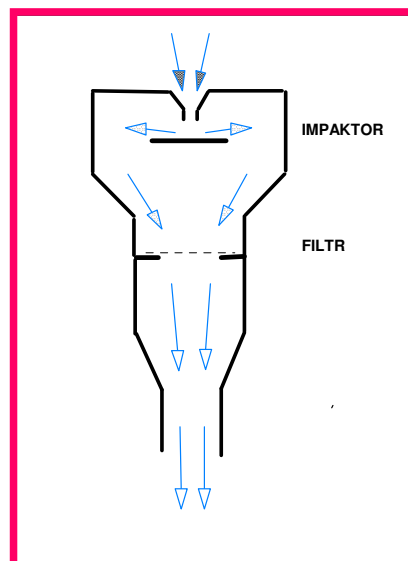


Obr.1 Schéma aparatury pro PIXE

3 Vlastní analýza

Jednou z výhod metody PIXE je nenáročný získání a příprava vzorku. Skrz sondu (viz. obr.2) čerpáme vzduch, přičemž hrubé částice přítomné ve vzduchu se usazují na impaktoru a jemné částice se usadí na filtru. To, které části se usadí na impaktoru a které na filtru, lze ovlivnit tím, jakou rychlostí nasáváme vzduch do sondy. Pro naši analýzu jsme sondou přečerpali $2,5\text{m}^3$ vzduchu rychlostí přibližně $10\text{dm}^3/\text{min}$. Filtr ze sondy byl poté vložen do evakuované terčové komory. Byla provedena energetická kalibrace zařízení, kdy byl analyzován čistý molybden a zařízení bylo zkalibrováno podle tabulkových výsledků (viz. obr. 3). A následně byly analyzovány získané vzorky.

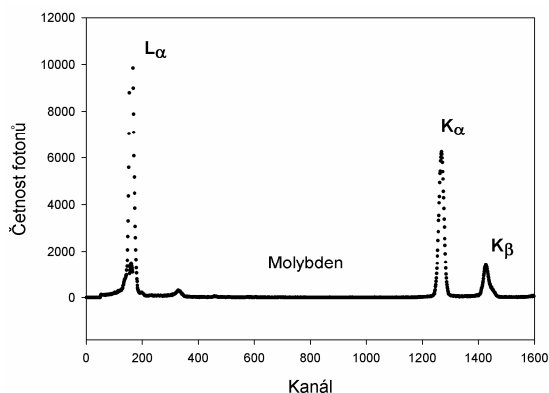
Celkem jsme analyzovali 3 vzorky. Vzorek 1 obsahoval částice získané ze vzduchu námi v laboratoři (při zapnuté klimatizaci). Vzorek 2 obsahoval částice získané přibližně před měsícem v téže laboratoři (při vypnuté klimatizaci). Vzorek 3 obsahoval částice získané asi ve



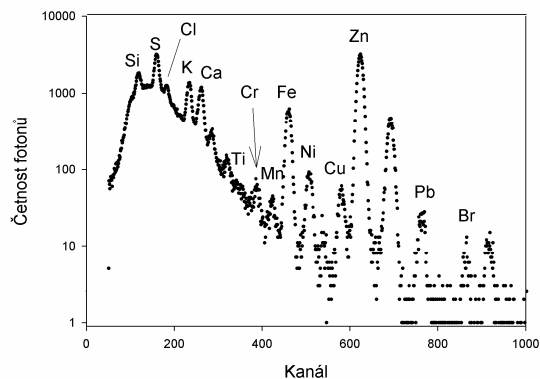
Obr. 2 Schéma odběrové sondy

stejně době z místosti č.206 budovy FJFI v Tróji. Získaná energetická spektra analyzoval program GUPIX, vyvinutý University of Guelph, Canada.

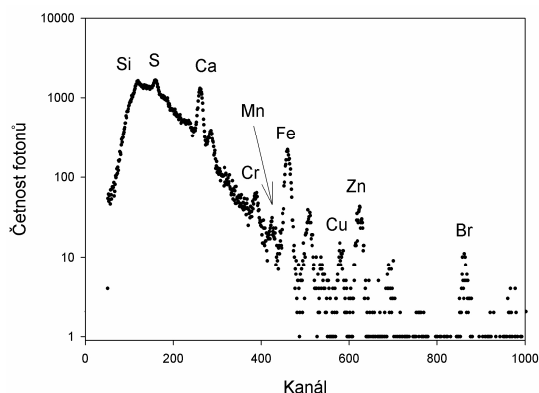
Jak je patrné z grafů (obr. 4,5,6) byla ve všech třech vzorcích zjištěna přítomnost prvků jako je křemík, síra, vápník, chrom, mangan, železo, nikl, měď, zinek a brom. Ovšem brom je součástí filtru, takže jeho přítomnost v respirabilním aerosolu nelze zjistit. Ve vzorku 2 (obr.5) byla oproti vzorku 1 navíc ještě zjištěna přítomnost chlóru, draslíku, titanu a olova. Ve vzorku 3 (obr.6) byla oproti vzorku 1 navíc zjištěna přítomnost hliníku, draslíku, titanu a olova.



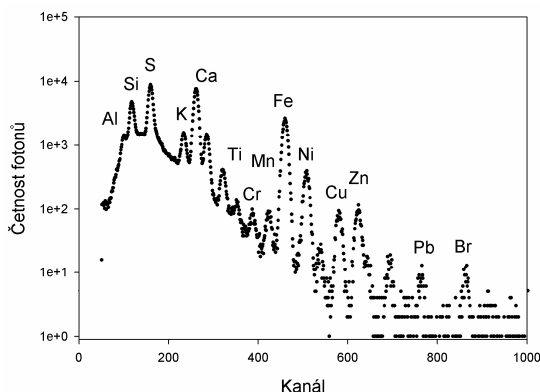
Obr.3 Energetická kalibrace



Obr.5 Vzorek 2



Obr.4 Vzorek 1



Obr.6 Vzorek 3

4 Shrnutí

Zjistili jsme přítomnost mnoha prvků v respirabilním aerosolu, některé z těchto prvků člověka neohrožují, jiné jako například olovo nebo chrom jsou pro člověka jedovaté.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za uspořádání Fyzikálního týdne a našim supervizorům Prof. Ing. Jaroslovu Královi, CSc. a RNDr. Janu Proškovi, bez nich bychom si tady ani neškrtili.

Reference:

- [1] FRANK, L., KRÁL, J.: *Metody analýzy povrchů – iontové, sondové a speciální metody*, Academia, 2002, 245-271.
- [2] <http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/ft/2005/aerosoly/kuloze.htm>

Jsou pro nás rentgenová vyšetření nebezpečná?

O. Ševela

Gymnázium, Brno, Vídeňská 47
ondrej@sevela.com

K. Melichárková

Gymnázium, Brno, Vídeňská 47
k.itty@centrum.cz

D. Nešpor

Gymnázium, Brno, Vídeňská 47
nespord@seznam.cz

M. Klicpera

Gymnázium Čelákovice

Abstrakt

Cílem naší práce bylo zjistit zasažení tkání pacienta ionizujícím zářením při rentgenovém vyšetření plic. Měření jsme prováděli na běžném rentgenovém přístroji MP-15, kterým jsme ozařovali antropomorfní fantom s termoluminiscenčními dozimetry (TLD) LiF:Mg,Cu,P. Měřili jsme dávky v jednotlivých orgánech v rentgenovém svazku. Z orgánových dávek jsme stanovili odpovídající efektivní dávku pro ozáření celého těla.

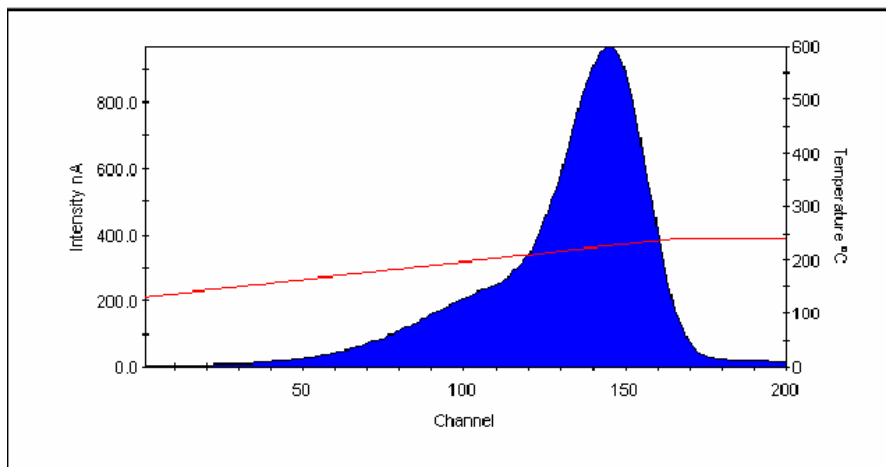
1 Úvod

Při běžném rentgenovém vyšetření dochází k zasažení tkání lidského těla dávkou energie pocházející z ionizujícího záření. Toto záření prochází tělem pacienta a je zeslabováno jednotlivými druhy tkání. Proto má záření na výstupu z pacienta různou intenzitu a při zaznamenání na receptor obrazu dojde ke vzniku obrazu vnitřních struktur. Při vyšetření tedy dochází k zasažení všech tkání, které se dostanou do kontaktu s ionizujícím zářením. To může vyvolat degeneraci, bujení rakovinných buněk a jiná závažná onemocnění. Je tedy nutné dávky co nejvíce snížit, aniž by došlo ke snížení kvality obrazu.

2 Termoluminiscenční dozimetrie

Termoluminiscenční dozimetrie – využívá schopnosti některých látek emitovat světlo po ozáření a následném zahřátí, tento jev se nazývá termoluminiscence. Dozimetry se vyhodnocují v TLD readeru, který měří intenzitu světla emitovaného z ozářených TLD. Závislost intenzity emitovaného světla na teplotě TLD se nazývá vyhřívací křivka (obr. 1), jejíž celková plocha je úměrná dávce, kterou byl TLD ozářen.

Obr. 1) Vyhřívací křivka



3 Průběh experimentu

Experiment jsme začali vložením dozimetrů do antropomorfního fantomu (obr. 2), což je model lidského těla, který má z hlediska zeslabení záření stejné vlastnosti jako lidské tělo. Obsahuje měkkou tkáň, plíce a kosti. Skládá se ze 36 řezů s otvory pro dozimetry.

Použili jsme TLD LiF:Mg,Cu,P., peletky s výškou: 0,9 mm, průměrem: 4,5 mm. Dozimetry jsou tkáňově ekvivalentní, a tedy jejich odezva na ozáření je shodná s lidskou tkání. Umístili jsme 47 těchto dozimetrů do oblasti fantomu, která byla ozářena rentgenovým polem (obr. 3). Dozimetry byly v místech těchto radiosenzitivních orgánů: plíce, játra, žaludek, ledviny, jícen, slezina, tlusté střevo, slinivka a také kosti, měkkých tkání a kůže. Pro kontrolu výstupní dávky a tím zajištění dostatečného ozáření všech dozimetrů byla na fantomu umístěna ionizační komora (obr. 2).

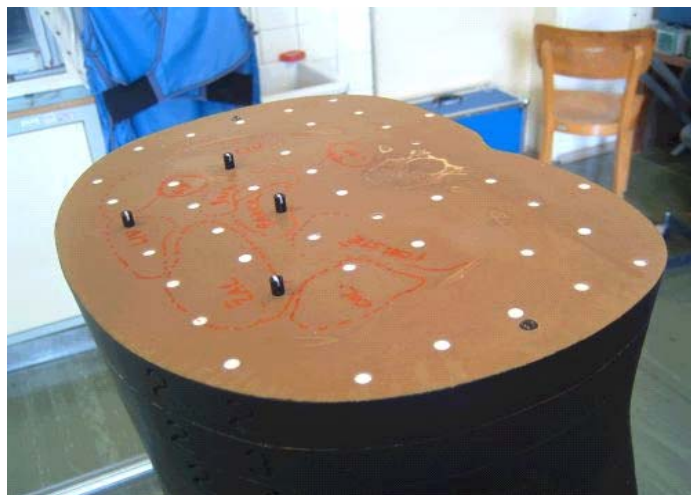
Po přípravě fantomu jsme pozorovanou oblast ozářili. Použili jsme expoziční nastavení často užívané v klinické praxi: 63 kV, 40 mAs, vzdálenost ohnisko-kůže: 150 cm, velikost pole: 35x45 cm v zadopřední projekci. Pro vyhodnocení dozimetrů jsme používali manuální reader Harshaw 4500. Ten využíval ohřevu vzorků pomocí odporové planžety. Průběh vyhřívání dozimetru byl 8 s předohřev při 130°C a dále teplota rostla od 130 do 240 °C rychlostí 10°C/s. Celkový čas vyhřívání byl 13 s.

Pro ověření závislosti dávky na odezvě dozimetru jsme provedli kalibraci. Ozářili jsme tři dvojice TLD zároveň s ionizační komorou třemi rozdílnými hodnotami dávky. To nám umožnilo sestavit kalibrační křivku (obr. 4). Ze znalosti kalibrační rovnice jsme pak získali hodnotu dávky v jednotlivých orgánech.

Obr. 2) antropomorfní fantom



Obr. 3) umístění TLD ve fantomu



4 Výsledky

Po zpracování odezev dozimetrů pomocí údajů získaných z kalibrační křivky (obr. 4) jsme dopočítali hodnoty orgánových dávek (tab. 1). Pomocí tkáňových váhových faktorů w_T (tab. 1) jsme z orgánových dávek D_T získali hodnotu efektivní dávky E, která vyjadřuje ekvivalentní ozáření celého těla. Námi vypočtená hodnota byla 42 μSv . Efektivní dávku vypočítáme jako:

$$E = \sum D_T \cdot w_T$$

Tab.1) Orgánové dávky vyšetření

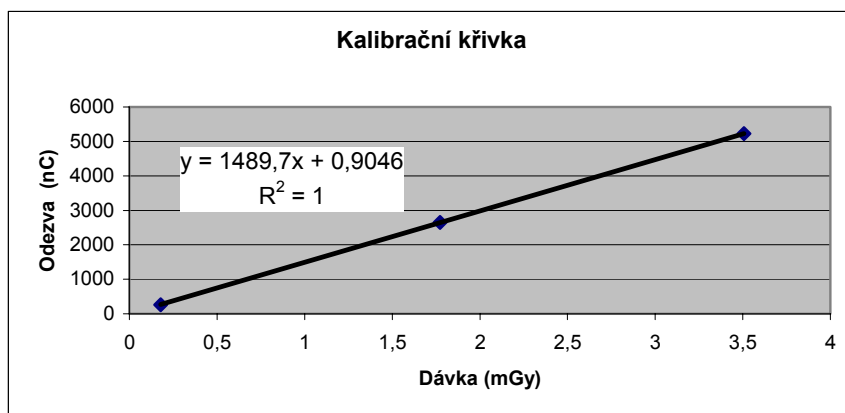
Orgán	Orgánová dávka (μGy)	Váhové faktory
Ledviny	56,4	0,05
Játra	88,1	0,05
Plíce	150,9	0,12
Žaludek	10,2	0,12
Měkká tkáň	4,6	0,05
Kosti	22,8	0,01
Slinivka	16,4	0,05
Jícen	155,6	0,05
Tlusté střevo	5,6	0,12
Slezina	53,2	0,05
Kůže	51,0	0,01
Kostní dřeň	22,8	0,12

Tab.2) Hodnoty E pro jiné typy

Vyšetřovací metoda	Efektivní dávka (mSv)	Čas*
Zuby	0,02	3 dny
Břicho	1,0	6 měsíců
CT hlavy	2,3	1 rok
Vyšetření žaludku	3,0	16 měsíců
CT hrudníku	8,0	3,6 roku
CT břicha	10,0	4,5 roku

*doba, za kterou by člověk obdržel ekvivalentní dávku ozáření z přírodních zdrojů

Obr.4) Kalibrační křivka 1



5 Shrnutí

Zjistili jsme, že rentgenové vyšetření plic pro nás nepředstavují téměř žádné nebezpečí, protože efektivní dávka z jednoho vyšetření je v našem měření 42 μSv , což je zhruba stejné jako efektivní dávka z ozáření v přírodním prostředí za jeden týden. U jiných vyšetření s využitím rentgenu, zejména CT, může dojít k většímu ozáření (tab. 2), ale přesto jsou to dávky, které nepředstavují pro pacienty významné riziko.

