

Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2008

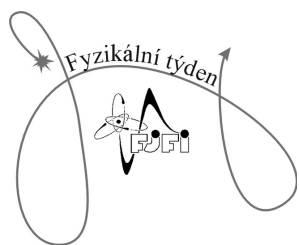
Fyzikální týden

Sborník příspěvků

1.-5.červen 2008

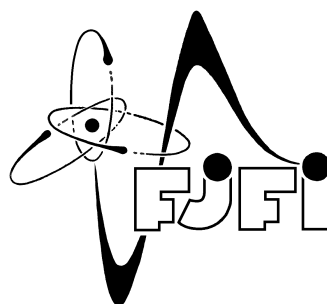


"Fyzika je jako sex, může přinést praktické výsledky, ale to není důvod, proč to děláme."
Richard Phillips Feynman (20 let od úmrtí)



Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2008

Poděkování za laskavou podporu



Slovo úvodem (tradičně velmi podobné)

Už desátým 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 i letos jak kvalitativně, tak kvantitativně posunul. V letošním roce byl pořádán pro 116¹ studentů ze 62 gymnázií, kteří si vyslechli jednu z 10 zajímavých přednášek, zkusili své síly v 44 miniprojektech, měli možnost navštívit 13 vědeckých pracovišť a navíc mohli večer strávit v Planetáriu, Štefánikově hvězdárně či na Křížkové fontáně. Osvědčila se nám welcome party a své místo má již pevně posterová sekce. Letos se znovu (po nezdařeném pokusu minulých FT) pokusíme několik vybraných příspěvků vydat v Matematicko fyzikálních rozhledech, čímž by účastníci získali možnost zápisu první vážné publikace do svého badatelského životopisu. Podruhé zkusíme uspořádat minikonferenci na Břehové místo tradiční Trojanovy a osvědčuje se to. Potřetí se v obavách objevuje "uspávač hadů".

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.

Dovolte mi tradičně poděkovat na tomto místě jmenovitě Marii Svobodové a Zuzaně Sekerešové za jejich neocenitelnou pomoc při organizaci FT, bez které si FT již nedokážu vůbec představit. Dále tradičně děkuji všem supervisorům úloh, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty a katedry a letos poprvé i rektorátu ČVUT. Nemohu zde zapomenout na samotné účastníky, kteří zde svým zaujetím vytvořili opět výbornou badatelskou atmosféru. Mezi nezapomenutelné okamžiky bude patřit vyústění welcome party v neděli 1.6. ve 103.

V posledních dvou ročnících již u některých miniprojektů přebírají žezlo supervisorů absolventi minulých FT, letos jmenovitě Jakub Kákona, Pavel Linhart a Jan Stránský. Tenhle návrat mne osobně velice těší a velmi se těším na další podobné případy.

Hádám, že se s některými z účastníků uvidím opět za rok, takže -doufejme- na shledanou v roce 2009.

3. června 2008

Vojtěch Svoboda

¹Musíme ale přiznat, že přes 150 studentů se léta nejsme schopni dostat.

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní FT.

Očekávání:

- uspávač hadů Svoboda
- nové poznání
- poznáme nové lidi
- z miniprojektu
- postery
- slečna na miniprojektu 3x
- Děčín se těší na Děčín
- přátelský kolektiv
- jídlo na exkurzi

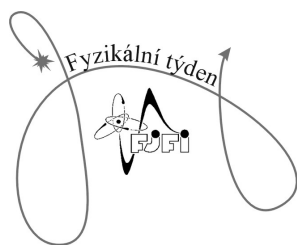
Obavy:

- Postery 3x
- nemám nic v hlavě
- ze čtvrttečního vstávání na 7.45
- z miniprojektu
- ztratíme se v Praze
- ztratíme mapu
- zvlhne mi mapa
- z přepadení
- že něco bouchne
- FT odradí od studia
- z role chairperson

Obsah

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Fyzikálního týdne 2008	8
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů	9
Příspěvky	15
e/m - měření měrného náboje elektronu (Ondřej Maslikiewicz,Pavel Černý)	15
Dopplerův jev + vzduchová dráha (Jan Bednařík,Jan Tomášek)	19
Mikrovlny (Helena Paschkeová,Jindřich Košťál,Miroslav Lalouček)	23
Spektrometrie záření gama (Michal Kroupa,Bohuslav Dvorský)	27
Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech (Jan Vejmolá,Adam Krucký)	33
Zeemanův jev (Pavel Motal,Miroslav Michlíček)	37
Základní experimenty s lasery (František Sýkora,Hana Bartlová,Petr Váňa)	43
Měření rychlosti světla (Anna Raichlová,Jan Pikous,Vilém Otte)	47
Balmerova série vodíku (Miroslav Tomášek,Radek Kříček,Lukáš Jarosil)	51
Palivový článok (Štěpán Poláček,Ondřej Faltys,Jaromír Karmazín)	55
Základní experiment fyziky plazmatu (Jan Šupík,Radim Skoupý,David Vašíček)	59
Termodynamické zákony v praxi (Tomáš Talanda,David Piksa,Karolína Kopecká)	64
Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů (Tomáš Sýkora,Marek Lanč,Jiří Krist)	69
Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic (Michal Beránek,Jan Hutař,Barbora Franková)	75
Počítačové zobrazování fraktálních množin (Ondřej Lanč,Petra Vahalová,Karel Tesař)	78
LINUX Lab (Filip Karpíšek,Martin Vystrčil,Jan Žaloudek)	82
Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek. (Vladimír Vítek,Veronika Klevarová,Tereza Kráčmerová)	86
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I (Petr Fejfar,Miroslav Kratochvíl)	92
Algoritmy pro počítačovou grafiku (Václav Dobeš,Vojtěch Mikšů,Lukáš Větrovský)	95
Teorie čísel a šifrování (Jana Zajíčková,Michal Žák,Michal Fuksa)	98
Mlžná komora (Klára Vaculíková,Tereza Moravcová)	102
RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách (Vojtěch Švarc,Ondřej Skowronek)	106
Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6 (Martin Košťálek,Pavel Říha)	110
Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR (Petr Polák,Michal Culek,Milan Novák)	114
Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie (Radka Kolářová,Pavel Čupr,Milan Kolomazník)	118
Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla (Petr Švéda,František Batysta)	122
Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením (Štěpán Timr,Vendula Kucharčíková,Zuzana Šíková)	125

Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie (Ondřej Perutka,Petra Maroušková)	129
Identifikace neznámého zářiče použitím gama spektroskopie ()	131
Gama záření z přírodních zdrojů (Miloš Necid,Josef Maryáš,David Brožek)	137
Úvod do chaotické dynamiky. (Libor Šeda,Kristýna Onderková,Jakub Dohnal)	141
Kritický stav jaderného reaktoru (Jana B. Hejduková,Lucie Jahodová,Lenka Homolová) . .	147
Doutnavý výboj (Josef Řehák)	152
Je bezpečněji v podzemí nebo u Temelína? (Marek Kovář, Jiří Šálek)	156
Modelování fyzikálních dějů pomocí metody Monte Carlo (Alexander Slávik,Štěpán Kubášta,Dominik Šafránek)	161
Termoluminiscenční dozimetrie (Tomáš Peták, Jiří Ponert,Vojtěch Munzar)	165
Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie (Jan Fábera, Jiří Havlíček, Jakub Neužil)	169
Plynová chromatografie (Věra Mojžíšová,Radim Hueber)	173
Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek (Tereza Doleželová,Vladimír Míč)	176
Co se stane, když se na LHC srazí dva protony? (Martin Večeřa,Jakub Lukeš,Vojtěch Novák)	180
Pevnolátkový laser a jeho vlastnosti (Vít Mojžíš,Martin Zajíček)	184
Holografie - záznam obrazového hologramu (Petr Bohuslav,Michal Pokorný,Tomáš Dao) .	189
Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce? (Lenka Kraváčková,Markéta Wranová)	192
Mionový detektor (Radek Podškubka,Vojtěch Pavlík,Tomáš Eckschlager)	195
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT	200



Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2008

Program Fyzikálního týdne 2008

- **Neděle**

9.00-11.00 Presentace, registrace.
11.00-12.30 Úvod (o vědecké komunikaci).
12.30-13.30 Přestávka na oběd.
13.30-14.30 Organizace FT.
15.00-16.30 Populární přednášky.
16.30-19.00 Terasa.
večer Ubytování.

- **Pondělí**

9-16.30 Miniprojekty (seznámení, rešerše, příprava, realizace).
16.30-18.00 Jak prezentovat I (publikace).
16.30-18.00 alternativně pro absolventy minulých ročníků FT: Ing. Jaroslav Burčík, Ph.D.:
Ochrana duševního vlastnictví.

- **Úterý**

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

- **Středa**

dopoledne Exkurze.
14.00-15.30 Přednáška: RNDr. Vladimír Wagner, CSc. - Jak se spouští největší urychlovač LHC v CERNu a co nám řekne o počátcích vesmíru
16.00-17.30 Jak prezentovat II (ústní vystoupení).
16.00-17.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků FT: moderovaná debata s doc. Štollem a Ing. Škodou na témata: Jak se rodí vynález - Vliv vědy na životní úroveň od doby kamenné doted' - Slavní fyzikové a jejich běžný život - Věda 20.-21. století, kam spějeme?

- **Čtvrtek**

8.00-9.30 Presentace miniprojektů I (Aula 103).
9.30-10.15 Posterová sekce (chodby FJFI).
10.15-11.45 Presentace miniprojektů II (posluchárny FJFI).
12.30-14.00 Presentace miniprojektů III (Aula 103).
14.00 Závěr.
14.30 Zakončení.

Exkurze

- UJV AV ČR, a.s., Řež u Prahy
- UJF AV ČR, v.v.i., Řež u Prahy
- Fyzikální ústav - Na Slovance
- Fyzikální ústav - Cukrovarnická
- Leksellův gamma nůž
- Oddělení radioterapie Nemocnice v Motole
- Školní reaktor VR-1 Vrabec FJFI ČVUT
- Tokamak CASTOR
- Tokamak COMPASS
- Prague Asterix Laser System
- Letecké muzeum Praha - Kbely
- Ústav fyzikální chemie
- Z pinč na FEL ČVUT

Přednášky

- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Radiační chemie
- prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.: Průvodce ionizujícím zářením -od aplikací v medicíně, po studium památek
- Mgr. Jaroslav Bouda: Jaderná energie v životě člověka
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější
- Mgr. Milan Krbálek, Ph.D.: Automobilová doprava pod matematickým drobnohledem
- Prof. Ing. Ladislav Drška, CSc: Lze světlem rozbíjet atomy ?
- Ing. Miroslav Virius, CSc.: Programování pro .net
- Prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.: Magnetary
- Ing. Marek Škerek, Ph.D.: Současné aspekty holografie
- Michal Kazda: Termojaderná fúze

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Pavel Linhart: e/m - měření měrného náboje elektronu
- Ing. Marie Svobodová: Dopplerův jev + vzduchová dráha
- Michal Kazda: Mikrovlny
- Ing. Jiří Bočan: Spektrometrie záření gama
- Ing. Marie Svobodová: Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech
- Ing. Vladimír Pospíšil: Zeemanův jev
- Bc. Miroslav Krůs: Základní experimenty s lasery
- Ing. Zuzana Sekerešová: Měření rychlosti světla
- Ing. David Tlustý: Balmerova série vodíku
- Bc. Miroslav Krůs: Palivový článek
- Martin Kubič: Základní experiment fyziky plazmatu
- Ing. Vladimír Pospíšil: Termodynamické zákony v praxi
- doc. Dr. RNDr. Miroslav Karlík: Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- Ing. Martin Němec: Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic
- Ing. Petr Pauš: Počítačové zobrazování fraktálních množin
- Ing. Robert Straka: LINUX Lab
- RNDr. Lenka Černá: Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek.
- Dr. Ing. Milan Šňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
- Ing. Vladimír Chalupecký: Algoritmy pro počítačovou grafiku
- Ing. Petr Ambrož, Ph.D.: Teorie čísel a šifrování
- Jaroslav Adam: Mlžná komora
- Ing. Petr Sedlák: RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR
- Ing. Jan Siegl, CSc.: Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie
- Ing. Václav Štěpán, Jakub Kákona: Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla

- Mgr. Aleš Vetešník, Ph.D.: Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením
- Ing. Rudolf Klepáček: Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie
- Ondřej Huml: Identifikace neznámého zářiče použitím gama spektroskopie
- Ing. Gonzalo Cabal: Gama záření z přírodních zdrojů
- Ing. Ondřej Svoboda: Úvod do chaotické dynamiky.
- Ing. Jan Frýbort: Kritický stav jaderného reaktoru
- Ing. Josef Voltr, CSc.: Doutnavý výboj
- RNDr. Lenka Thinová, Ing. Katka Rovenská: Je bezpečněji v podzemí nebo u Temelína?
- Ing. Hynek Lavička, Ph.D.: Modelování fyzikálních dějů pomocí metody Monte Carlo
- Ing. Jiří Martinčík: Termoluminiscenční dozimetrie
- Jan Stránský: Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie
- Ing. Rostislav Silber, CSc.: Plynová chromatografie
- Ing. Lenka Trnková: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Mgr. Jaroslav Bielčík, Ph.D.: Co se stane, když se na LHC srazí dva protony?
- Ing. Martin Fibrich: Pevnolátkový laser a jeho vlastnosti
- Ing. Jakub Svoboda: Holografie - záznam obrazového hologramu
- Ing. Milan Květoň: Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce?
- Ing. Michal Marcisovský, RNDr. David Břeň, Ph.D.: Mionový detektor

MINIKONFERENCE - Břehovka, čtvrtek:

Společné přednášky v Aule 103

Chairperson: Ondřej Perutka

8.00 Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

8.15 Měření rychlosti světla

8.30 Základní experimenty s lasery

8.45 Pevnolátkový laser a jeho vlastnosti

9.00 Holografie - záznam obrazového hologramu

9.15 e/m - měření měrného náboje elektronu

Posterová sekce (9.30-10.15)

Chairperson: František Batysta

- Radiální zátěž od kosmického záření na palubě letadla
- Mikrovlny
- Teorie čísel a šifrování
- Termodynamické zákony v praxi
- Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech
- Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR
- Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie

Paralení přednášky - aula 115

Chairperson: Štěpán Timr

10.15 Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením

10.30 Plynová chromatografie

10.45 Termoluminiscenční dozimetrie

11.00 Je bezpečněji v podzemí nebo u Temelína?

11.15 Gama záření z přírodních zdrojů

11.30 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

Paralení přednášky - posluchárna 114

Chairperson: Vojtěch Mikšů

10.15 Algoritmy pro počítačovou grafiku

10.30 Počítačové zobrazování fraktálních množin

10.45 LINUX Lab

11.00 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I

11.15 Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic

11.30 Modelování fyzikálních dějů pomocí metody Monte Carlo

Paralení přednášky - místnost 111

Chairperson: Martin Zábranský

10.15 Identifikace neznámého zářiče použitím gama spektroskopie

10.30 Spektrometrie záření gama

- 10.45 Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6
- 11.00 Balmerova série vodíku
- 11.15 Kritický stav jaderného reaktoru
- 11.30 Palivový článěk

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Pavel Motal

- 10.15 Zeemanův jev
- 10.30 Doutnavý výboj
- 10.45 Základní experiment fyziky plazmatu
- 11.00 Mlžná komora
- 11.15 Mionový detektor
- 11.30 Co se stane, když se na LHC srazí dva protony?

Společné přednášky v Aule 103

Chairperson: Jakub Dohnal

- 12.30 Úvod do chaotické dynamiky.
- 12.45 Dopplerův jev + vzduchová dráha
- 13.00 Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek.
- 13.15 RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
- 13.30 Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce?
- 13.45 Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie
- 14.00 **Zakončení,konec FT**

Letošní FT je opět doprovázen CD.



(Mandelbrotova množina na šestou. Poděkování skupině "Počítačové zobrazení fraktálních množin".)

Měření měrného náboje elektronu e/m

O. Maslikiewicz, SPŠ Hronov

o.maslik@seznam.cz

P. Černý, Gymnázium Český Brod, Vítězná 616

cerny.pvl@gmail.com

Fyzikální laboratoř FJFI ČVUT, Břehová 7

Abstrakt

Měrný náboj elektronu je často používaná fyzikální konstanta. Naším úkolem bylo změřit tuto konstantu pomocí dvou metod: v kolmém a podélném magnetickém poli. Průměr námi naměřených hodnot v kolmém magnetickém poli je $e/m = (1,68144 \pm 0,085) \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1}$. V podélném magnetickém poli je tato hodnota $e/m = (1,98043 \pm 0,05) \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1}$. Tabulková hodnota pro měrný náboj elektronu je $e/m = 1,7588047 \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1}$.

1 Úvod

Měrný náboj elektronu je poměr jeho elektrického náboje k jeho hmotnosti. Pro měření jsme použili dvě metody, obě dvě založeny na pozorování zakřivení dráhy elektronů v magnetickém poli. V kolmém magnetickém poli je proud elektronů vystřelován kolmo na vektor intenzity magnetického pole, které zakřivuje trajektorii těchto elektronů do tvaru kružnice. V podélném magnetickém poli je proud elektronů vystřelován ve stejném směru v jakém působí vektor intenzity magnetického pole.