Poděkování

Děkujeme Státnímu ústavu radiační ochrany za poskytnutí prostor a vybavení a supervizorovi Leoši Novákovi za asistenci a podporu při řešení monoprojektu.

Reference:

- [1] P. Fleckenstein, *Anatomy in diagnostic imaging*, Blackwell publishing 2001
- [2] Rentgen bulletin, Státní ústav radiační ochrany, září 2001
- [3] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně.

Odvod tepla z palivového článku jaderného reaktoru

Loutocký Petr, Procházka Michal

loty.shf@seznam.cz , prochy007@seznam.cz

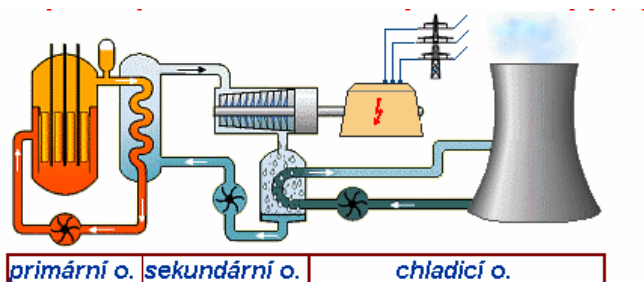
GJW, Kollárova 3, Prostějov

Abstrakt:

Chtěli byste se dozvědět něco o modelu odvodu tepla z tablety uranu v reaktoru a vůbec o jaderných elektrárnách a všem co s tím souvisí? Tepelné zatížení krajního palivového článku jaderného reaktoru jsme vymodelovali v programu Cosmos/M.

1. Úvod

Nároky civilizace na elektrickou energii neustále rostou. Jedním z mála současných reálných zdrojů energie je energie z jaderných elektráren. V takovýchto elektrárnách je elektřina získávána stejným způsobem jako v tepelných. Rozdílem je zdroj energie. Předmětem našeho projektu je model tepelného zatížení jednoho krajního palivového článku, který je složen z oxidu uraničitého (základní palivo, UO_2) dále vrstvy helia, jenž má za úkol izolovat teplo vznikající štěpením uranu a obal ze zirkonia s příměsí niobu.



(obr.1)
Schéma jaderné
elektrárny

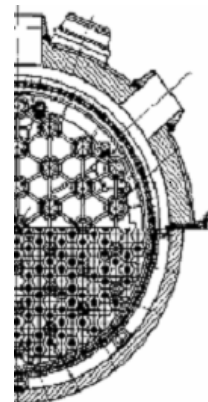
2. Jaderný reaktor

Jaderný reaktor je zařízení, v němž se energie uvolněná při jaderném štěpení přeměňuje na energii tepelnou, která se pak v klasické elektrárenské části využívá k výrobě elektrické energie. Reaktory mají rozmanité konstrukce, princip činnosti i oblast využití. Budeme se zabývat lehkovodním tlakovým reaktorem **PWR** (**P**ressurized **l**ight-**W**ater cooled and moderated **R**eactor), který najdeme v obou našich jaderných elektrárnách. Tento reaktor se označuje také ruskou zkratkou **VVER** (obr.2) (**V**odo-**V**odjanyj **E**nergetičeskij **R**eaktor). Palivem je obohacený uran ve formě oxidu uraničitého UO_2 , moderátorem i chladivem obyčejná voda. Přírodní uran je složen ze dvou izotopů s nukleonovými čísly 238 a 235. Pro štěpení je vhodný jenom izotop 235, kterého je v přírodním uranu pouze 0,7 % a proto se musí jaderné palivo tímto izotopem uměle obohacovat. V jaderném reaktoru dochází k řízené štěpné reakci v **palivu** - jádra izotopu ${}_{92}\text{U}^{235}$ zasažená pomalými neutrony se rozpadají na jádra

Obr.2



lehčích prvků (odštěpky, fragmenty) a současně se při každém štěpení uvolní 2 - 3 rychlé neutrony. Fragmenty se vzájemně odpuzují a velkou rychlostí se od sebe rozletují. Při jejich zabrzdění srážkami s ostatními atomy paliva se kinetická energie mění na teplo, materiál se silně zahřívá. Uvolněné neutrony mohou způsobit štěpení dalších uranových jader a jaderná reakce může dále probíhat jako řízená **řetězová reakce**.



Uložení palivových článků v reaktoru (obr.3)

3 Odvod tepla

- Užití programu COSMOS/M

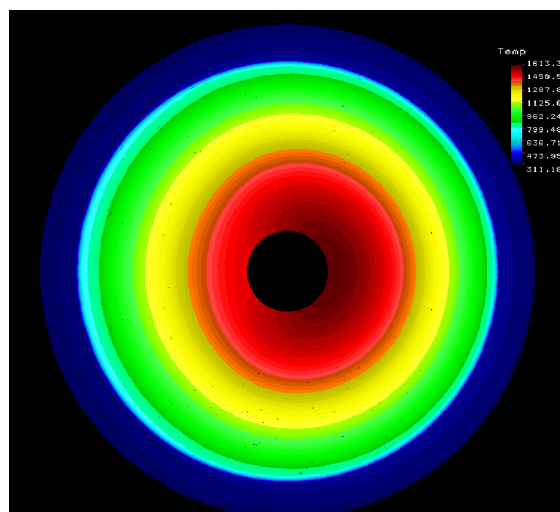
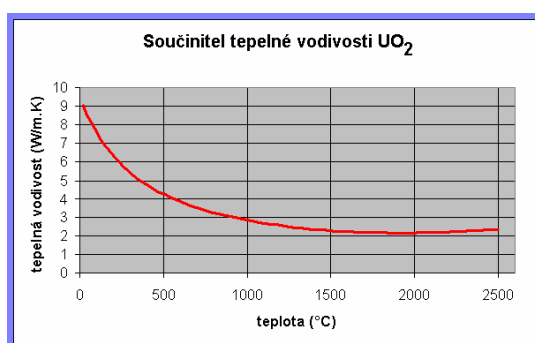
Obr.3

Palivový článek, jak už víme, se skládá ze tří částí: palivo z oxidu uraničitého UO_2 , vrstvy Helia a pláště (tzv. pokrytí) ze slitiny zirkonia a niobu. Ve středu článku je mezera, kam unikají plyny z uranu vznikající štěpnou reakcí.

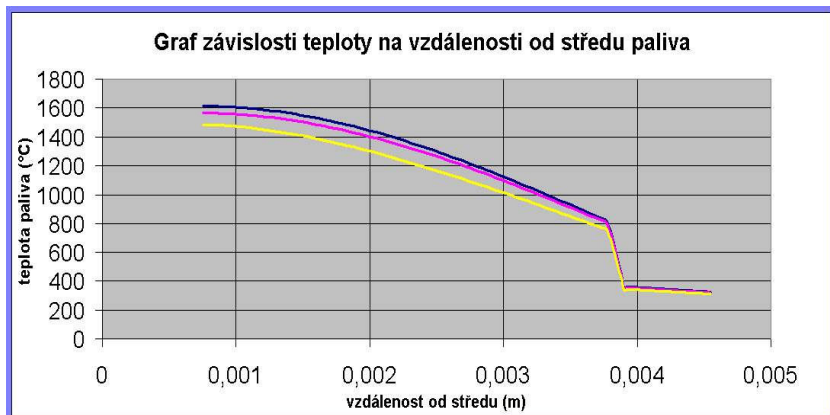
Pro zjištění tepelného zatížení článku jsme použili program COSMOS/M. Vytvořili jsme zde dvourozměrný model uranového proutku v příčném řezu. Tento model jsme rozdělili do několika částí, jimž jsme posléze nadefinovali z jakého materiálu jsou vyrobeny a jaké mají termofyzikální vlastnosti. Jednotlivé údaje jsme získali z tabulek a skript. Poté bylo nutno všechny plochy vysítovat (tzv. meshing) a následně je spojit do jednoho celku. Nyní je nutné zadat hraniční podmínky výpočtu, což je tepelný výkon UO_2 v určitých oblastech a odběr tepla chladivem z pláště článku.

Provedli jsme několik výpočtů. První výpočet se týkal stacionárního rozložení teplot v palivovém článku. Ve výsledku jsme zjistili, že rozdíl teplot jádra a pláště je okolo 1312°C (obr.4).

Následně jsme simulovali výpadek odvádění tepla od palivového článku. Článek by se zahřívá tak dlouho, než by dosáhl teploty tání uranu (okolo 2800°C), čehož dosáhne asi za 11 sekund. Touto dobou by plášť článku už byl roztaven (jeho teplota tání činí asi 1800°C).



Obr. 4



Sestavení grafu
z výpisu teplot os
 x_1 x_2 a y

4 Shrnutí

Odvod tepla z palivových článků jaderného reaktoru je nezbytný. Při jeho nejmenším narušení reaktor přesáhne provozní teplotu a bez jeho odstavení by mohlo dojít k havárii.

Poděkování

Projekt uskutečněn s podporou FJFI ČVUT Praha 2005. Zvláštní dík patří našemu supervizorovi ing. D. Kobylkovi

Reference:

- [1] ING.M.KURSA,CSC. - PROF.ING.L.KUCHAŘ,CSC. *Kovy jaderných reaktorů* VŠ Báňská v Ostravě 1984
- [2] DOC.ING.BEDŘICH HEŘMANSKÝ,CSC. *Termo-mechanika jaderných reaktorů* Academia 1986

Tajemství zachování tajemství

Mája Kolovratníková
Gymnázium Na Zatlance, Praha, maja@atrey.karlin.mff.cuni.cz

Jan Černý
Gymnázium, Český Brod, honzacerny@gmail.com

Petr Čeřovský
Gymnázium J. Wolker, Prostějov, old_mr_grave@hotmail.com

Tomáš Cícha
Gymnázium Vídeňská, Brno, cicha.hrb@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho bádání bylo seznámení se a zkoumání různých šifrovacích algoritmů z hlediska obtížnosti vytvoření kódovacího ale i dekodovacího algoritmu a časové, hardwarové i programové obtížnosti pro rozluštění daného algoritmu neznámou osobou.

1 Úvod

Tajemství je pojem, který je starý jako lidstvo samo. Charakterizovali bychom ho jako potřebu ubránit tajnou informaci před veřejností nebo nepovolanými ušima.

Aby toto tajemství zůstalo zachováno, snaží se lidé odjakživa nalézt co nejsnazší a nejefektivnější metodu, jak informaci, kterou si předávají veřejnou oblastí (např. internetem), zašifrovat, aby jí kromě adresáta nikdo jiný nemohl získat. Zkoumáním šifrovacích algoritmů se zabývá samostatná věda zvaná **kryptologie**.

Cílem našeho bádání bylo seznámení se a zkoumání různých šifrovacích algoritmů z hlediska obtížnosti vytvoření kódovacího ale i dekodovacího algoritmu a časové, hardwarové i programové obtížnosti pro rozluštění daného algoritmu neznámou osobou.

2 Trocha teorie

Historický vývoj šifrování

Podíváme-li se na šifrování z hlediska historického vývoje, můžeme nalézt počátky šifrování již ve starověku, kdy vznikly nejprimitivnější šifry jako např. Caesarova šifra – posun v abecedě o n znaků apod. Největšího rozkvětu ale dosáhly šifry až ve 20. století během dvou světových válek, kdy byly vytvářeny složité metody zašifrování textu, aby rádiově vysílaným zprávám nepřítel nerozuměl. Nejznámějším kódovacím algoritmem z té doby je bezesporu šifrovací stroj Enigma, který byl používán Němci za 2.SV, a který prolomila trojice mladých Varšavských studentů v čele s Marianem Rejewskim.

V době virtuálního světa, kdy počítače neslouží jen ke komunikaci a počítání, není příliš efektivní používat primitivních šifrovacích algoritmů, neboť jsou v rozumném čase a na rozumném množství textu rozluštitelné. V současné době asi nejpoužívanější a nejbezpečnější metodou kódování je RSA. Její nevýhodou je nižší rychlost oproti klasickým algoritmům.

Kryptologie

Kryptologie je věda zkoumající podstatu šifer. **Kryptografie** je část kryptologie, která se zabývá převedením srozumitelného textu do nesrozumitelného (**encrypting**) a nazpět (**decrypting**) [1]. **Kryptoanalýza** je odvětví kryptologie zabývající se rozluštěním šifrovacího kódu na základě neuplných informací, kterými mohou být zdrojové kódy šifrovacích programů, informace o charakteru klíče či větší množství textů zašifrovaných pomocí stejného programu a klíče.

Šifrování můžeme rozdělit na **symetrické** a **asymetrické**. Symetrické šifrování je založeno na kódování a dekódování textu pomocí jednoho klíče, který mohou znát jen příjemci a odesílatelé, jelikož jde na základě znalosti tohoto klíče vytvořit jak šifrovací, tak dešifrovací program. Navíc má další nevýhodu. Lidé, kteří si chtějí takto psát si musejí nejprve klíč nějak bezpečně předat, nejčastěji se setkat. Asymetrické šifrování je založeno na kódování pomocí dvou různých klíčů. Jeden z klíčů je veřejný a majitel ho může vystavovat na internetu. Pomocí tohoto klíče odesílatel zprávu zakóduje, ale už není schopný ji zpět rozkódovat. Druhým klíčem je tzv. soukromý klíč, který zná pouze majitel (adresát), pomocí něhož může zašifrovanou zprávu přechíst. Bez znalosti soukromého klíče si zprávu nikdo nepřechte. Nevýhodou tohoto druhu šifrování je jeho časová složitost. Výhodou je naopak to, že můžeme přijímat zprávy od všech uživatelů a dekódovat je stejným algoritmem na rozdíl od symetrického šifrování, kdy musíme každému odesílateli sdělit jiný klíč, aby nám nečetl zprávy od ostatních.