2 Měření e/m

Kolmé magnetické pole

Pomůcky

Pro tento pokus je zapotřebí vzduchotěsně uzavřená baňka naplněná vzácným plynem, popř. vodíkem za sníženého tlaku. Uvnitř baňky je katoda, která vystřeluje elektrony. Baňka je umístěna mezi Helmholtzovými cívkami, které generují homogenní magnetické pole. Dále je zapotřebí zdroj elektrického napětí a proudů a také voltmetr a ampérmetr.

Princip

Trajektorie elektronů vystřelených kolmo k magnetickému poli je zakřívována do kružnice, jejíž poloměr je určen velikostí odstředivé síly a Lorentzovy síly, které se sobě rovnají, ale působí opačným směrem. Lorentzova síla vzniká při pohybu elektronu v magnetickém poli a definujeme ji jako:

$$\vec{F}_L = e \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

Kde: e je elektrický náboj elektronu, v je rychlost elektronu a B magnetická indukce.
Odstředivá síla působící na elektron:

$$\vec{F}_o = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

Kde: m je hmotnost elektronu, v je jeho rychlost a r je poloměr kružnice opsané tímto elektronem v magnetickém poli.

Po dosazení do rovnosti pravých stran rovnic (1), (2) dostaneme rovnici:

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

Pro kinetickou energii elektronu platí:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \quad (4)$$

Kde: m je hmotnost elektronu, v je jeho rychlost, e je elektrický náboj elektronu a napětí U je přivedené do zařízení.

Užitím vztahů (3) a (4) dostáváme vztah pro měrný náboj elektronu:

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

Magnetická indukce B je dána vztahem:

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

Kde: μ permeabilita vakua, N je počet závitů, R je střední poloměr cívek a a je polovina vzdálenosti cívek. Pro náš případ je $N=130$ závitů, $a=0,075\text{m}$ a $R=0,15\text{m}$.

Po použití vzorců (5) a (6) dostaneme vzorec:

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

Po přivedení proudu a napětí do zařízení vznikne mezi cívkami homogenní magnetické pole a z katody jsou emitovány elektrony. Díky ionizaci vodíku elektrony je v baňce emitováno světlo modré záření, které můžeme pozorovat pouhým okem. Magnetické pole způsobuje zakřivení trajektorie proudu elektronů a ty tak vytváření kružnici, jejíž průměr měříme.

Naměřené hodnoty

Pomocí voltmetru a ampermetru měříme napětí a proud přiváděný do soustavy a následně měříme průměr kružnice, který je ovlivněný kombinací předchozích veličin a dosadíme do tabulky, a pomocí tabulkového procesoru vypočítáme k a následně e/m .

d [m]	I [A]	U [V]	k [TA ⁻¹]	e/m [C/kg]
0,120	1	200	0,000779291	8,2963E+11
0,094	1,3	200	0,000779291	7,6435E+11
0,063	2	200	0,000779291	6,5953E+11
0,102	1,3	225	0,000779291	6,8574E+11
0,067	2	225	0,000779291	6,507E+11
0,056	2,5	225	0,000779291	5,1225E+11
0,108	1,3	250	0,000779291	6,7071E+11
0,069	2	250	0,000779291	7,2933E+11
0,102	1,5	300	0,000779291	6,8824E+11
0,078	2	300	0,000779291	6,2393E+11
Průměr:				1,68144E+11

Tabulka č.1: naměřené hodnoty v kolmém magnetickém poli.

Výsledná hodnota pro měření v kolmém poli je: $e/m = (1,68144 \pm 0,085) \cdot 10^{11} \text{Ckg}^{-1}$

Podélné magnetické pole

Pomůcky

Pro tento pokus je zapotřebí cívka (solanoid) do níž je vsunuta osciloskopická obrazovka.

Princip

Elektrony jsou vystřelovány téměř rovnoběžně s vektorem magnetické indukce vytvořené magnetickým polem solanoidu. Elektrony nejsme schopni vystřelit úplně rovnoběžně, proto je mezi vektorem magnetické indukce a vektorem pohybu elektronu malý úhel. Tyto elektrony vytvářejí spirálu. Každý elektron vytváří spirálu s jiným poloměrem, ale všechny se střetávají v několika stejných bodech po stejné periodě. Naším úkolem je nastavit proud a napětí tak, aby tento bod byl přímo na stínítku osciloskopické obrazovky. Pak můžeme pomocí hodnot odečtených z přístrojů určit e/m . Rychlost, kterou se pohybuje elektron, můžeme rozdělit na dvě složky; na kolmou a na rovnoběžnou s vektorem magnetické indukce. Na rovnoběžnou složku této rychlosti nemá magnetická indukce žádný vliv, kolmá složka rychlosti způsobí vznik Lorentzovy síly a tedy pohyb po kružnici. Při složení těchto dvou pohybů vznikne spirála. Magnetická síla působící na elektron:

$$F = ev_k B \quad (8)$$

Kde: v_k je kolmá složka rychlosti elektronu

Tato síla musí být rovna síle odstředivé:

$$\frac{mv_k^2}{r} = ev_k B \quad (9)$$

Z tohoto vztahu můžeme vyjádřit kolmou složku rychlosti:

$$v_k = \frac{e}{m} \cdot Br \quad (10)$$

Doba T , za kterou elektron opíše celou kružnici je:

$$T = \frac{2\pi r}{v_k} = \frac{2\pi}{\frac{e}{m} B} \quad (11)$$

Ze vztahu je vidět že doba T nezávisí na poloměru kružnice.

Pro kinetickou energii elektronu platí:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \quad (12)$$

Elektrony vylétávají ze stejného místa a za stejnou dobu se opět setkají. Tato vzdálenost lze vyjádřit za pomoci vztahu (11):

$$l = vT = \frac{2\pi v}{\frac{e}{m} B} \quad (13)$$

Po vyjádření rychlosti v ze vztahu (12) a dosazením do vztahu (13) dostáváme vztah pro výpočet druhé mocniny vzdálenosti l :

$$l^2 = \frac{8\pi^2 U}{B^2 \frac{e}{m}} \quad (14)$$

Ze vztahu (14) lze vyjádřit e/m :

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{B^2 l^2} \quad (15)$$

Kde: U je napětí přivedené na osciloskopickou obrazovku
Magnetická indukce:

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \quad (16)$$

Kde: N je počet závitů u cívky, v našem případě 174, l je délka cívky, v našem případě 0,381m

Do zařízení přivedeme napětí a měníme proud do té doby, dokud se nám na osciloskopické obrazovce nezobrazí pouze jeden bod (průsečík spirál). Poté zapíšeme hodnoty napětí a proudu do tabulky a necháme spočítat naším oblíbeným tabulkovým procesorem.

I [A]	B [T]	U [V]	e/m [C/kg]
3,62	0,002077508	650	1,91787E+11
3,90	0,002238199	750	1,90658E+11
4,07	0,002335762	850	1,98405E+11
4,25	0,002439063	950	2,03361E+11
4,52	0,002594016	1050	1,98717E+11
4,72	0,002708795	1150	1,99589E+11
4,87	0,00279488	1250	2,03786E+11
Průměr:			1,98043E+11

Tabulka č. 2: Naměřené hodnoty v podélném magnetickém poli.

Námi naměřená hodnota v podélném poli je: $e/m = (1,98043 \pm 0,051) \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1}$.

3 Závěr

Měření měrného náboje elektronu jsme provedli dvěma metodami

a) v kolmém magnetickém poli, kde nám vyšla hodnota

$$e/m = (1,68144 \pm 0,085) \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1}$$

b) v podélném magnetickém poli, kde nám vyšla hodnota

$$e/m = (1,98043 \pm 0,051) \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1}$$

pro porovnání, tabulková hodnota je $e/m = 1,7588047 \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1}$.

Naše měření nebylo úplně přesné z důvodu zanedbání magnetického vlivu rušení a z důvodu nepřesnosti přístrojů.

Poděkování

- Našemu supervizorovi Pavlovi Linhartovi
- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT

Reference

- [1] <http://praktika.fjfi.cvut.cz/edm/node1.html>
- [2] Linhart, P., Chytka, L. *Měření e/m*
- [3] <http://cs.wikipedia.org>
- [4] Kadlčík, L., Čada, J. *e/m – měření měrného náboje elektronu*
- [5] Štoll, I.: *Elektřina a magnetismus*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1994

Vzduchová dráha a Dopplerův jev

Jan Tomášek – tomasek.jan@ssakhk.cz

Střeni škola aplikované kybernetiky Hradec Kralové

Jan Bednařík – Yanxn@seznam.cz

Gymnázium Šternberk

Vzduchová dráha

Abstrakt:

Cílem našeho bádání bylo ověřit druhý Newtonův zákon a zákon zachování energie. Oba zákony jsme potvrdili: Zákon zachování energie za pomoci nakloněné vzduchové dráhy a druhý Newtonův zákon na základě urychlování vozíku na vzduchové dráze za pomoci závaží.

Úvod

Cílem je ověřit platnost dvou základních fyzikálních zákonů: zákon zachování energie a 2. Newtonův zákon.

Popis pokusu na vzduchové dráze

Vzduchová dráha nám umožňuje provádět pokus s minimálním třením a tím získat co nejpřesnější výsledky.

Zákon zachování energie

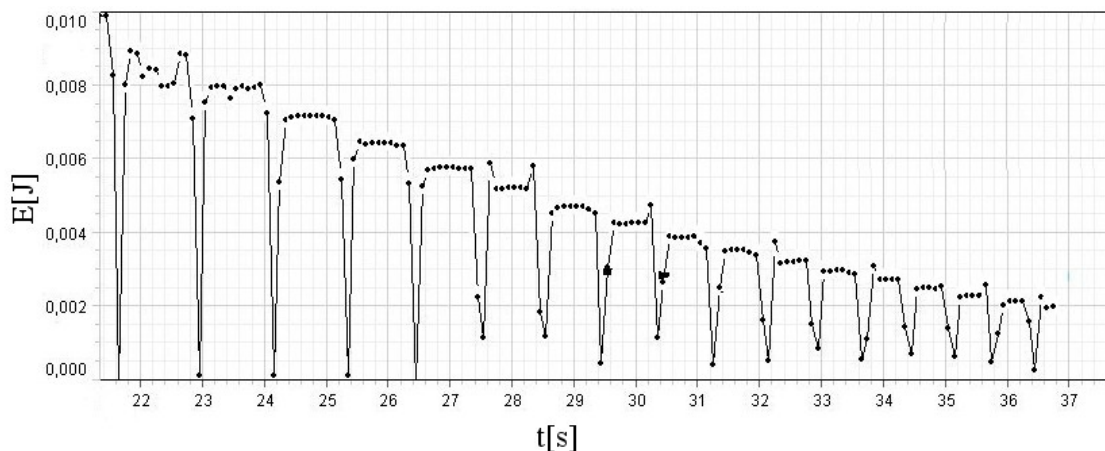
Náš vozík o hmotnosti m jsme spouštěli po dráze l nakloněné pod úhlem α . K měření jsme použili ultrazvukovou sondu, která nám umožňovala zjistit průběžnou vzdálenost a program Datastudio nám pomohl následně vykreslit průběh vzdálenosti na čase. Dále jsme v programu nechali vykreslit energii polohovou $E_p = m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot l$, kinetickou $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v$ a jejich výslednici.

Jak je vidět na Grafu 1, celková energie postupem času klesá vlivem nedokonalého odrazu na gumičce.

Druhý Newtonův zákon

Vozík o hmotnosti m je položen na vodorovné dráze a přes kladku je k němu připevněno závaží o hmotnosti M . Podle 2. Newtonova zákona by závaží mělo udělit zrychlení vozíčku přímo úměrné součtu obou hmotností. K pozorování jsme opět použili program Datastudio. Naměřená data závislosti vzdálenosti na čase jsme proložili kvadratickou funkcí a odečetli její kvadratický koeficient (A), který se rovná jedné polovině zrychlení.

Jak je vidět v tabulce 1, odchylka vypočteného a změřeného zrychlení je $(0.05 \pm 0.02) \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



Graf 1 – znázorňuje závislost výslednice Energie E [J] na čase t [s]

hmotnost vozíku	hmotnost závaží	změřené zrychlení	vypočtené zrychlení	odchylka
m [g]	m [g]	a [m/s ²]	a [m/s ²]	Δ [1]
208.100	6.500	0.206	0.297	0.091
208.100	2.000	0.058	0.093	0.035
208.100	31.400	1.174	1.286	0.112
208.100	21.600	0.920	0.922	0.002
307.700	2.000	0.057	0.063	0.006
307.700	6.500	0.200	0.203	0.003
307.700	21.600	0.470	0.643	0.173
307.700	31.400	0.918	0.908	-0.010

tabulka 1 – Naměřené hodnoty pro ověření 2. Newtonova zákona

Shrnutí

Během našeho pokusu se nám podařilo prokázat jak zákon zachování energie, tak 2. Newtonův zákon.

Dopplerův jev

Abstrakt:

Naším měřením jsme se snažili prokázat pravdivost Dopplerova jevu a zjistit, zda je měřitelný v laboratorních podmínkách.

Úvod

Dopplerův jev popisuje změnu frekvence přijímaného signálu vůči vysílanému signálu. Jev byl poprvé popsán Christianem A. Dopplerem v roce 1842 v monografii „Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels“. Tento jev se využívá při určování rychlosti a směru vesmírných těles.

Popis pokusu

K ověření pokusu jsme použili: vysokofrekvenční vysílač, který byl připevněn na pohybujícím se vozítku, a vysokofrekvenční přijímač, který byl upevněn proti vysílači a zapojen do digitálního multimetru, který nám zjišťoval přijímanou frekvenci.

Nejprve bylo potřeba zjistit, jakou rychlostí se vozíček s vysílačem pohybuje, což jsme provedli pomocí stopky a znalosti délky dráhy. Pak jsme zjistili klidovou frekvenci vysílaného signálu. Následně jsme uvedli vozíček do rovnoměrného přímočarého pohybu a pozorovali jsme změnu frekvence, nejprve při pohybu směrem od přijímače a následně při pohybu směrem k přijímači.

Změřený výsledek jsme porovnávali s hodnotou vypočtenou podle vzorce:

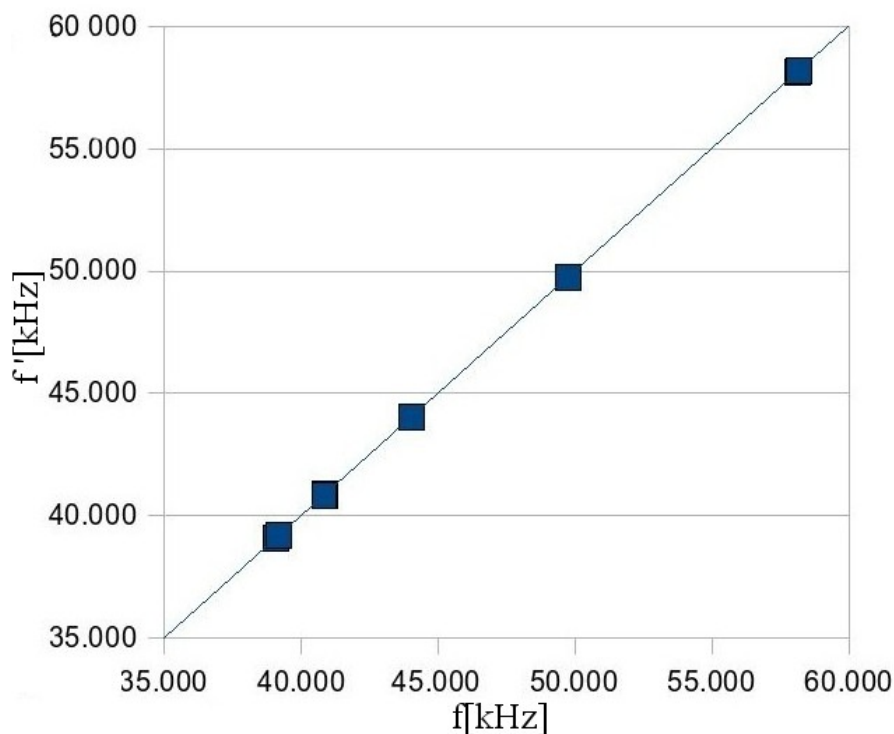
$$f = f_0 \frac{v}{v - v_{s,r}} \quad (1)$$

kde f je přijímaná frekvence, f_0 je frekvence vysílaná, v je rychlost šíření vln v dané látce (zvuku) a $v_{s,r}$ je rychlost vysílače vůči přijímači (přibližování => kladná, oddalování => záporná).

Výsledky tohoto experimentu potvrzují teorii, jak je vidět z grafu 2 a tabulky 2. Nejlepších výsledků jsme dosahovali u klidové frekvence 40kHz.

Rychlost [m/s]	Klidová frek. [kHz]	vzdalování vysílače		přibližování vysílače	
		Měření [kHz]	Výpočet [kHz]	Měření [kHz]	Výpočet [kHz]
0.451	58.230	58.140	58.154	58.300	58.306
0.451	49.830	49.770	49.765	49.900	49.895
0.451	40.915	40.870	40.862	40.970	40.968
0.626	40.920	40.850	40.846	41.010	40.994
0.626	58.230	58.140	58.125	58.340	58.335
0.626	39.175	39.110	39.104	39.240	39.246
0.220	39.230	39.210	39.205	39.260	39.255
0.220	44.070	44.040	44.042	44.090	44.098
0.220	58.240	58.190	58.203	58.275	58.277

Tabulka 2 – změna frekvence v tabulce



graf 2 – závislost námi naměřených hodnot f' na teoretických hodnotách f

Shrnutí

Námi naměřené hodnoty byly velmi blízké hodnotám vypočteným, tudíž jsme Dopplerův jev potvrdili v plném znění. Překvapilo nás, jak přesných výsledků se nám dostalo. Kromě výměny baterií jsme se nesetkali s žádným problémem.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našim rodičům za zaplacení fyzikálního týdne, Ing. Marii Svobodné a Ing. Zuzaně Sekerešové za psychickou podporu a pomoc v laboratoři a v neposlední řadě panu Dopplerovi a panu Newtonovi za teorie, které jsme mohli ověřovat.