Mezi symetrické šifry patří např. DES, 3DES, ČÁST či IDEA. Mezi asymetrické šifry patří RSA (prvočísla) či ElGamal (diskrétní log.).

3 Naše bádání

Šifrování podle klíče

Náš program pracuje s anglickou abecedou o 27 znacích (s mezerou). V programu je matematicky převedena hodnota znaku v Ascii tabulce do intervalu $\langle 0;26 \rangle$, kde 'a' odpovídá nule a mezera číslu 26.

Na začátku si program načte šifrovací klíč a zjistí jeho délku. Pak načte text k zakódování a prochází ho po jednotlivých znacích s tím, že ke každé hodnotě písmena v upravené Ascii tabulce přičte hodnotu písmene příslušného znaku z klíče. Jelikož po sečtení může hodnota přetéct mimo interval $\langle 0;26 \rangle$, je pro získání konečného čísla aplikováno mod 27. Program převede získanou číselnou hodnotu zpět na písmeno nebo mezeru a vypíše zakódovanou zprávu.

Zpětné dekryptování je prováděno inverzním početním způsobem k šifrovacímu a tak po zadání shodného klíče a zakódovaného textu si příjemce přečte na výstupu původní zprávu.

Maticové šifrování

I v tomto případě pracujeme s anglickou abecedou o 27 znacích a stejně jako v minulém případě používáme jejich numerickou hodnotou určenou Ascii tabulkou. Se znaky zprávy pracujeme po dvojicích. Numerickou hodnotu každé dvojice znaků, tvořící dvouprvkový vektor, násobíme kódovací maticí mod 27, a tak získáme dvojici znaků kódové zprávy. Aby bylo možné zakódovanou zprávu dešifrovat, musíme při užití maticového šifrování dodržet následující podmínku: počet znaků abecedy (v našem případě zmiňovaných 27) nesmí být soudělný (tj. největší společný dělitel je 1) s determinantom kódovací matice. Dekódování zprávy probíhá opět po dvojicích znaků, které násobíme inverzní maticí k matici kódovací, čímž získáme původní text.

4 Výsledky

Náše šifrovací programy fungují následovně:

I.A Šifrovací program

Odesílatel zadá vymyšlený klíč, pomocí něhož bude náš program šifrovat a posléze dešifrovat, pak zadá text zprávy a program mu vypíše zašifrovaný text, který může bez obav odeslat emailem.

```
M&J's encryption program:
Zadej klic: tajemstvi
Text k zakodovani: v restauraci na albertove davaji velke porce
n{{idktoztcrdzssvtue{x{mxultvjnurnztceit{ivz
Skoncit [a/n]: a
```

I.B Dešifrovací program

Příjemce zadá do dešifrovacího stejný klíč, který mu odesílatel bezpečně předal (nejlépe osobně), potom zadá zašifrovaný text a program mu vypíše původní zprávu.

```
M&J's decryption program:
Zadej klic: tajemstvi
Text k rozkodovani: n{{idktoztcrdzssvtue{x{mxultvjnurnztceit{ivz
v restauraci na albertove davaji velke porce
Skoncit [a/n]: a
```

Tento program je volně šířitelný podle pravidel GNU licence.

Zdrojové kódy si můžete stáhnout z adresy: <http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~maja/cipher/>

II.A Maticové šifrování

Program si nejdříve vyžádá od uživatele matici 2×2 , pomocí které bude šifrovat zadaný text. Matice prochází několika ověřeními, její determinant nesmí být nulový a musí být nesoudělný s číslem 27 (počet písmen kódové abecedy). Pokud je matice použitelná, program si vyžádá na standardním vstupu onen „tajný“ text a na standardní výstup vypíše bezpečnou zašifrovanou podobu textu. Program přijímá pouze 26 znaků anglické abecedy a mezeru. Příklad výstupu je zde:

```
Zadej matici pro sifrovani.
7 5 1 13
Zadej text k zasifrovani.
jeleni jsou imunni vuci akutni hypertenzi
NUAWHWWVSYLUTPANHWBP FIIHIDKHMMWLQQWCDLAI
```

II.B Dešifrování

Funkce dešifrovacího programu je obdobná, po zadání matice a zakódovaného textu nám program vypíše opět náš starý známý „tajný“ text.

```
Zadej matici pro desifrovani.
7 5 1 13
Zadej text k desifrovani.
NUAWHWWVSYLUTPANHWBP FIIHIDKHMMWLQQWCDLAI
JELENI JSOU IMUNNI VUCI AKUTNI HYPERTENZI
```

Oba programy jsou volně dostupné na <ftp://83.240.13.177/sifra/>

5 Shrnutí

V době internetové komunikace je zabezpečení bezpečného přenosu zpráv nutností. Bezpečným šifrovacím algoritmem je zatím RSA. K jeho prolomení by do budoucna mohlo dojít pomocí kvantových počítačů, takže badání nad novými šifrovacími algoritmy má i do budoucna své opodstatnění.

6 Poděkování

Rádi bychom tímto poděkovali panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, Csc. z FJFI ČVUT v Praze, bez kterého bychom se jen ztěží setkali a získali možnost na takovém projektu vůbec pracovat, dále bychom chtěli poděkovat panu Ing. Petru Ambrožovi rovněž z FJFI ČVUT v Praze, který nás po celou dobu akce a pomáhal nám řešit veškeré problémy (i s hladem), veškerým kolegům, kteří nás svou přítomností podpořili a v neposlední řadě veškerým profesorům a studentům FJFI ČVUT v Praze, kteří se na organizaci a přípravě této akce podíleli a umožnili nám se dozvědět řadu nových a užitečných věcí. Doufáme, že jim jejich úsilí budeme moci jednou vrátit v podobě našich vlastních příspěvků k rozvoji lidského vědění.

7 Reference:

- [1] MRVA, L.: *Kryptografie a šifrování*, 2001, URL<<http://home.pef.zcu.cz/mrzi/sifra.ppt>>
- [2] KOBLITZ, N.: *A course in number theory and cryptography*, Springer, 1994

Měření transmise optických a laserových materiálů

M. Paták*, M. Plajner**, J. Rada***

*Gymnázium Sušice, martinpatak@post.cz

**Gymnázium Říčany, sahib@centrum.cz

***Gymnázium Čelákovice, jara3@centrum.cz

Abstrakt:

Cílem miniprojektu bylo určení optických vlastností různých vzorků materiálů. Objasnili jsme si intervaly vlnových délek různých částí spektra elektromagnetického záření. Seznámili jsme se s funkcemi spektrofotometru Shimadzu UV-1601. Na tomto přístroji jsme naměřili transmissi vzorků optických materiálů (filtry, krystaly a zrcadla) a dále brýlí a kapalin (voda, aceton, ethylalkohol) v rozsahu 200-1100 nm. Naměřené transmisní křivky jsme porovnali a určili optické vlastnosti měřených materiálů. Navíc jsme se seznámili se základním principem funkce laseru.

1 Úvod

Úkolem projektu bylo naměření transmisních vlastností různých materiálů v závislosti na vlnové délce a podle naměřených výsledků určit jejich možné použití. Transmise je množství záření prošlé materiálem.

K Měření byl použit spektrofotometr UV-1601.

2 Transmise záření

Měřicí přístroj a postup práce

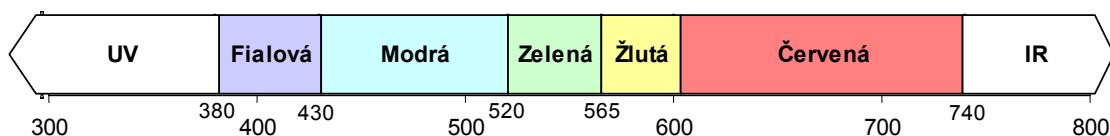
Používali jsme spektrofotometr UV-1601 jehož hlavní součásti jsou fotometr a monochromátor. Jako zdroje záření slouží elektrická žárovka s wolframovým vláknem (viditelná oblast), vodíková výbojka (ultrafialová oblast) a Nerstenova tyčinka (infračervená oblast). Polychromatické záření zdroje je difrakčním prvkem (hranolem, mřížkou monochromátoru) rozloženo na spektrální složky, z nichž se pak záření žádoucí vlnové délky izoluje štěrbinou. Šířka štěrbiny určuje spektrální čistotu záření (naše štěrbina byla široká 2 nm). Údaje se analyzují fotonásobiči, bolometry a termočlánky. Spektrofotometr je registrační, tzn. že všechna data zakreslí do grafu připojeného počítače.

Výstupní ASCII data spektrofotometru byla zpracována do grafů.

Výsledky

V rámci úlohy byly měřeny transmisní vlastnosti různých optických materiálů používaných v laserových laboratořích. Tyto materiály bylo možno rozdělit do třech skupin na filtry, zrcadla a aktivní prostředí.

Dále byly proměřeny transmisní vlastnosti kapalin a to vody, acetonu a ethylalkoholu. Pro přehlednost uvádíme přehled vlnových délek v nm a příslušné barvy daného záření

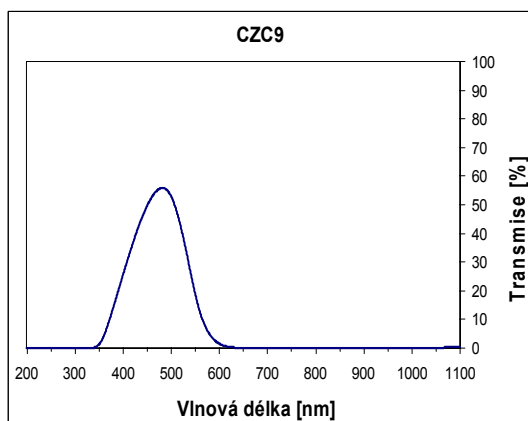


Filtry:

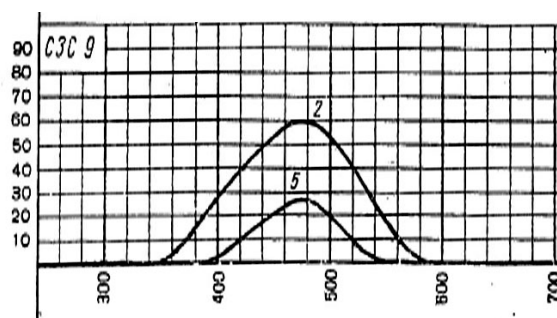
Filtr CZC9 (modrozelená barva), pochází z ruské sady transmisních filtrů. Jeho transmisní charakteristika znázorněná na Graf 1. byla porovnána s údaji příloženými výrobcem viz Graf 2. Oba grafy se shodovaly. Tento filtr je používán k filtraci záření modré až zelené barvy.

Filtr RG8, Tmavě červené barvy, slouží k odstínění UV a viditelného spektra a pouze infračervené propouští viz Graf 3.

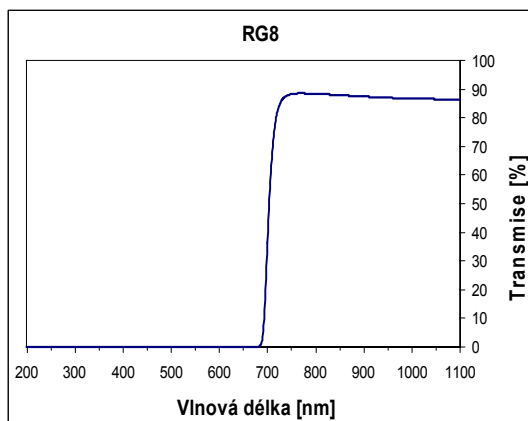
Byly rovněž proměřeny transmisní vlastnosti brýlí slunečních a dioptrických viz Graf 4. Ukazuje se, že sluneční brýle skutečně blokují UV záření více než dioptrické, pro viditelnou část spektra je transmise rovněž výrazně nižší.



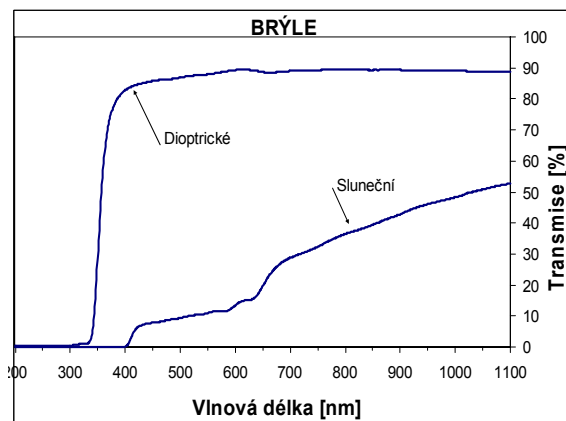
Graf 1. Filtr CZC9 - změřená



Graf 2. Filtr CZC9 – dodaná výrobcem



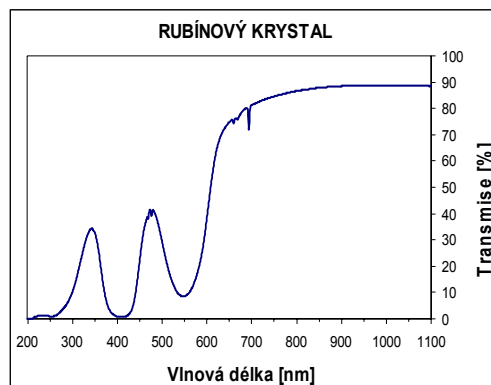
Graf 3. Filtr RG8



Graf 4. Brýle sluneční a dioptrické

Aktivní prostředí

Proměřené laserové aktivní prostředí byl krystal rubínu $\text{Cr}^{3+} : \text{Al}_2\text{O}_3$. Rubínový laser byl první typ laseru (1960). Emitovaná vlnová délka je 693,4 nm. Tento materiál nepropouští vlnové délky v oblastech 400 a 550 nm viz Graf 5 – absorbuje je a může jimi být čerpán.



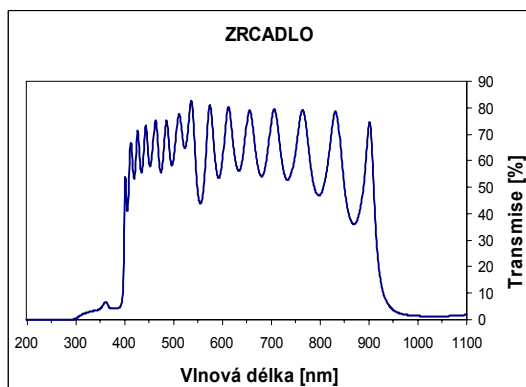
Graf 5. Krystal rubínu

Zrcadla:

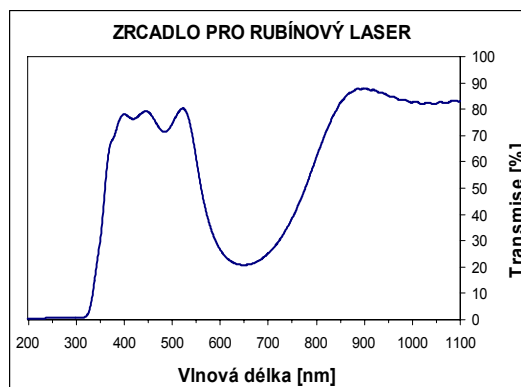
Testovaná zrcadla vznikla napařením různých dielektrických vrstev na skleněnou podložku tak, aby bylo dosaženo požadovaných transmisních a tedy i reflexních vlastností. Pro lasery se používají zrcadla s reflektivitou $\sim 0,8 - 1$ (tj odráží 80 až 100%) generovaného laserového záření. Zrcadla mohou být používána i jako filtry propouštějící, nebo blokující požadované vlnové délky např. filtr výstupního laserového záření od zbytků budící záření.