Reference:

- [1] Wikipedia – http://cs.wikipedia.org/wiki/Dopplerův_jev
- [2] Strýček google – <http://www.google.com>
– <http://images.google.com>
- [3] Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2004 : Zborník příspěvků
- [4] <http://www.quido.cz/fyzika/103fyzika.htm>

Mikrovlny a jejich použití v praxi

Jindřich Košťál, Gymnázium Vysoké Mýto, jikos@seznam.cz

Miroslav Lalouček, SPŠ Vlašim, laloucek@seznam.cz

Helena Paschkeová, Gymnázium, Brno – Řečkovice, Ebelka@seznam.cz

Abstrakt:

Mikrovlnné záření je běžnou součástí každodenního života. Jedná se o elektromagnetické záření o frekvencích 300 MHz až 300 GHz. Naše práce shrnuje jeho vlastnosti, stejně jako jeho užití a výskyt v praxi.

1 Úvod

Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny o frekvencích 300 MHz až 300 GHz a odpovídající vlnové délce od 1 metru po 1 milimetr. Jsou svým chováním velmi podobné viditelnému světlu. V dnešním moderním světě mají široké využití. Používají se nejen k ohřevu potravin, ale i k vysoušení knih či tkanin, obrábění materiálů, přenosu informací, radiolokaci, restaurování uměleckých děl, navigaci a v mnoha dalších odvětvích.

2 Historie

První setkání s elektromagnetickými vlnami (a tedy i mikrovlnami) učinil James Clerk Maxwell svými známými rovnicemi v roce 1886. Dva roky po té demonstroval existenci mikrovln Heinrich Hertz na své aparatuře, která detekovala a produkovala mikrovlny ve spektru velmi krátkých vln (řádově 30 – 300 MHz). Využití mikrovln k ohřevu potravin poprvé použil Percy Spenser, když se mu při výrobě magnetronu pro radar firmě Raytheon roztavila v kapse čokoláda.

3 Vlastnosti mikrovln

V našem projektu jsme zkoumali chování mikrovln v prostoru. Především jsme se soustředili na jejich šíření, polarizaci a moderní využití v praxi.

Použité vybavení

K našim experimentům jsme použili Gunnův oscilátor, který vysílá vertikálně polarizované vlnění o stálé frekvenci 9,4 GHz. Pro detekci záření jsme použili sondu, kterou jsme za použití zesilovače připojili k počítači. Výsledky jsme po té zpracovávali programem DataStudio.

Polarizace

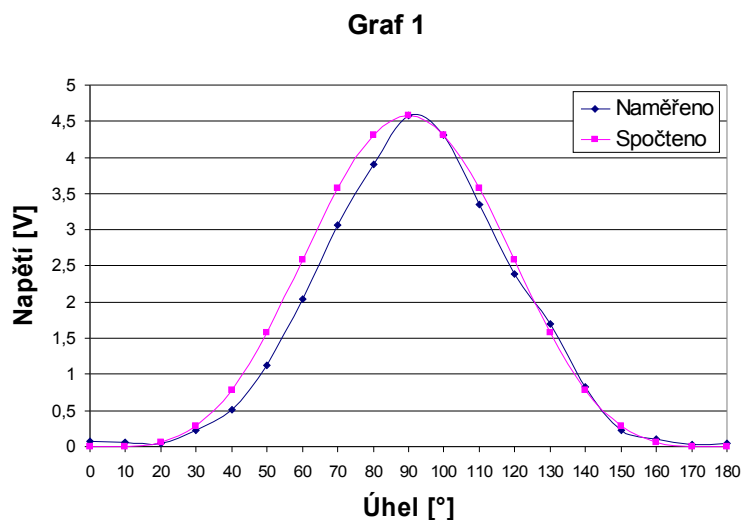
Gunnův oscilátor vysílá lineárně polarizované záření, tzn. že vektor elektrické intenzity kmitá stále v jednom směru. Kvantitativně tento jev popisuje Malusův zákon:

$$I(\theta) = I_0 \cdot \cos^2(\theta) \quad (1)$$

kde I_0 je maximální intenzita záření a θ je úhel mezi vektorem intenzity a propustným směrem polarizátoru. Polarizátor je filtr, který má tu vlastnost, že propouští vlnění polarizované jen v určitém směru. Protože při samotném měření sonda elektrického pole nemůže detekovat veškeré dopadající záření, používáme upravený Malusův vzorec:

$$I(\theta) = I_0 \cdot \sin^4(\theta) \quad (2).$$

Naměřené hodnoty jsme zanesli do grafu č. 1.

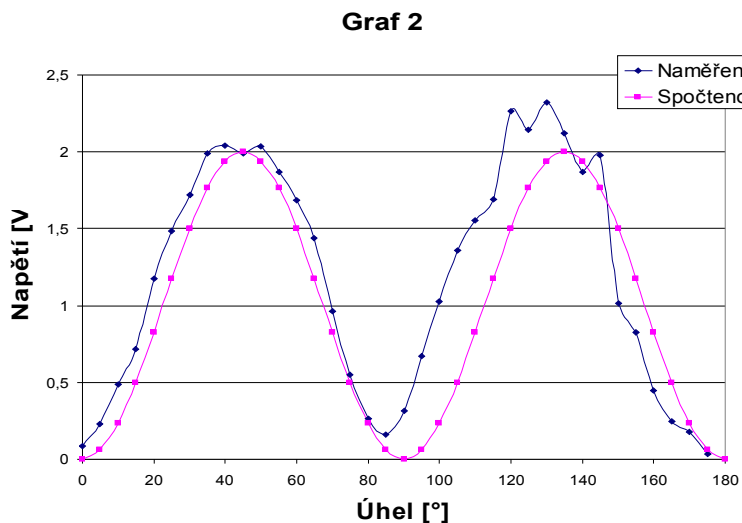


Graf 1: Měření polarizace při vertikálním nastavení sondy

Pro polohu sondy kolmo na osu zářiče je vzorec opět upraven do následující podoby:

$$I(\theta) = 4 \cdot I_0 \cdot \cos^2(\theta) \cdot \sin^2(\theta) \quad (3)$$

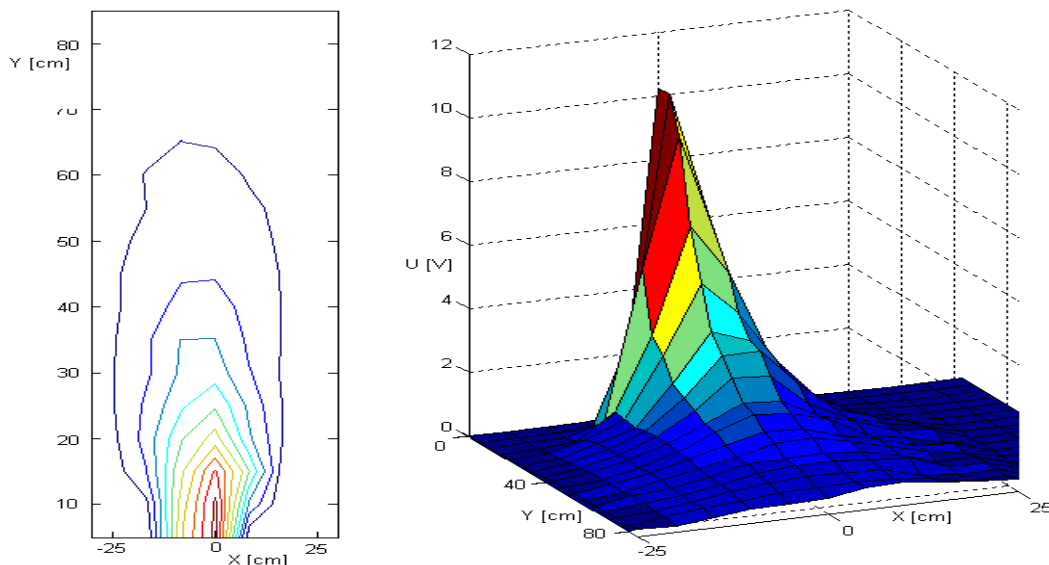
Naměřené i teoreticky vypočítané hodnoty jsme zanesli do grafu č. 2.