V Graf 6. je znázorněna transmisní charakteristika zrcadla používaného pro Nd:YAG laser (emitovaná vlnová délka 1062 nm) Reflektivita tohoto zrcadla ~ 1 .

Jako výstupní zrcadlo rubínového laseru (693nm) může být používáno zrcadlo k němuž přísluší Graf 7, jeho reflektivita $\sim 0,8$.

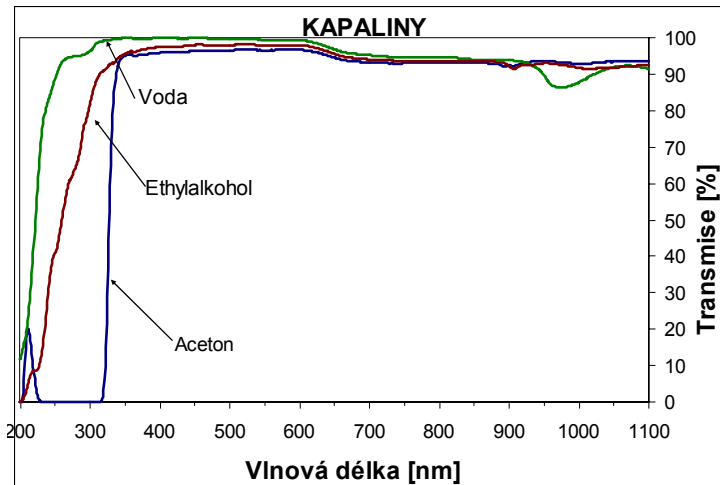


Graf 6. Zrcadlo pro Nd:YAG laser



Graf 7. Zrcadlo pro rubínový laser

Rovněž jsme proměřili transmisní vlastnosti kapalin a to vody, ethylalkoholu a acetonu. Výsledky jsou shrnuty v Graf 8. Kapaliny byly umístěny do skleněné kyvety.



Graf 8. Relativní srovnání transmise kapalin (měřeno v kyvetách)

3 Shrnutí

Seznámili jsme se s funkcemi spektrofotometru Shimadzu UV-1601. Na tomto přístroji jsme naměřili transmissi vzorků optických materiálů (filtry, krystaly a zrcadla) a dále brýlí a kapalin (voda, aceton, ethylalkohol) v rozsahu 200-1100 nm. Naměřené transmisní křivky jsme porovnali a určili optické vlastnosti měřených materiálů.

Poděkování

Pracovníkům Katedry fyz.elektroniky

- Ing. Alena Zavadilová
- Ing. Petr Koranda
- Ing. Petr Gavrilov CSc.
- Prof. Ing. Václav Kubeček DrSc.

Pořadatelům a sponzorům Fyzikálního týdne

Reference:

- [1] <http://space.fjfi.cvut.cz/web/blazej/bigfiles/ul13.pdf>
- [2] Vrbová M. a kolektiv – Lasery a moderní optika, Prométheus 1994

Od difrakce a interference světla k holografii a difrakční optice

Jiří Daněk *, Petr Bastl **, Michal Vahala ***

* Gymnázium J. Wolkerova Prostějov

** Gymnázium Vídeňská 47 Brno

*** Gymnázium Plasy

* jbuchar@seznam.cz

** petr.bastl@seznam.cz

*** igarion@seznam.cz

Abstrakt:

Vytvoření transmisního a reflexního hologramu, záznam na fotografickou desku, vyvolání a rekonstrukce hologramu.

1 Úvod

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámení se se základy fyzikálních jevů difrakce a interference světla, které lze pozorovat například na štěrbině. Zkušenosti s těmito jevy jsme využili během experimentů s hologramy.

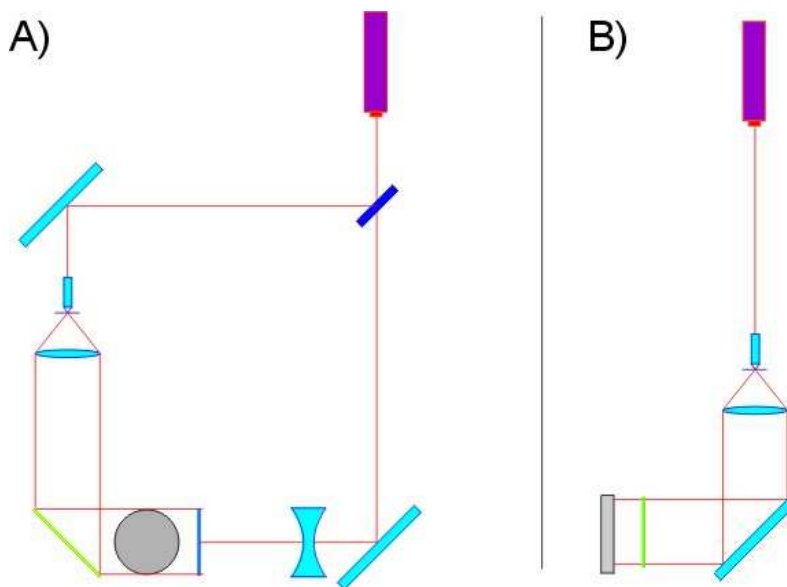
2 Difrakce a interference světla

Naším cílem bylo na vytvořit vlastní hologram, ale nejprve jsme se museli seznámit se základními světelnými jevy, jejichž využití bylo pro náš experiment nepostradatelné. Těmito jevy byla *difrakce* = ohyb a *interference* = skládání světla. Abychom mohli tyto jevy pozorovat musíme splnit některé podmínky. První z nich je že musíme při jejich pozorování použít monochromatické záření, ve kterém mají fotony stejnou vlnovou délku. Jako zdroj tohoto záření jsme použili LASER. Dále musí být rozměry struktury na které k difrakci dochází srovnatelné s vlnovou délkou použitého záření. S oběma jevy jsme se seznámili nejprve teoreticky a poté následně i v praxi.

3 Holografie

Interferenci využijeme při záznamu hologramu na fotocitlivý materiál. Aby k interferenci docházelo musíme mít dvě monochromatické vlny. První z nich se nazývá signální vlna, která nese velice důležitou informaci o objektu jehož hologram tvoříme. Druhou neméně důležitou je vlna referenční, bez které by fotocitlivý materiál nebyl schopen zaznamenat prostorové uspořádání předmětu.

Hologramy dělíme na transmisní a reflexní. Hlavní rozdíl mezi nimi je ve způsobu, jakým jsou zaznamenány. Záznam hologramu můžeme provádět, když obě vlny přichází ze stejné strany záznamové destičky, potom hovoříme o hologramu transmisním, pokud přichází z opačných stran jedná se o hologram reflexní. Jiné způsoby záznamu se projeví i na vlastnostech hologramů respektive na různých způsobech jeho rekonstrukce. Hologram transmisní lze rekonstruovat pouze monochromatickým světlem, zatímco reflexní lze pozorovat v běžném bílém světle.



Obrázek č.1 Schéma použité při výrobě transmisního (A) a reflexního (B) hologramu. Zaznamenávané objekty jsou šedé, záznamový materiál zelený a optické prvky jsou modré.

Pomocí optických prvků (př.: zrcátka, děliče svazků,...) jsme na optickém stole sestavili schéma potřebné pro vytvoření transmisního hologramu.

V závislosti na intenzitě světelných vln v rovině záznamu citlivosti zvoleného záznamového materiálu jsme vypočetli dobu expozice na $t = 5$ s. Po exponování hologramu jsme destičku se záznamem chemicky zpracovali v roztocích vývojky, běličky a smáčedla stejně jako bychom vyvolávali fotografii. Rekonstrukci hologramu jsme prováděli tím způsobem, že jsme destičku upevnili zpět do schématu. Signální vlnu jsme přerušili a nechali destičku ozařovat pouze vlnou referenční. Ta se v tomto momentě stala vlnou rekonstrukční a s pomocí destičky nám zrekonstruovala původní signální vlnu, kterou teď nevyzařoval objekt ale destička. Pro lidské oko to tedy vypadalo, že je objekt stále na svém místě za destičkou, ačkoliv byl již mimo schéma.

Při tvorbě reflexního hologramu jsme sestavili aparaturu jednodušší. Stačil nám pouze jeden svazek záření, který posloužil zároveň jako vlna referenční i jako vlna signální, neboť se odráží od objektu a vrací se k záznamovému materiálu z druhé strany. Výhodou tohoto hologramu je jednoduchost schématu a má i rekonstrukční přednosti oproti hologramu transmisnímu. K jeho přesné rekonstrukci stačí bílé světlo (obsahující různé vlnové délky).

Po expozici, kterou jsme stanovili na $t = 3,5$ s, jsme destičku opět vyvolali.

4 Závěr

Při práci na miniprojektu se nám povedlo úspěšně naexponovat hologram transmisní a dva hologramy reflexní. Při tvorbě transmisního hologramu nám jako vzor posloužila malá skleněná vázička, která se objeví posvítíme-li na destičku červeným laserem. Jako vzor pro reflexní hologram nám posloužila skromná sbírka různých mincí, kterou v destičce odhalí i bílé světlo. Při vytváření hologramů jsme se seznámili se základními jevy a principy optiky, základy holografie a jejího praktického využití v současném životě.

Poděkování:

Naším supervizorům: Jakubu Svobodovi, Davidu Najdekovi, Milanu Květoňovi a Ivanu Richterovi.

Katedře fyzikální elektroniky FJFI ČVUT.

Reference:

FIALA PAVEL – RICHTER IVAN *Fyzikální optika* ČVUT 2005
VRBOVÁ M. A KOL. *Lasery a moderní optika* Prometheus 1994

Neutronová aktivační analýza

R. Řezníček*

A. Wodecki**

*Gymnázium Český Brod

**Gymnázium Písnická

*Richardzbrodu@seznam.cz

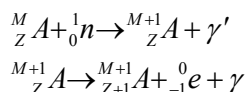
**a.wodecki@seznam.cz

Abstrakt:

Použitím neutronové aktivační analýzy (NAA) je možno stanovit kvantitativní i kvalitativní zastoupení vybraných prvků ve zkoumaném vzorku. Jde o principálně jednoduchou metodu, která spočívá ve vložení měřeného vzorku do pole neutronů. Samotné stanovení spočívá ve srovnání aktivity daného prvku v ozářeném vzorku a ozářeného standartu o známých parametrech.

1 Úvod

Při NAA můžeme za nejvýznačnější interakci považovat radiační záchyt, který vystihuje rovnice:



V průběhu našeho projektu jsme určili zastoupení hafnia ve vzorku oxidu hafničitého a zirkonu pomocí krátkodobé (probíhající několik minut) instrumentální neutronové aktivační analýzy (INAA). Instrumentální NAA narozdíl od tzv. radiochemické NAA (RNAA) nevyžaduje v průběhu analýzy vzorku chemickou separaci (oddělení) jednotlivých radionuklidů a jde tedy o nedestruktivní NAA. Při INAA není potřeba vzorek chemicky upravovat a je možno vzorek ozařovat ve kterémkoli skupenství. V našem případě jsme použili metodu srovnávací INAA, což znamená, že jsme určili obsah hafnia srovnáním aktivity hafnia ve vzorku s aktivitou téhož prvku ve standartu.

2 Vlastní měření

Nejprve jsme provedli kalibraci polovodičového HPGe detektoru pomocí kalibračního zářiče (${}^{60}\text{Co}$). Jako zdroj toku neutronů byl použit reaktor VR-1 VRABEC, jedná se o takzvaný „reaktor nulového výkonu“. Reaktor má tepelný výkon 1KW a má relativně nízký neutronový tok, tudíž můžeme ozařovat pouze vzorky s vysokým účinným průřezem pro interakci s neutrony. Ampule jsou vyrobeny z polyethylenu nebo z hliníku. Pro krátkodobé ozáření je

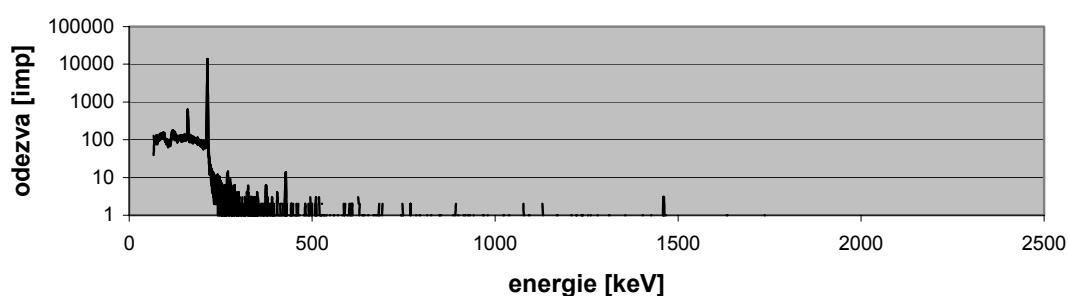
Al nevhodný jelikož se aktivuje za velmi krátkou dobu (a v některém vzorku se také objevil). Polyethylen je radiačně nestálý a při delším pobytu v poli neutronů se snižuje jeho tepelná odolnost.

Potrubní poštou vstřelíme zkumavku s měřeným vzorkem, respektive se standardem, do aktivní zóny reaktoru. Po předem stanovené době (1 min) obdobným způsobem dopravíme zpět, pomocí dozimetru změříme jeho aktivitu. Ampuli vložíme do pozice nad HPGe detektor, v čase 30 sec od návratu zkumavky do laboratoře zahájíme měření trvající 180 sec. Na počítači jsme naměřili spektra gama záření aktivovaných vzorků. Analyzovali jsme velikost a polohu piku ve spektru. Měření jsme opakovali čtyřikrát (2 standardy a 2 zkoumané vzorky).

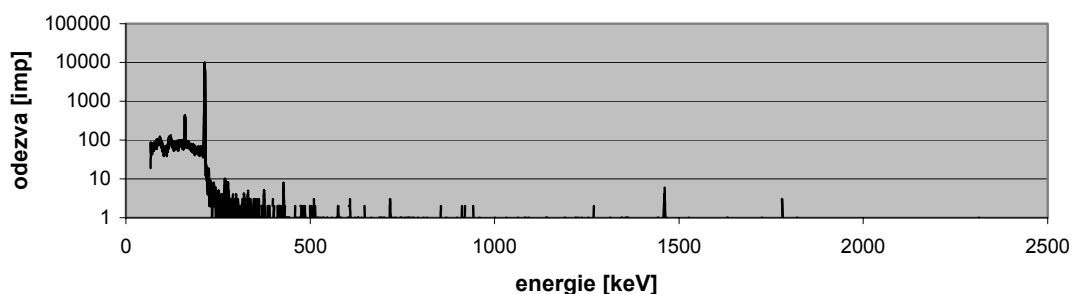
Spektra záření

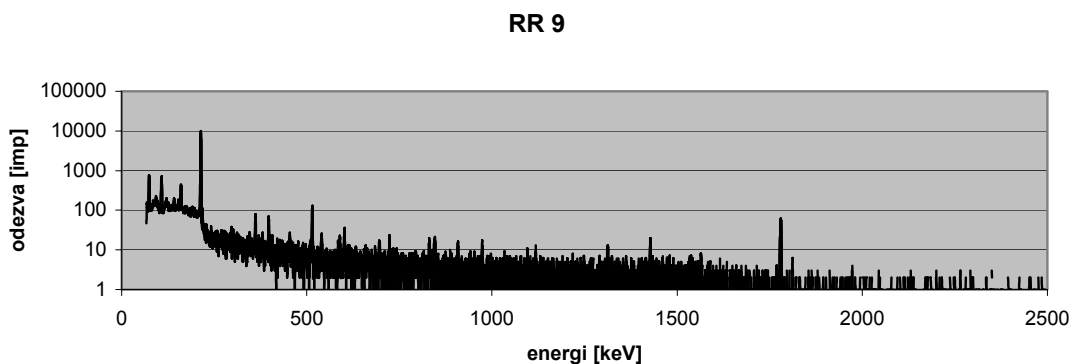
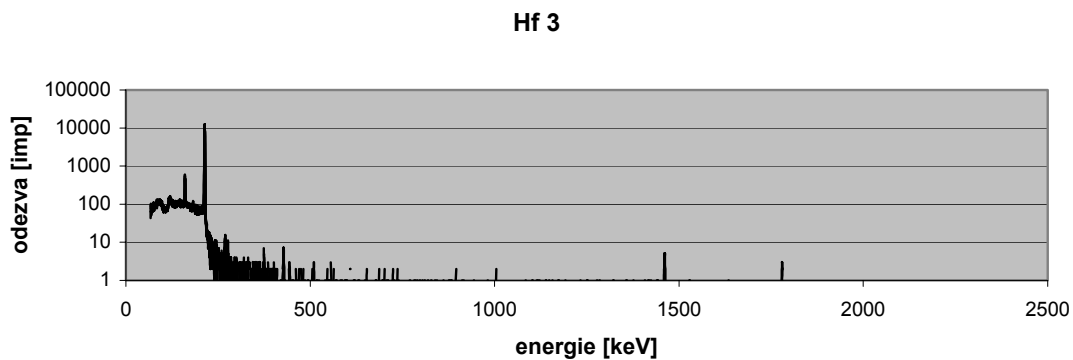
V následujících změřených spektrech je pro určení obsahu hafnia důležitý peak 214keV.

Hf 2



Hf 4





Výpočet

Přehled vzorků a standardů podle IMP

Vzorek či standard	Hmotnost Hf ve vzorku	Odezva (peak 214,32 keV – Hf) [imp]
Hf 2 (standard)	19,349mg	9.22E+004
Hf 4 (standard)	12,093mg	6.48E+004
Hf 3 (vzorek)		8.42E+004
RR 9 (vzorek)		6.53E+004

Hmotnost hafnia obsaženého ve vzorku jsme získali z jeho odezvy ve spektru pomocí lineární interpolace hodnot hmotností a odezev dvou standardů:

$$m = (M - M_1) \cdot \frac{m_2 - m_1}{M_2 - M_1} + m_1$$

kde:

m hmotnost hafnia ve vzorku

$m_{1,2}$ hmotnost hafnia ve standardech

M odezva – počet impulsů od vzorku

$M_{1,2}$ odezva – počet impulsů od standardů

hmotnost vzorku Hf 3

$$m = \underline{17,23 \text{ mg}}$$

hmotnost vzorku RR 9

$$m = \underline{12,225 \text{ mg}}$$

Výpočet koncentrace vzorku RR 9 (zirkon)

$$c = \frac{m}{m_{cel}}$$

m hmotnost vzorku (12,225mg)

m_{cel} celková hmotnost zirkonu (878,2mg)

$$c = \underline{1,39\%}$$

Změřili jsme hmotnost vzorku Hf 3, naměřená hodnota odpovídá 17,23 mg a hodnota naměřená u vzorku RR 9 odpovídá 12,225 mg. Koncentrace Hf ve vzorku zirkonu RR 9 odpovídá podle měření 1,39%. Skutečné hodnoty byly pro Hf 3 16,93mg a pro koncentraci RR 9 1,73%, z toho vyplývá, že zatímco při měření vzorku Hf 3 jsme se dopustili malé relativní chyby o velikosti 1,8% , u koncentrace vzorku zirkonu činila relativní chyba 19,7%.

3 Shrnutí

Určení přítomnosti hafnia v zirkonu má praktický význam, protože Hf je nežádoucí příměsí zirkonia požívaného v jaderných reaktorech jako např. obalové trubky palivových tablet, neboť se vyznačuje vysokým účinným průřezem pro absorpci neutronů a tedy např. jako součást konstrukčního materiálu pro jaderné palivo je nevhodné.

Při měření došlo k odchylce spektra záření díky draslíku ^{40}K z přírodního pozadí a hliníku, který se dostal na ampuli otěrem z části potrubí při dopravě do reaktoru.

Poděkování

Závěrem musíme poděkovat ing. Kolrosovi za provedení světem NAA, za prohlídku reaktoru a práci s ním. Naše díky patří také všem organizátorům Fyzikálního týdne a hlavně ČVUT.

Reference:

- [1] PROF. ING. KAREL MAŤEJKA, CSC. A KOLEKTIV *Experimentální úlohy na školním reaktoru VR-1* ČVUT 2005 Str. 93-102
- [2] M. TESAŘ V. OVEČKA O. ŠIROKÝ, J. BASTL, L. KALÍK *Neutronová aktivační analýza (sborník příspěvků 2004)* FJFI ČVUT, 2004, str. 119-222
- [3] [HTTP://ASTRONUKLFYZIKA.CZ/JADRADMETODY.HTM](http://astronuklfyzika.cz/jadradmetody.htm)
- [4] [HTTP://HP.UJF.CAS.CZ/~WAGNER/PREDNASKY/SUBATOM/APLIKACE/AKTIVA_](http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/prednasky/subatom/aplikace/aktiva_cka.html)
CKA.HTML

Strojové učení

J. Mayer, Gymnázium, Brno, Vídeňská 47, m1024@seznam.cz

M.Hynčica, Biskupské gymnázium Vansdorf, gandalph@centrum.cz

J. Novotný, Gymnázium Mikulov, novotny.jann@centrum.cz

M. Feigl, Gymnázium U Libeňského zámku, dragon king@post.cz

Abstrakt:

Seznámení s principy algoritmů, díky nimž se počítačová schopnost uvažovat přibližuje mřlovými kroky schopnostem lidským

1 Co strojové učení zahrnuje?

Strojové učení, anglicky Machine Learning (ML), patří mezi nejperspektivnější odvětví informatiky. Hlavním cílem ML je přimět počítače, aby samy získávaly zkušenosti a učily se svévolně novým věcem, stejně jako to dělají živočichové již po několik milionů let. Zatím je tento cíl někde v nepříliš vzdálené budoucnosti, ale již v dnešní době je strojové učení hojně využíváno například pro rozpoznávání řeči nebo i pro řízení virtuálních aut. Cílem tohoto projektu bude nastíněné základní problematiky a zevrubné seznámení s jednotlivými metodami.

V projektu se budeme zabývat pouze učením s učitelem to znamená, že programy umělé inteligence budou „vědět“, čeho mají dosáhnout. Např.: závodní řidič ví k čemu jsou v autě jednotlivé pedály a potřebuje se naučit, co nejrychleji dojet na určité místo. Na druhou stranu v popisu učení bez učitele by řidič teprve zjišťoval, k čemu které pedály slouží.

Základní metody strojového učení:

1. Metody hledání nejbližšího souseda - stroj se snaží najít podobné situace a chovat se v nich stejně
2. Rozhodovací stromy a lesy - stroj se snaží zachovat podle naučených podmínek
3. Genetické algoritmy - stroj vytvoří několik jedinců, kteří se vyvíjí podobně jako živočichové v přírodě
4. Neuronové sítě - stroj pracuje na podobném principu jako mozek živočichů
5. Bayesovské statistické metody - stroj se snaží daný problém klasifikovat pomocí pravděpodobnostních výpočtů (těmito se nebudeme hlouběji zabývat)

2 Popis základních algoritmů

Nejbližší soused

Metoda nejbližšího souseda se užívá při řešení klasifikačních problémů, to jest zařazení do tříd podle vlastností = atributů. Atributy mohou být dvojího typu: numerické – většinou nabývají číselných hodnot, nebo kategoriální – nabývají hodnot z konečné množiny.

Nyní si ukážeme tuto metodu, její výhody a nevýhody:

Jak to funguje:

$$X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

X ... prvek, který chceme oklasifikovat (např. pacient)

$x_1 - x_n$... hodnoty atributů prvku X (např. teplota, tlak)

Abychom mohli tento prvek zařadit do třídy, musíme tuto metodu naučit jak ho zařadit.

Při učení s učitelem máme k dispozici učební množinu příkladů s výsledky, ta může vypadat následovně:

$$L = \{(l_1, c_1), \dots, (l_m, c_m)\}$$

$l_1 - l_m$... zařazované prvky

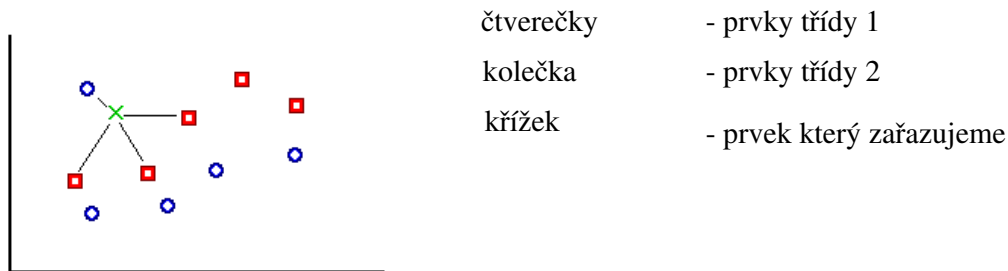
$c_1 - c_m$... třídy do nichž jsou prvky $l_1 - l_m$ zařazovány

L ... učební množina

Klasifikace neznámého případu probíhá tak, že k tomuto případu najdeme nejbližší známé případy z učicí množiny a zařadíme ho na základě většiny.

Problémem může být otázka kolik nejbližších sousedů máme brát v úvahu, pokud jich zvolíme málo, může dojít k chybě vzhledem k možným nepřesnostem v učicí množině, pokud jich naopak zvolíme příliš mnoho je prvku přiřazena třída, která je zastoupena nejhojněji.

Při správném zvolení počtu sousedů a dobré učicí množině dosahuje tato metoda velice dobrých výsledků.



Obrázek ukazuje zařazení do třídy podle většiny nejbližších sousedů – teď by se prvek zařadil do třídy 1

Rozhodovací stromy a lesy

Rozhodovací strom je algoritmus strojového učení, který se v praxi používá hlavně z důvodu přehlednosti a srozumitelnosti.

Rozhodovací strom se skládá z tzv. uzlů (obr. 1 – 1,2,3,4,5). Ty se dělí na rozhodovací uzly (obr. 1 – 1,2) a listy (konečný výsledek, obr. 1 – 3,4,5). Při klasifikaci dat se stromem prochází od vrchu (od tzv. kořene, obr. 1 – 1) a postupuje se směrem dolů, na každém rozhodovacím uzlu se vyhodnotí podmínka, a pokud je splněna pokračuje se vlevo jinak vpravo, dokud se nedojde k některému z listů.

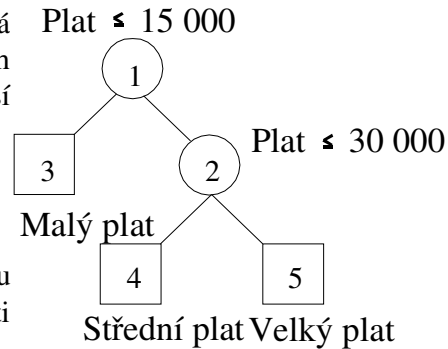
Algoritmus učení stromů je založen na rekurzivním rozdělování učicí množiny:

- 1) Vezmi učicí množinu
- 2) Vyber nejlepší test na základě kritéria, které minimalizuje neurčitost (Entropie, Gini index)

- 3) Podle testu rozděl na množiny S_1 a S_2 . Pro každou S_i , ve které nejsou pouze případy, ze stejné třídy opakuj od kroku 1 a použij S_i jako učící množinu

Rozhodovací lesy

Pro zlepšení klasifikace se často používá stromů více = les. jsou to množiny různých rozhodovacích stromů, které zároveň musí obsahovat pravidlo na kombinaci výsledků.



Genetické algoritmy

Genetické algoritmy řeší problémy simulovanou evolucí dle Darwinova pravidla - přežívají jen ti silnější jedinci (jen ta nejlepší řešení problému...)

Jedinci (uvažujeme řešení jako jedince) mohou

- křížit se (kombinace zpravidla dvou rodičovských genů za vzniku dvou potomků)
- mutovat (samozměna)
- rekombinovat (křížení i mutace)

Obr. 1 - Příklad rozhodovacího stromu

Pro určení, který gen je silnější a který slabší, je definován pojem „fitness“.

Zárukou, že fitness bude stále hodnotnější, poskytuje selekční tlak, který nutí populaci k řešení dostatečným (určeno v podmínce ukončení) optimálním (nejlepší) maximálním (lokálním; hodnota fitness dlouhodobě stagnuje)

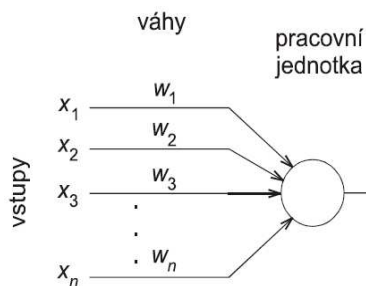
Genetické algoritmy se dají nejlépe použít v případech, kdy

1. neznáme správné vztahy (vzorce...)
2. nejsme schopni realizovat řešení v rozumném čase
3. potřebujeme řešit ve více rozměrech (samostatně kódované rozměry spojené do jednoho chromozómu)
4. stavíme neuronovou síť

Naopak selhávají v případech, kdy používáme prostory s velkým počtem lokálních maxim

Neuronové sítě

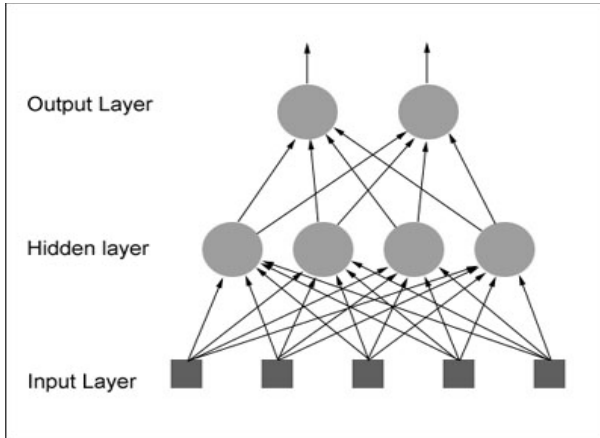
Inspirace pro tyto algoritmy pochází z živočišné nervové soustavy. Neuronová síť je soubor vzájemně provázaných malých jednotek zvaných neurony.