Graf 2: Měření polarizace při horizontálním nastavení sondy

Rozložení intenzity elektromagnetického pole

V okolí zdroje vzniká elektromagnetické záření, které má různou intenzitu v závislosti na vzdálenosti od zdroje. Jednotlivé hodnoty napětí na sondě (měří elektrické pole) jsme měřili na čtvercové síti 11×17 a po té zobrazili v MATLABu.



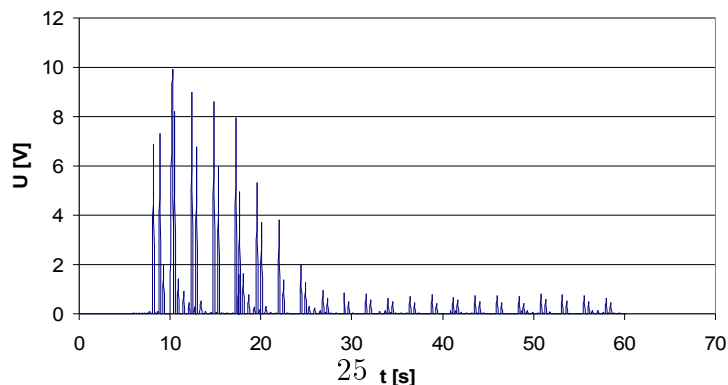
Graf 3: Rozložení intenzity el pole před Gunnovým oscilátorem

Komunikace mobilního telefonu a jeho vyzařování do okolí

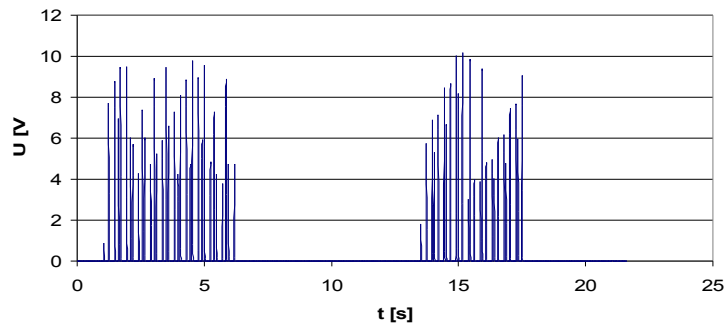
Vyzkoušeli jsme odezvu sondy elektrického pole na mobilní telefon. Telefon jsme přiložili do vzdálenosti 1 cm od sondy zadní stěnou směrem k sondě a pomocí programu DataStudio jsme zaznamenali intenzitu elektrického pole okolo něj. Proměřili jsme odeslání i přijetí SMS, stejně jako reakci na odchozí a příchozí hovor. Naměřené intenzity jsou vykresleny v grafech pod textem. Stejná měření jsme provedli i s telefonem namířeným přední stranou k sondě, zde však měřená intenzita byla prakticky nulová.

Jak je vidět z grafu volání, intenzita při příchozím hovoru klesne zhruba po 15 s na zhruba 8 % z maximální hodnoty. Po zvednutí hovoru již k žádné změně nedochází, intenzita klesá na nulu v okamžiku ukončení hovoru.

Reakce sondy na prozvonění telefonu



Reakce sondy na odeslání sms a přijetí výpisu



Pokusy s mikrovlnnou troubou

Úkolem bylo změřit stojaté vlnění v mikrovlnné troubě. První měření jsme provedli s teplocitlivým faxovacím papírem. Postupem času se na papíře vytvořily tmavé kruhy. Byly ovšem velice nezřetelné. Proto jsme se rozhodli pokus zopakovat s bobtnajícími marschmallowny. Výsledky pokusu můžete pozorovat níže na fotce. Změřili jsme nejmenší vzdálenost mezi uzly na 6 cm. Jedná se tedy o polovinu vlnové délky stojaté vlny. Vlnová délka je tedy 12 cm. Podle vztahu $c = \lambda \cdot f$ vychází, že by mikrovlnka měla dodávat vlnění o frekvenci 2,5 GHz. Mikrovlnka ve skutečnosti září na frekvenci 2,4 GHz, proto jsme dostali relativně dobrý odhad.



Obrázek 1: Demonstrace výskytu stojatých vln v mikrovlnce

4 Shrnutí

Mikrovlny mají stejnou podstatu jako světlo, je to elektromagnetické záření. V našem projektu jsme potvrdili, že Gunnův oscilátor (o výkonu 20 mW) vyzařuje lineárně polarizované mikrovlnné záření a také jsme proměřili jeho intenzitu před zářičem. Z tohoto měření jsme zjistili, že toto pole klesne na 10% původní hodnoty již po 70 cm a dále klesá.

Dále jsme měřili odezvu sondy na mobilní telefon a stojaté vlnění v mikrovlnné troubě. Potvrdili jsme, že mikrovlnné záření se hojně využívá v praxi.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat pořadatelům Fyzikálního týdne a našemu supervizorovi Michalu Kazdovi.

Reference:

- [1] doc. Ing. Ivan Stoll, CSc., Elektřina a magnetismus, Vydavatelství ČVUT Praha, 1998
- [2] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrovlny>
- [3] <http://fyzika.fj.cvut.cz>

Spektrometrie záření gama

M. Kroupa, Gymnázium Děčín, trellac@centrum.cz

B. Dvorský, Gymnázium Šternberk, bohuslav.dvorsky@seznam.cz

Abstrakt

Tento článek pojednává o spektroskopii záření gama. Bylo měřeno spektrum gama záření cesia (^{137}Cs), kobaltu (^{60}Co), Americia (^{241}Am), barya (^{133}Ba) a neznámého radionuklidu, který byl následně identifikován jako ^{22}Na .

1. Úvod

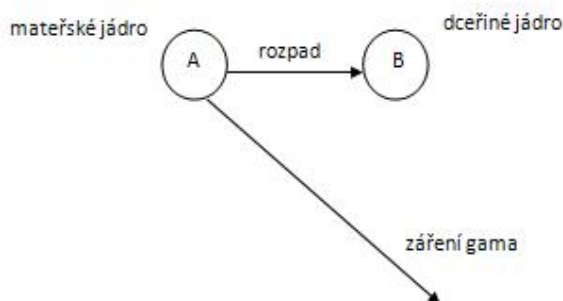
Spektrometrie je vědní disciplína, zabývající se měřením energetických spekter látek, s její pomocí jsme schopni určit prvky na základě jejich gama záření, které je specifické pro každý prvek.

2. Teoretická část

Radioaktivita

Radioaktivita je děj, při kterém se nestabilní jádra atomů určitého prvku samovolně přeměňují na jádra stabilní nebo také nestabilní jiného prvku za současného vyslání energetického záření. Atomům s tímto chováním se říká radionuklidy.

Radioaktivita zahrnuje několik druhů záření. Tato záření se dělí podle typu a elektrického náboje vyletujících částic do 3 kategorií: α záření, β záření a γ záření. α záření tvoří vyletujcí jádra ^4He , β záření, které se dále dělí na β^+ a β^- , je představováno po řadě pozitrony nebo elektrony. Konečně γ záření je tvořeno fotony.



Spektrometrie gama záření

Hlavní úlohou spektrometrie záření gama je určování energií fotonů gama, které radionuklidy vyzařují. Dále se získávají informace o relativních intenzitách skupin fotonů. Jednotlivé energetické skupiny fotonů gama vyzařovaných jedním jádrem se ve spektru zobrazují jako příslušné píky (z angl. peak – vrcholek, špička), přičemž energie záření určuje polohu píku na vodorovné energetické ose spektra, a intenzita udává plochu pod píkem a jeho výšku.

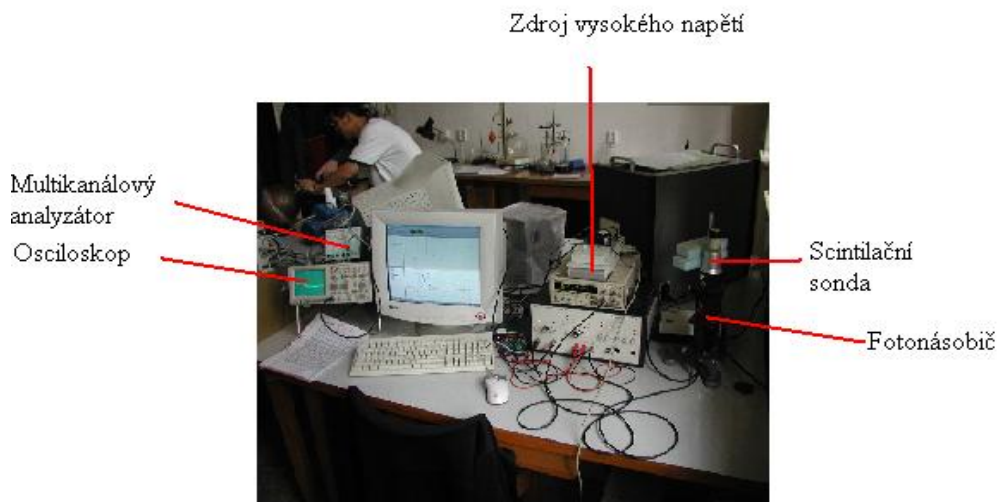
Gama záření

Gama záření se liší od RTG záření tím, že pochází z jádra. Energie fotonů je v rozmezí řádově od desítek kiloelektronvoltů až po jednotky megaelektronvoltů. Elektronvolt (značka eV) je jednotka energie, která odpovídá energii, kterou získá jedenkrát nabitá částice urychlená napětím jednoho voltu; platí $1 \text{ eV} = 1,602\,176\,53 \times 10^{-19} \text{ J}$. Záření gama je ionizující záření a je pronikavější než například α záření nebo β záření. Záření gama nachází široké uplatnění v jaderném i nejaderném výzkumu, ve zkoumání životního prostředí (identifikace zdrojů znečištění), v lékařství (sterilizace nástrojů, Leksellův gama nůž, moderní zobrazovací metody), v potravinářství (sterilizace) nebo v průmyslu (měření defektů materiálů).