Každý neuron má n vstupů a jeden výstup. Každý vstup je ovážen (tzn. číslo, které přijde výstup na vstup x je vynásobeno koeficientem w). Všechny takto vypočítané hodnoty se sečtou a předají se jako parametr signoidální funkci, jejíž výsledek putuje na výstup y . Můžeme tedy psát:

$$y = \text{sigmoid}(w_0 + x_1 * w_1 + x_2 * w_2 + \dots x_n * w_n)$$

Více neuronů propojíme do neuronové sítě. Nejběžnějším typem jsou dopředné sítě, které mají jednu řadu vstupních neuronů, libovolný počet skrytých neuronů a jednu řadu výstupních neuronů.



Učení neuronové sítě probíhá tak, že nastavujeme všechna w ve všech neuronech. Na to existuje několik metod např.: back propagation (kdy postupujeme od zvrchu a nastavujeme jednotlivé váhy) a nebo pomocí genetických algoritmů (tehdy máme celou generaci neuronových sítí a do další generace vybereme ty sítě, které svoji úlohu plnili nejlépe).

3 Shrnutí

V několika odstavcích vám byly představeny základní principy a mechanismy strojového učení. Snad se vám podařilo udělat si alespoň základní obraz o těchto komplikovaných systémech. Ať už budeme brát v úvahu jednoduché principy hledání nejbližšího souseda nebo složité neuronové sítě na rozpoznání libovolných znaků, musíme brát v úvahu, že algoritmy pro samovzdělávání počítačů jsou zde a ukrývají nezměrné možnosti.

Poděkování

Děkujeme všem organizátorům FyzTydu, zvláště pak supervizorovi Emilu Kotrčovi.

Reference:

- [1] T.M. Mitchell: Machine learning
- [2] M.I. Schlesinger: Deset přednášek z teorie statistického a strukturního rozpoznávání
- [3] Rozhodovací stromy: <http://lisp.vse.cz/%7Eberka/docs/SL-IDT.PDF>
- [4] Strojové učení: <http://lisp.vse.cz/%7Eberka/docs/SL-ML.PDF>
- [5] Mat Bucklet: Neural network tutorial, <http://www.ai-junkie.com/ann/evolved/nnt1.html>

Provázání ve fyzice

Jan Cabrnach
SGaGY Kladno
jcabrnach@seznam.cz

Michal Mareček
Gymnázium Václava Beneše Třebízského Slaný
mmarecek@velvary.com

Jana Poledniková
Gymnázium Vídeňská/Táborská Brno
janap@casak.cz

Martina Štollová
Gymnázium Mikulov
m.stoll@atlas.cz

Abstrakt:

V naší práci jsme se seznámili s poznatky nově se rozvíjejících oborů kvantové fyziky, kvantové informace a kvantového počítání. Nahlédli jsme do neobvyklých vlastností kvantového provázání a demonstrovali jsme je na konkrétních příkladech kvantové teleportace, šifrování, superhustého kódování a vzdálené přípravy stavů. Vyvrátili jsme si mylný názor o kvantových počítačích.

1 Úvod

V současné době je kvantová fyzika nejperspektivnějším a nejdynamičtějším oborem lidského bádání. Zároveň se jedná o jednu z nejověřenějších teorií současné doby. Věnovali jsme se provázání mezi částicemi a jeho využití v kvantové teleportaci, kvantových počítačích a šifrování.

2 Provázání ve fyzice

Kvantové provázání je kvantová vlastnost kterou nelze vysvětlit pomocí pojmů z klasické fyziky. K pochopení tohoto jevu, se nevyhneme detailnějšímu rozboru odlišných vlastností klasického a kvantového modelu. V klasickém modelu mechaniky

jsou stavy přesně vymezené, kdežto v kvantové fyzice navíc přibývají další stavy, takzvané superpozice. To znamená, že objekt se nemusí vyskytovat jenom v jednom či druhém stavu, ale může se například vyskytovat se stejnou pravděpodobností v obou stavech. Populární představou, kterou nemají ochránci zvířat rádi, je Schrödingerova kočka.

Představte si kočku v bedně a pušku, která na kočku míří. Její výstřel je spjat s rozpadem radioaktivního jádra. Pravděpodobnost, že se tak stane je 50%. Pokud se jádro rozpadne, puška vystřelí a kočka zemře. Po otevření bedny, tedy provedení měření, je kočka živá nebo mrtvá. Před otevřením bedny je ale kvantový stav kočky směsí stavu mrtvé kočky a stavu živé kočky a kočka je tedy v superpozici těchto stavů. Měřením jsme donutili kočku, aby se nalézala v jednom z konkrétních stavů.

V tomto případě jsme mluvili jen o jedné částici. Když uplatníte princip superpozic na více částic, tím vzniká provázání.

Vezměme si nyní dvě částice (stejný postup můžeme zopakovat pro více částic). Necht' je první částice ve stavu $|a\rangle$ a druhá ve stavu $|b\rangle$ potom společný stav mohu popsat jako $|a\rangle|b\rangle$. Tento stav nazýváme neprovázaný a znamená to, že tyto částice můžeme oddělit, aniž bychom ztratili informaci. Kvantová mechanika však předpokládá existenci stavů které vzniknou superpozicí těchto neprovázaných stavů. Mezi těmito superpozicemi stavů existují i takové, které nelze rozdělit na stavy jednotlivých částic. Těmto stavům říkáme provázané.

Kvantový bit neboli qubit je kvantová verze bitu, která umožňuje superpozici 2 bazických stavů.

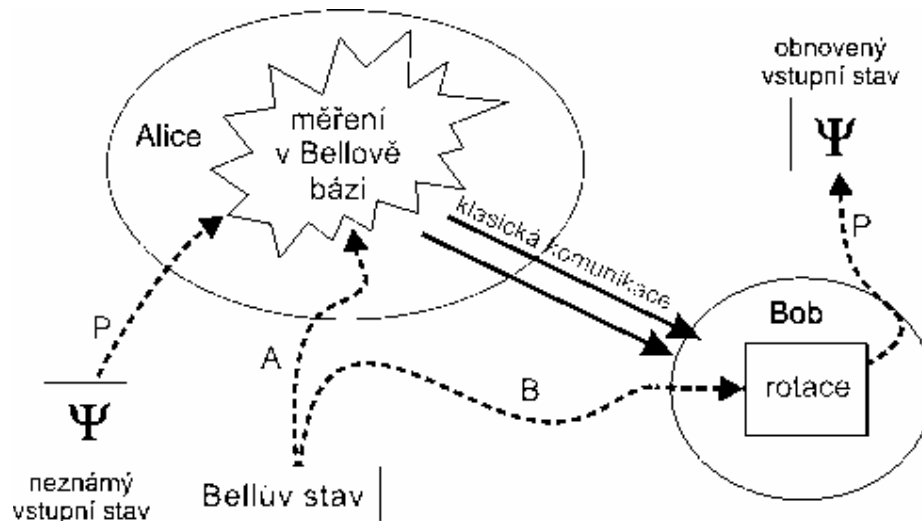
Podívejme se nyní blíže na pozoruhodné vlastnosti těchto provázaných párů. Měření vlastností první částice ovlivňuje výsledek měření vlastností částice druhé. Uved'me následující příklad částic v provázaném stavu: $|ab\rangle + |xy\rangle$. Naměříme-li na první částici stav $|a\rangle$, pak je na druhé částici nepochybně stav $|b\rangle$. Pokud ovšem naměřím na první částici stav $|x\rangle$, pak s jistotou vím, že stav druhé částice je $|y\rangle$.

Provázáání má nelokální charakter. Představme si, že výše uvedená měření jsme provedli ve vzdálenosti a čase, kdy se navzájem nemohla ovlivnit fyzikální interakcí (šířící se maximálně rychlostí světla). Vždy první měření na první částici nám dává dva možné výsledky každý s pravděpodobností 0,5 (ideální generátor náhodných čísel). Přesto v momentě, kdy změříme jednu z částic okamžitě víme, jaký je stav na druhé částici. Máme-li vyloučit nadsvětelnou interakci, pak musíme připustit nelokální charakter výše zmíněné korelace mezi měřeními. Nepozornému čtenáři by se mohlo zdát, že tento jev se dá využít k nadsvětelné komunikaci, ale to není pravda. Protože ale první měření je zcela náhodné a my nejsme schopni jej ovlivnit. A tudíž nedokáže přenést informaci.

Další vlastnost demonstrujeme na soustavě více částic (tři a více). Existují provázané stavy, jejichž provázání je v určitém smyslu nejsilnější. Takové stavy už nemohou být provázány s dalším fyzikálním systémem. Obecně lze říci, že čím silnější je provázání mezi vybranými částmi, tím slabší musí být s ostatními. Tato vlastnost nápadně připomíná partnerské vztahy, a proto se jí někdy říká monogamnost.

Výše zmíněné vlastnosti jsou klíčovou ingrediencí nových kvantových protokolů a algoritmů, které vzbudily v posledních letech pozornost fyziků. A my jsme se zabývali kvantovou teleportací, superhustým kódováním a kvantovým počítáním.

Kvantová teleportace



Opusťme klasickou „StarTrekovskou“ představu teleportace. V kvantové teleportaci je tato úloha je definována následovně: Alice s Bobem se před léty potkali, ale dnes žijí daleko od sebe. Po dobu co se setkali, spolu vyrobili maximálně provázaný pár fotonů a každý si vzal po jednom z nich. Za mnoho let je Aliciným úkolem vybrat neznámý stav qubitu a poslat jej Bobovi, s tím že má povolenou jen klasickou komunikaci. Zdá se, že tohle je pro Alici neřešitelný úkol. Řešení spočívá v použití stále sdíleného maximálně provázaného páru. Alice na svojí složku páru naváže přenášený qubit provede na této dvojici speciální měření(čímž ovlivní Bobovu částici). S pravděpodobností 25% dostane jeden ze čtyř možných výsledků, který v podobě dvou klasických bitů odešle Bobovi. Ten na základě Aliciných výsledků provede na své částici provede jednu ze čtyř známých operací a tím získá qubit ve stavu identickém s původním se kterým mohla manipulovat jenom Alice. A teleportace se povedla.

Možnosti dalšího využití:

- Kvantové počítače – zpracování obrovských kvant informací během krátké doby
- Superhusté kódování – komprimace dat
- šifrování – umožňuje naprosto spolehlivou (nenapadnutelnou třetí osobou) komunikaci

3 Shrnutí

Zjistili jsme spoustu nových informací, o oboru který má bezpochyby obrovský potenciál. Poopravili jsme si názor na princip kvantových počítačů.

Poděkování

Poděkování: FJFI, celé ČVUT, našim supervisorům překypujícím trpělivostí

Reference:

- [1] [HTTP://MOZEK.CZ/INFO/SCHRODINGER](http://mozek.cz/info/schrodinger)
- [2] [HTTP://ALDEBARAN.CZ/BULLETIN/2004_31_TEL.HTML](http://aldebaran.cz/bulletin/2004_31_tel.html)
- [3] QUANTUM COMPUTATION AND QUANTUM INFORMATION
vydavatel: Cambrige University
2000
- [4] KONCEPČNÍ OTÁZKY Kvantové teorie
vydavatel: Univerzita Palackého v Olomouci
2002

Holografická paměť v reálném čase

Z. Prokopová, Gymnázium Třebíč, prokops@quick.cz

T. Liepoldová, Gymnázium F.X.Šaldy Liberec, MecNet@seznam.cz

F. Řepka, Gymnázium Jiřího Wolkeru Prostějov

Abstrakt:

V naší práci jsme experimentálně ověřili dvouvlnovou interakci ve fotorefraktivním krystalu BaTiO_3 a využili ji pro holografický záznam. Měřili jsme trvanlivost záznamu v krystalu po dobu 17 hodin. Také jsme provedli vícestránkovou expozici hologramu do krystalu multiplexovanou úhlem a následně jsme zrekonstruovali zaznamenaná binární data.

1 Úvod

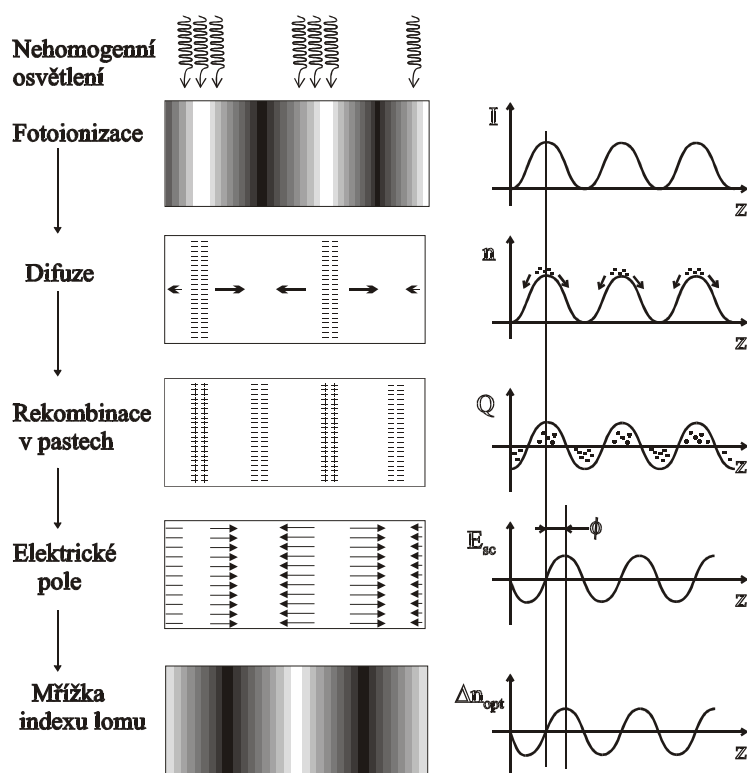
Očekává se, že holografická paměť v budoucnosti nahradí optická média CD a DVD, která dnes slouží k ukládání informací. Současné nosiče využívají pro záznam informace prosté změny materiálu po ozáření fokusovaným laserovým svazkem. Naopak holografické paměti budou pracovat na základě záznamu interferenční struktury. Využití hologramu a jeho selektivity vede k možnosti uložení několika stránek do jednoho místa, a tím podstatně zvýší kapacitu média. Principy a vize realizace holografické paměti se různí. Jednou z cest je fotorefraktivní médium jako záznamový materiál, který nám umožňuje opakovaný zápis dat v reálném čase.

2 Teorie

Fotorefraktivní jev

Fotorefraktivní jev je proces změny indexu lomu uvnitř prostředí. Zejména je pozorován ve feroelektrických materiálech. Uvažujme dvě rovinné monochromatické vlny dopadající do prostředí. V různých místech se vlny sčítají a naopak v jiných místech se odečítají. Vzniká tak periodická modulace intenzity světla. To si můžeme představit jako světlé a tmavé proužky. Fotorefraktivní materiál reaguje na světlé proužky a dochází k excitaci elektronů do vodivostního pásu, ve kterém dále elektrony difundují do tmavých oblastí.

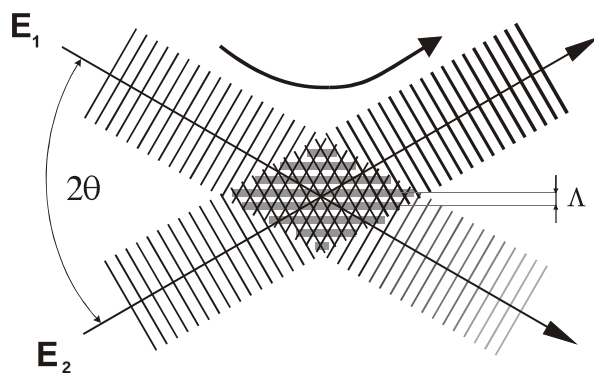
Difuze je obecný fyzikální proces, kdy se nahromaděné částice snaží rovnoměrně rozptýlit. Rozptýlené elektrony jsou ve tmavých oblastech zachyceny do pastí. Po přeskupení vzniká mezi náboji lokální elektrické pole. Toto pole přes Pockelsův elektrooptický jev mění index lomu materiálu. Modulace intenzity optického záření tedy vytváří optický záznam v krystalu, jak je patrné z obrázku 1.



Obrázek 1, vznik fotorefraktivního záznamu

Dvouvlňová interakce

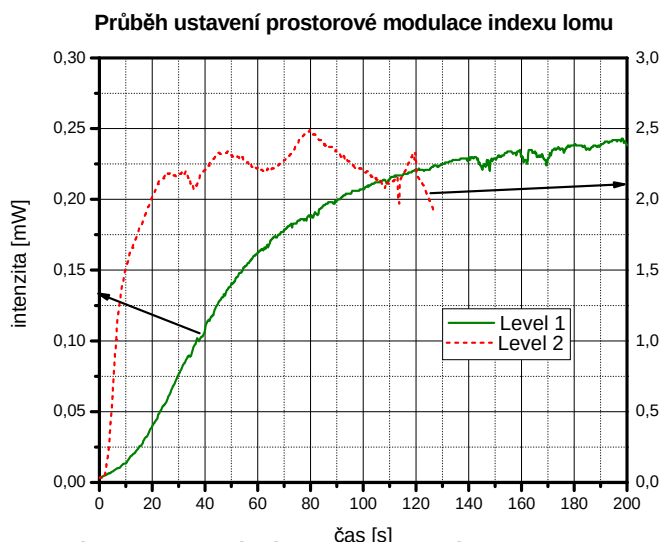
Uvažujme dvě monochromatické rovinné vlny E_1 a E_2 dopadající do fotorefraktivního krystalu. Fotorefraktivní jev moduluje index lomu. Na struktuře Λ modulace materiálu se jeden ze svazků zesiluje. Ze zákona zachování energie vyplývá, že druhý svazek téměř zaniká. Směr přelévání energie mezi svazky udává optická osa materiálu. Vše je znázorněno na obrázku 2.



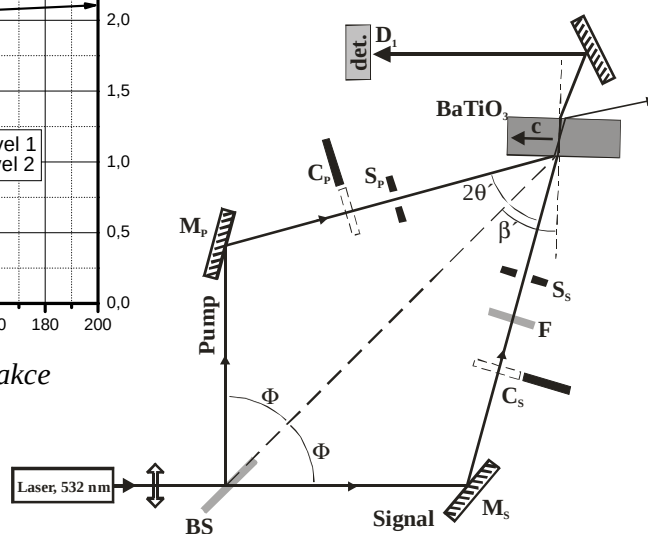
Obrázek 2, dvouvlňová interakce

3 Časový průběh dvouvlňové interakce

Proces postupného utváření modulace fotorefraktivního krystalu BaTiO_3 jsme zaznamenali pomocí následujícího experimentu (viz obrázek 4).



Obrázek 3, časový vývoj dvouúhlnové interakce



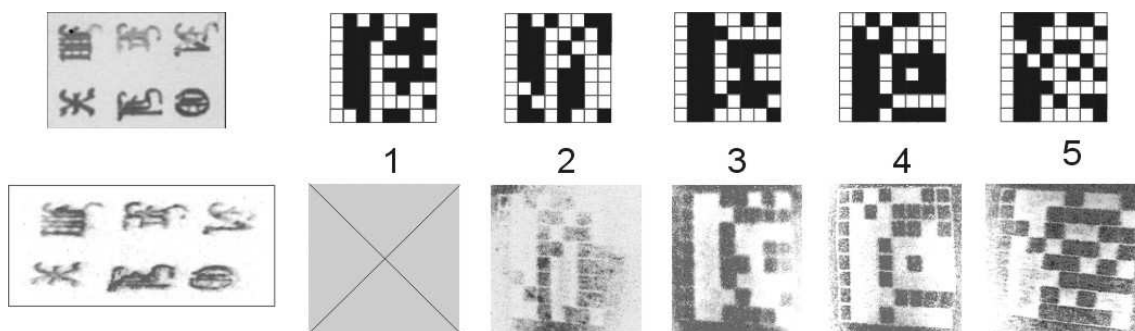
Obrázek 4, experimentální uspořádání

Jako zdroj použijeme laser zelené barvy (532nm), který se na polopropustném zrcadle (BS) dělí na dva svazky (signální a čerpací). Oba svazky jsou usměrňovány zrcadly (M_P a M_S) a clonami (S_P a S_S). Signální svazek je navíc redukován filtrem (F). V krystalu se oba svazky kříží a působením fotorefraktivního jevu se signální svazek na výstupu zesiluje (viz. obr. 2). Toto zesílení zaznamenáváme detektorem (det) a je vyneseno v grafu na obrázku 3. Měření jsme provedli pro dvě různé intenzity laseru.

4 Expozice a čtení 2D hologramu

V signální větvi byla následně umístěna čočka, která vytvářela rozbíhavý svazek nasvětluje masku pro expozici. Použité masky jsou vyobrazeny v obrázku 5 na horním řádku. V prvním případě jde o ozdobné písmo, v dalších případech jde o binárně kódovaný text. Signální větev zakončovala čočka zobrazující masku na vzdálené stínítko. Její ohnisko bylo těsně před čelem krystalu.

Na obrázku 5 jsou zachyceny různé masky a jejich obrazy po průchodu krystalem. Hologram ozdobného písma byl exponován v pondělí 16:05 a následně vyčten druhý den v 9:30. Masky 1 – 5 byly zaznamenány do krystalu současně, pouze pod jiným úhlem natočení krystalu (β') – tzv. úhlový multiplex.



Obrázek 5, masky a jejich vyčtené obrazy

5 Shrnutí

Změřili jsme časový průběh dvouvlnové interakce pro dvě různé intenzity. Z grafu na obrázku 3 je patrné, že pro vyšší intenzitu krystal reaguje rychleji. V závěru průběhu obou křivek se projevují parazitní jevy: beamfanning a oscilace na čelech krystalu.

Ověřili jsme, že zapsaný hologram (ozdobné písmo) vydrží v krystalu bez výraznějších změn minimálně 17 hodin.

Provedli jsme současnou expozici pěti stránek (maska 1 – 5) binárně kódované informace, celkem 40 bajtů. Rekonstruované obrazy (vyčtení informace) jsou zachyceny na obrázku 5. Maska č. 1 byla zapsána jako první a čtena jako poslední. Zápis následujících hologramů a jejich čtení výrazně ovlivnil kvalitu této stránky. Pouhým okem byl hologram stále čitelný, avšak nepodařilo se nám jej zaznamenat pomocí digitálního fotoaparátu. Ostatní masky (2 – 5) jsou seřazeny vzestupně dle pořadí záznamu a jejich kvalita se zvyšuje, což podporuje teorii, že zápis a čtení zhoršuje kvalitu již zapsaných hologramů. Z přečtených stránek jsme zpětně sestavili původní řetězec 40 znaků.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za možnost účasti na Fyzikálním týdnu, Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci a Ing. Liboru Seidlovi za výbornou spolupráci a přátelský přístup.

Reference:

Seidl, L.: *Diplomová práce*, ČVUT FJFI KFE 2003

Fiala, P. a Richter I.: *Fyzikální optika*, ČVUT FJFI 2005

Náhodné chození

Tomáš Jakoubek¹, Tomáš Kolín², Slavomír Kučera³, Martin Štrympl⁴

(1) Gymnázium & SPgŠ, Jeronýmova 27, Liberec;

loony@seznam.cz,

(2) Gymnázium Říčany, Komenského nám.1/1280, 251 01 Říčany;

Furret@seznam.cz,

(3) Gymnázium VBT Slaný, Smetanovo nám. 1310. Slaný;

slavek.kucera@quick.cz,

(4) SOS a SOU, Belgická 400, Jablonec nad Nisou;

mr.ms@seznam.cz

Abstrakt:

Náplní našeho miniprojektu bylo studium problematiky náhodného chození (random walk). V tomto ohledu jsme se zabývali praktickým využitím této metody, například ve vyhledávacích algoritmech počítačových programů. Porovnávali jsme rychlost běhu algoritmů na dnešních a kvantových počítačích (zatím jen hypoteticky). K pochopení problematiky jsme použili vzorový příklad „opilého námořníka“.

1 Úvod

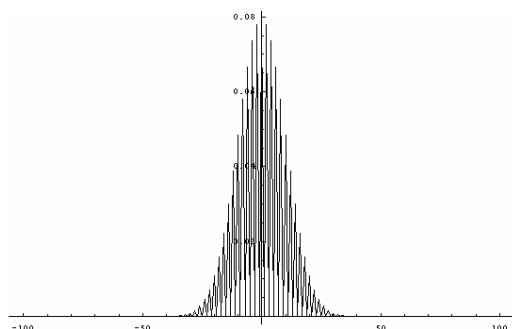
V současnosti je mnoho problémů, které sice jsou analyticky popsitelné, ale už těžko řešitelné. Musíme sáhnout například k počítačové simulaci. Jednou z mnoha používaných metod je právě náhodné chození, využívané například při prohledávání databází, simulaci difúze, vytváření ISF fraktálů atd.

2 Využití náhodnosti

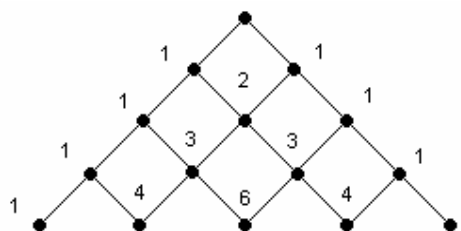
K ověření jevu náhodného chození jsme použili několik praktických metod a jejich počítačových simulací. Mezi použité metody patřily „chůze opilého námořníka“, Galtonova deska a síť světelných rozdělovačů.

Chůze opilého námořníka je ideální příklad pro vysvětlení jevu náhodného chození. Myšlený námořník je opilý, nepamatuje si cestu domů a absolutně nekontroluje pohyby svých nohou. Vyjde před restaurační zařízení a kymácí se se stejnou pravděpodobností vlevo i vpravo. Protože do výchozího bodu vede nejvíce cest, bude se námořník pohybovat s největší pravděpodobností okolo restaurace. Graficky znázorněná nejpravděpodobnější pozice námořníka je na obr. 1. Druhý obrázek je síť ukazující možnosti postupu námořníka. U každé pozice je zapsán počet cest vedoucích z výchozího do daného koncového bodu.

Čím je číslo větší, tím větší je pravděpodobnost, že zde námořník skončí. Odborný název pro obr. 2 je Pascalův trojúhelník.

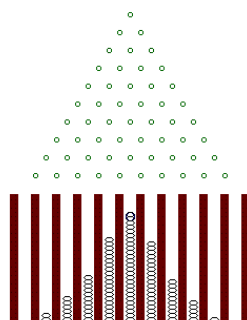


Obr. 1: Graf pravděpodobnosti pozice po 100 krocích



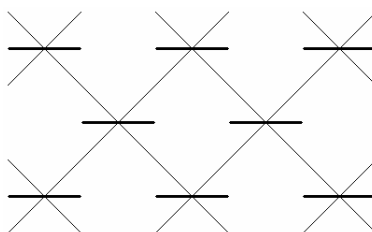
Obr. 2: Grafické znázornění pohybu s počtem cest

Galtonovu desku (vymyslel ji Francis Galton při svých výzkumech v 19. století) můžeme sestavit z hřebíků, které jsou ve stejných vzdálenostech zatlučeny do desky tak, aby vypadaly jako na obr. 2. Pod Galtonovu desku umístíme měřicí nádoby, které zachytávají kuličky vhažované shora. Na konci pokusu by nádoby blíže středu měly obsahovat nejvíce kuliček - vede do nich nejvíce cest. Principem desky je, že kulička, která dopadne na hřebík má 50% šanci spadnout vlevo, nebo vpravo. Protože sestavení takovéto desky by bylo vzhledem k potřebné přesnosti velice náročné, použili jsme počítačovou simulaci. Kvalitu výsledku (obr. 1, obr.3) zajistíme velkým počtem opakování.



Obr. 3: Výsledek simulačního programu

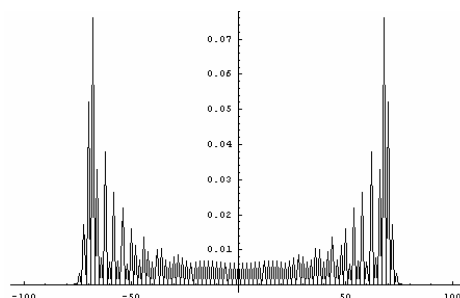
Dále jsme porovnávali běh algoritmu náhodného chození na dnešních a kvantových počítačích. Kvantovou analogií Galtonovy desky lze realizovat pomocí optické sítě sestavené z děličů paprsků (obr. 4).