3. Praktická část

Pomůcky a princip měření záření gama

Aparatura pro měření záření gama se skládá z následujících součástí: scintilační sonda (krystal NaI(Tl) s fotonásobičem), zdroj vysokého napětí NL2410 (800 V), multikanálový analyzátor PHYWE, osciloskop, osobní počítač, zdroje gama záření, USB link PASCO 2100 (viz obrázek 1). Pro nabírání spekter gama záření byl použit program MEASURE, pro analýzu dat program Origin 5.0.



Obr. 1 Experimentální aparatura pro měření spekter záření gama

Aparatura pro měření spekter záření gama funguje následujícím způsobem. Fotony neviditelného záření gama vycházející z radionuklidového zdroje záření vstupují do scintilačního krystalu NaI(Tl), v němž se mění na fotony ve viditelné oblasti spektra. To se projevuje světelnými záblesky v krystalu. Takto vzniklé fotony dopadají na vstupní část fotonásobiče (fotokatoda), kde se přeměňují na elektrony. Původní elektrony jsou fotonásobičem mnohonásobně (až 100 000 krát) znásobeny a po dopadu na výstupní část fotonásobiče (anoda) vytvářejí elektrický impuls, který je svou velikostí úměrný energii původního záření gama.

Elektrický signál je zpracován multikanálovým analyzátozem do formy aparaturního spektra. Spektrum je závislost počtu impulzů na příslušném kanálu; kanálem se rozumí jeden z intervalů energie, do nichž je celý měřený energetický rozsah rozdělen. Spektrum se nakonec akumuluje, zobrazuje a zpracovává pomocí počítače. Posledním krokem je nalezení závislosti čísla kanálu a odpovídající velikosti energie záření gama (energetická kalibrace aparatury).

Kalibrace

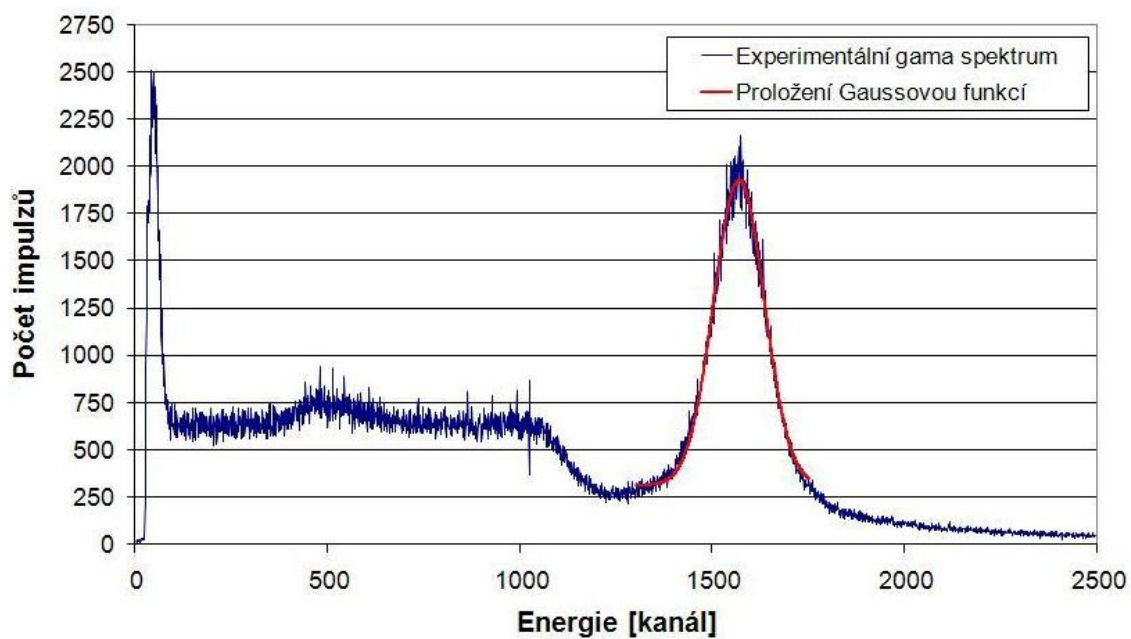
Energetická kalibrace aparatury byla provedena za pomoci následujících zářičů: ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am a ^{133}Ba . Příslušná gama spektra jsou uvedena na obrázcích 1 – 4. Energie zářičů odečtené z aparaturních spekter v kanálech a jim příslušné tabelované hodnoty energií v keV jsou shrnuty v tabulce 1. Z těchto hodnot byla nalezena lineární závislost mezi energií v kanálech a v kiloelektronvoltech ve tvaru:

$$E[\text{keV}] = A \times E[\text{kanál}] + B$$

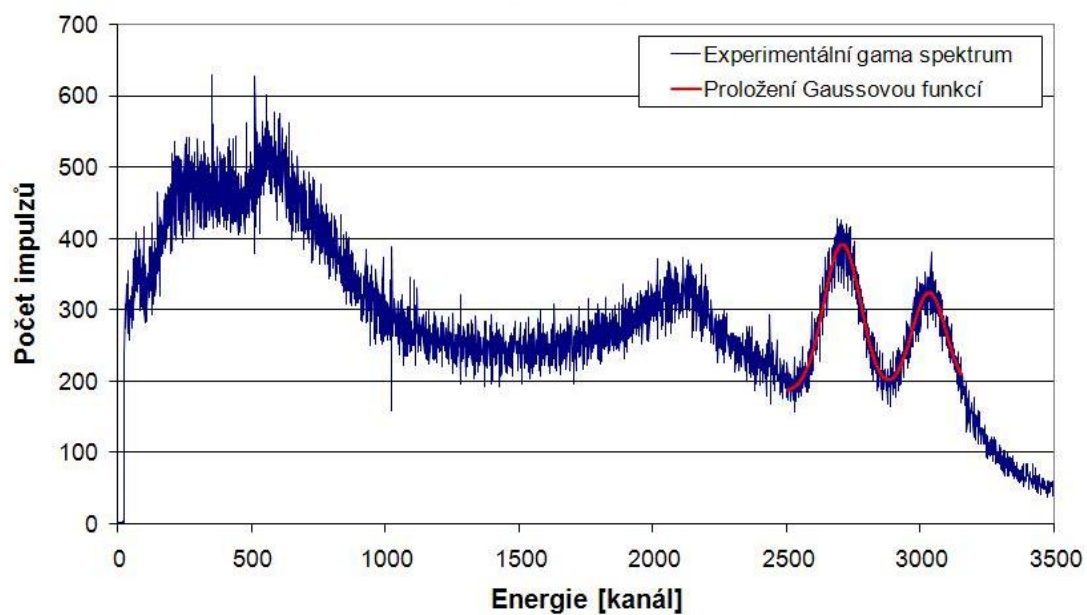
Výsledné hodnoty koeficientů A a B jsou: $A = 0,44342 \text{ keV/kanál}$, $B = -23,77729 \text{ keV}$.