Obr. 4: Schéma optické sítě

Každý optický rozdělovač vytvoří z jednoho vstupu dva výstupy, ale s fází posunutou o π . Z toho vyplývá, že na dalších děličích může vzniknout vlna s větší amplitudou nebo se mohou

setkat vlny s posunutou fází a vyrušit se. Výstup z optické sítě je velmi závislý na místě vstupu paprsku. Pokud paprsek vpustíme prostředkem sítě, získáme následující výsledek (obr.5), který je odlišný od výsledku z Galtonovy desky. Z grafu je vidět, že „chodec“ má mnohem větší pravděpodobnost, že se dostane dál od výchozího bodu. Například vyhledávací algoritmus vystavěný na kvantovém náhodném chození by prošel množinu dat rychleji a bude tedy efektivnější.



Obr. 5: Výsledek z kvantového počítače

3 Shrnutí

Metoda náhodného chození nachází využití například při prohledávání velkého množství dat, kde systematické prohledávání je časově velmi náročné. Musíme však počítat s drobnou odchylkou ve výsledku.

Bohužel jsme nemohli ověřit předpokládanou kvadratickou výkonnost kvantových počítačů oproti těm dnešním, proto jsme ji řešili jen teoreticky.

Z našeho studia vyplývá i jeden, pro studenty podstatný, závěr: při dočasné ztrátě paměti je téměř nemožné dostat se z restauračního zařízení domů – s největší pravděpodobností skončíte opět na výchozím místě...

Poděkování

Za zasvěcení do teorie náhodného chození děkujeme Ing. Martinu Štefaňákovi a prof. Ing. Igoru Jexovi, DrSc. Za možnost účasti na Fyzikálním týdnu 2005 děkujeme FJFI ČVUT v Praze a Nadačnímu fondu teoretické fyziky. Děkujeme celému organizačnímu týmu FT, hlavně Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc.

Reference:

- [1] KEMPE J.: *Quantum random walks - an introductory overview*, Contemporary Physics, 2003, Vol. 44 (4), p. 307-327
- [2] GALTONOVA DESKA – APLET:
http://www.dartmouth.edu/~chance/teaching_aids/books_articles/probability_book/bookapplets/chapter3/GaltonBoard/GaltonBoard.html
- [3] STRÁNKA O FRANCISU GALTONOVI: <http://www.mugu.com/galton/index.html>
- [4] KUPČA V.: *Teorie a perspektiva kvantových počítačů*,
<http://cml.fsv.cvut.cz/~kupca/qc/qc.html>

Simulace socio-ekonomických systémů

H.Fartáková, P.Dluhoš, R.Gracla

Gymnázium Sušice, Fr. Procházky 324, 342 16 Sušice

Mendelovo gymnázium Opava, Komenského 5, 746 01 Opava

Gymnázium 1. St. Stolou, 1. St. Stolou 1, 170 00 Praha 7

H.M.I.A@seznam.cz, petr_dluhos @seznam.cz, richardgracla@yahoo.com

Abstrakt:

Výzkum založený se simulací a předpovídáním chování společnosti je dosud ve svých začátcích. Přesto však už nyní můžeme sledovat jisté pokroky v tomto směru, kterými jsou například existující simulační modely a hry. Tyto modely vykazují nespornou podobnost s reálnou společností.

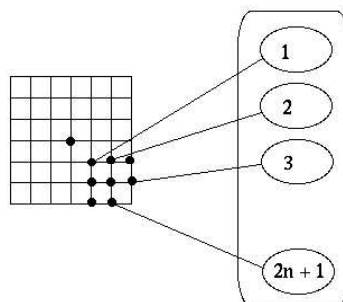
V naší práci jsme studovali jeden z modelů - menšinovou hru a potvrdili jsme její provázanost se skutečným děním. Níže prezentujeme naše výsledky, ukazující na množství zajímavých skutečností například, že nejvýhodnější bylo žít ve světě, kde lidé nemuseli platit přílišné poplatky a pracovali pro toho celé společnosti. Ale je toto skutečně možné?

1 Úvod

S rozvíjející se společností se komplikují sociální vztahy. Chování každého jednotlivce ovlivňuje velké množství různých faktorů. Při předpovídání společenských jevů je takřka nemožné uvážit všechny okolnosti v plném rozsahu, a proto se pro simulace využívají zjednodušené modely. S jejich pomocí jsme schopni odhadnout principy jednání složitých sociálních celků v rozličných situacích, například při volbách, na burze, v obchodování apod. Na přahu 21. století máme k dispozici moderní výpočetní technologie, které výrazně zjednodušují provádění i složitějších simulací. Mezi nejznámější patří: model Sznajdových, menšinová hra, nepružný rozptyl jako model rozložení ložatství. Po důkladném zvážení jsme si jako předmět svého zájmu vybrali menšinovou hru. V současnosti na naší menšinové hře existují také systémy napodobující evoluci. Naším cílem ale bylo simulovat dění na burze, tedy míru závislosti méně úspěšných na úspěšnějších.

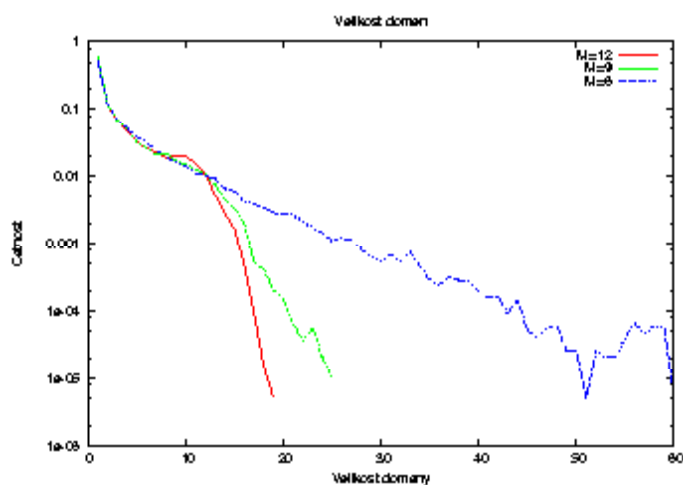
2 Menšinová hra

Hry se účastní lichý počet hráčů - *agentů*, rozmístěných v uzlech sítě znázorňující jejich vzájemné vztahy. Pracovali jsme se čtvercovou sítí (viz. obr. 1), v níž má každý agent v závislosti na své poloze dva až čtyři sousedy, se kterými komunikuje. Simulace probíhá v jednotlivých kolech. Během každého z nich si agent vybírá jednu ze dvou možností (0 nebo 1). Dostává tedy v případě, že si tu samou možnost zvolí menšina. Pro tento účel je vyláčen různými strategiemi. Například si pamatuje několik předchozích vítězných možností, na jejichž základě se pokouší předpovědět příští úspěšnou volbu. Pokud však zjistí, že jeden z jeho sousedů byl schopnější v získávání bodů, začne jej *imitovat* - řídí se jeho rozhodnutími, čímž dosáhne lepších výsledků. Musí mu ovšem zaplatit určité procento z takto nabytých bodů. Po čase vzniknou početné *domény*, tedy skupiny agentů spolehajících se na volbu jednoho výjimečně úspěšného vůdce. Základními parametry domén jsou jejich velikost a hloubka. Velikost domény určuje počet agentů imitujících vůdce domény. Hloubka udává délku cesty od vůdce k nejvzdálenějšímu členovi domény. Kromě vlastností domén lze rovněž pozorovat *sociální napětí* (social tension), které odráží rozdíly v množství bodů mezi sousedními agenty.

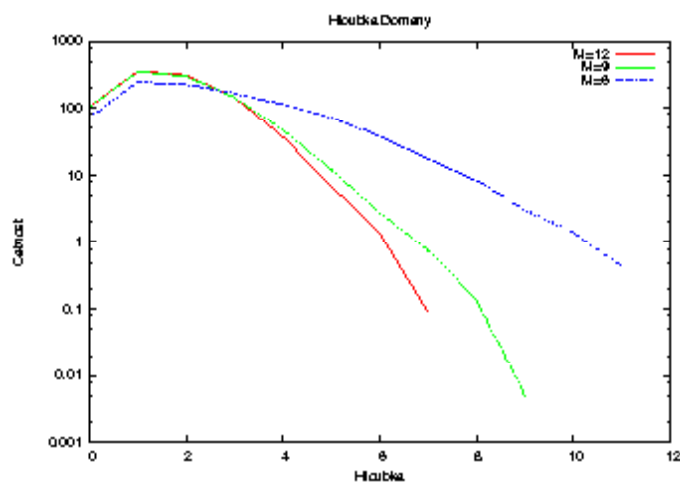


obr. 1 - schéma čtvercové sítě

Náš zkoumání jsme zaměřili především na vliv rozsahu paměti agentů a výše poplatků za imitaci na vývoj simulované společnosti. Čtvercové síti 31 x 31 uzlů bylo rozmístěno 961 agentů. Nejprve jsme zvětšili rozsah paměti o 50% a o 100%. V obou případech jsme zjistili změnu velikosti domén (viz. graf 1), hloubky domén (viz. graf 2) a změnu sociálního napětí.

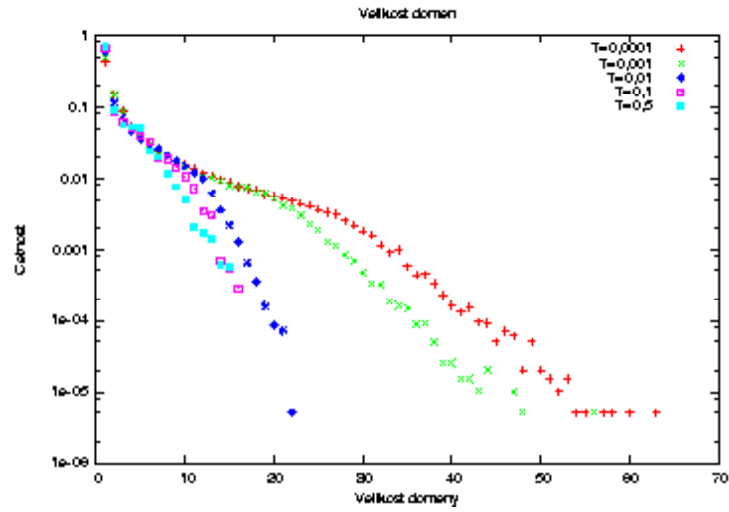


graf 1

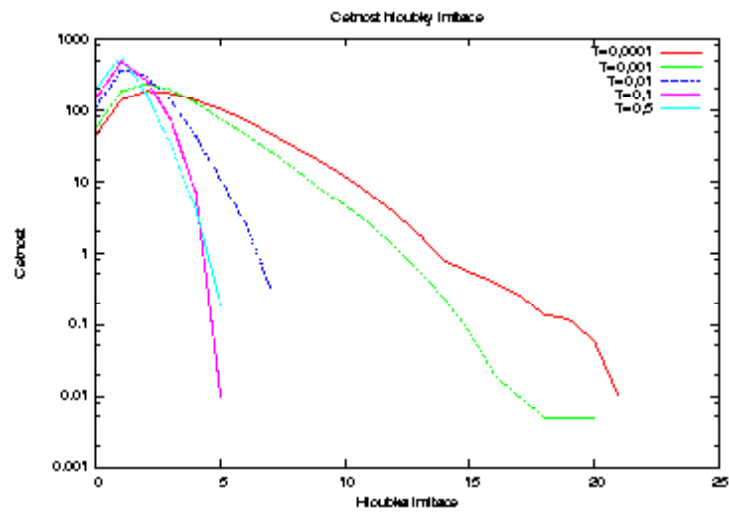


graf 2

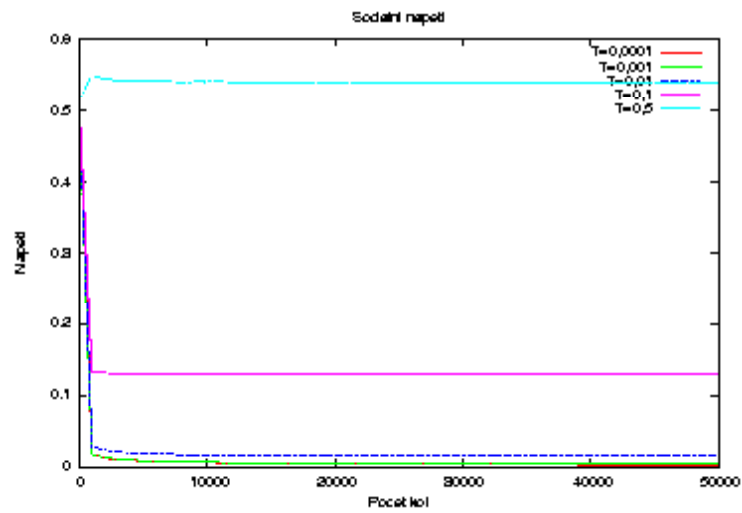
Hloubka paměti má vliv na velikost domén, a to tak, že při malých hloubkách paměti se agenti spoléhají více na své okolí, takže více imitují a tvoří větší domény. Tyto domény jsou rovněž mnohem hlubší, jak můžeme vidět na grafu 2. Naopak sociální napětí se v závislosti na rozsahu paměti prakticky nemění. Dále jsme sledovali působení změny výše poplatku za imitaci na velikost domén (viz. graf 3), hloubku domén (viz. graf 4) a na sociální napětí (viz. graf 5).



graf3



graf4



graf5

Vše poplatků ovlivňuje všechna tři zkoumané veličiny. Při nižších poplatcích se vytvářejí rozsáhlejší domény s větší hloubkou. Vlna sociální napětí je velmi markantní u vyšších poplatků.

3 Shrnutí

Simulace nám ukázaly, že chování některých sociálních a ekonomických systémů lze úspěšně simulovat. Některé pokusy vykazují vysokou podobnost s reálnou hospodářskou společností. Například při vysoké míře poplatků za imitaci přestávali agenti spolupracovat a šli za svým cílem na vlastní pěst na úkor globální efektivity. Naopak při velmi nízkých poplatcích vznikaly rozsáhlé domény. Tato spolupráce vykazovala extrémní efektivitu. Ovšem v reálném světě by toto nebylo možné, protože byt v údobem nebylo kvůli nízkým poplatkům o nic výhodnější než pouze imitovat. Očekávat se pro společnost dokáží pouze agenti. Tato oblast skrývá ještě mnoho neobjeveného, a proto se jí budeme dále věnovat.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali ing. Hyňku Lavičkově za zaslání do problematiky simulací socio-ekonomických systémů a za poskytnutí počítačového programu. Dále děkujeme ing. Vítěchu Svobodovi, CSc. za organizaci Fyzikálního týdne.

**Matematické
modelování**

**Fyzikální
vlastnosti
materiálů**

**Fyzika
v medicíně**

**Elementární
částice**

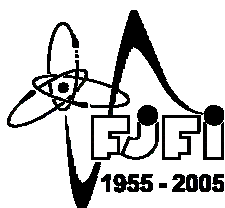
**Laserová
fyzika**

**Jaderná
chemie**

Optoelektronika

**Informatika
a software**

**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 ústavu 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 INŽENÝRSKÁ

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 fyziky 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 letech se na fakultě studovaly především jaderné obory – jaderná fyzika, jaderná chemie a jaderné inženýrství, v šedesátých letech 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 nejruznější 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 celoškolsní 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 aktivitu Studentské unie jako významnou součást své činnosti a snaží se je podporovat.