Radionuklid	Energie [kanál]	Energie [keV]
^{137}Cs	1567,18	661,66
^{60}Co	2706,17	1173,23
	3030,74	1332,92
^{241}Am	160,99	59,54
^{133}Ba	217,19	80,99
	902,25	356,01

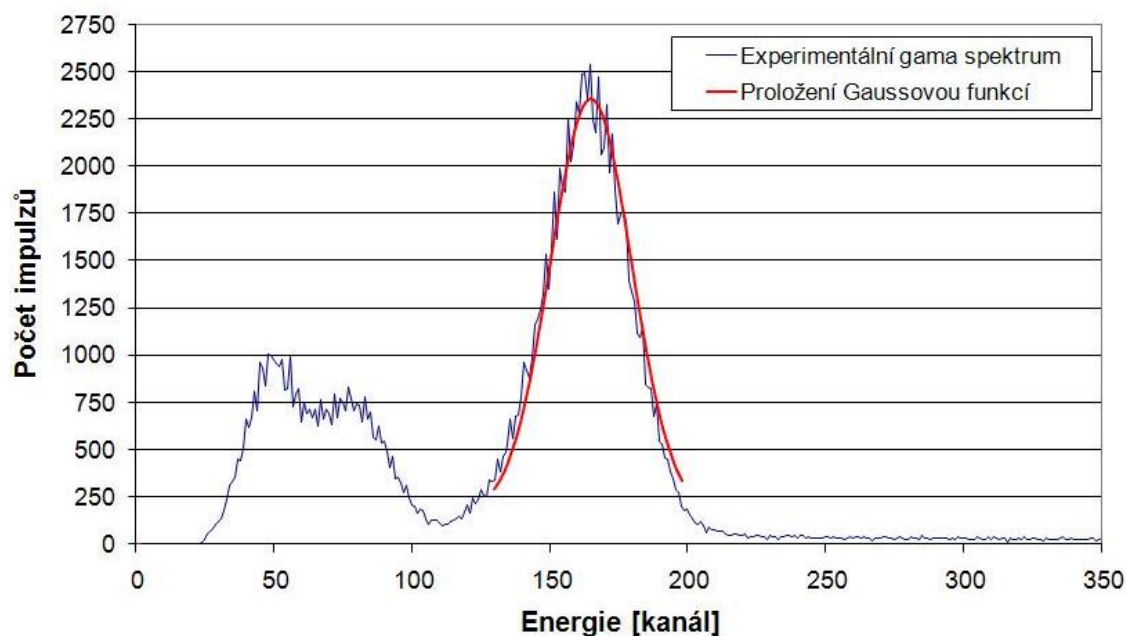
Tabulka 1 Naměřené a tabelované hodnoty energií záření gama



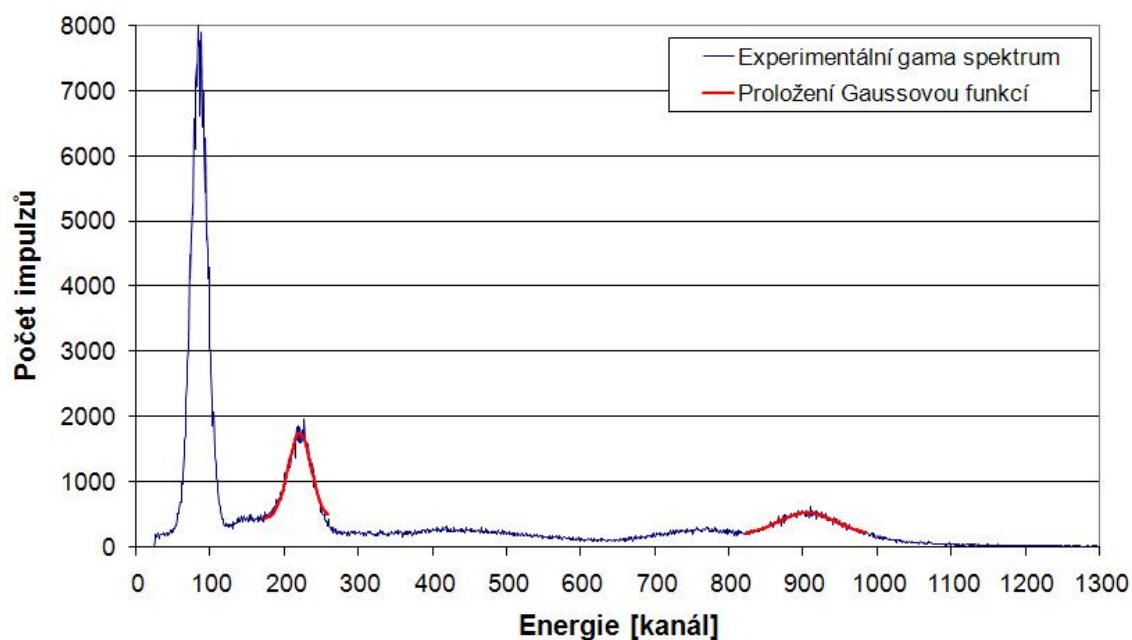
Graf 1 Spektrum záření gama zářiče ^{137}Cs



Graf 2 Spektrum záření gama zářiče ^{60}Co



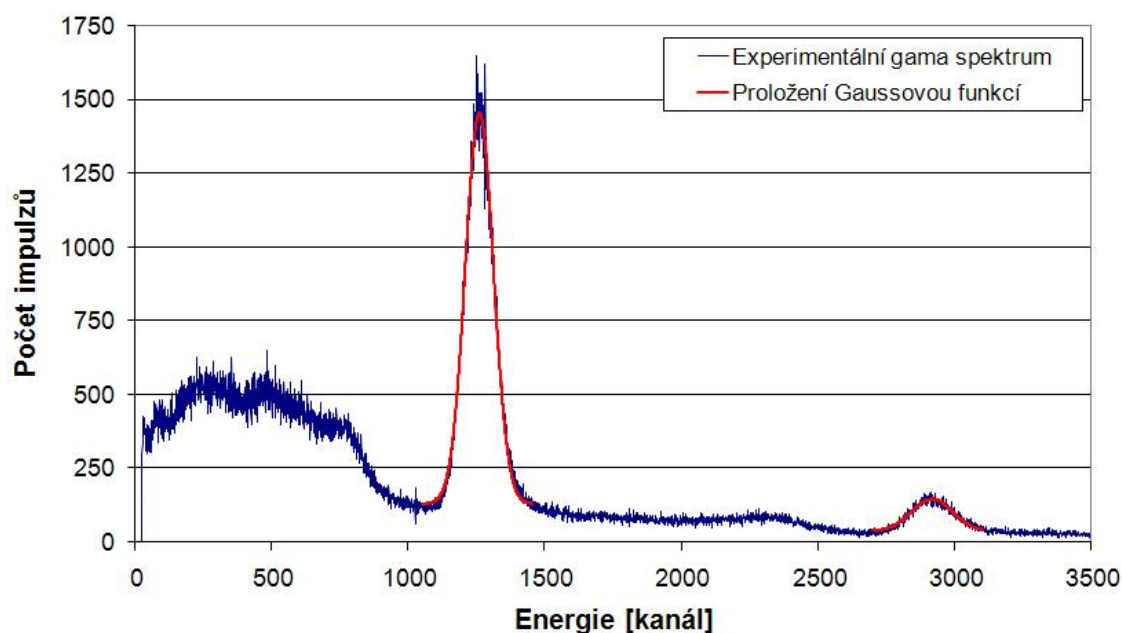
Graf 3 Spektrum záření gama zářiče ^{241}Am



Graf 4 Spektrum záření gama zářiče ^{133}Ba

Identifikace neznámého zářiče

Na základě provedené energetické kalibrace a analýzy energetického spektra neznámého zářiče (viz obrázek 5) byly nalezeny dva hlavní píky na kanálech 1258,06 (odpovídající energie 534,07 keV) a 2916,73 (odpovídající energie 1269,55 keV). Tento zářič byl identifikován jako ^{22}Na .



Graf 5 Spektrum záření gama neznámého zářiče (²²Na)

4. Shrnutí

V rámci miniprojektu „Spektrometrie záření gama“ proběhlo seznámení s praktickým měřením a vyhodnocováním spekter gama za pomoci zářičů ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co, ²⁴¹Am a ¹³³Ba. Po počítačovém zpracování spekter a kalibrování aparatury byl změřen i neznámý gama zářič, který byl následně identifikován s ²²Na.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI, organizačnímu týmu, ale zvláště našemu supervizorovi Ing. J. Bočanovi, který s námi měl trpělivost až do úplného konce a byl nám významnou studnou znalostí.

5. Reference

- [1] National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory,
http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/indx_dec.jsp.
- [2] The Isotopes Project Home Page, <http://ie.lbl.gov/>.
- [3] Spektrum gama záření; rentgenová fluorescenční spektroskopie,
<http://praktika.fjfi.cvut.cz/GammaSpektr/>.

Rezonanční jevy na mechanických a elektrických systémech

A. Krucký, Gymnázium Dr. Emila Holuba Holice Na Mušce 1110
J. Vejmolá, SPŠE V Úžlabině 320 Praha 10
adamkrucky@seznam.cz, vejmolaj.jan@seznam.cz

Abstrakt:

Rezonance je častý jev, při kterém se výrazně zvyšuje výchylka kmitajících objektů a nastává, jestliže se vlastní frekvence objektů rovná frekvenci budící síly. Tento jev může být pozorován na mechanických soustavách stejně jako na elektrických indukčně vázaných soustavách. Naším cílem bylo zjistit vlastní frekvence mechanických a elektrických oscilátorů a vyšetřit průběh jejich rezonanční křivky.

1 Úvod

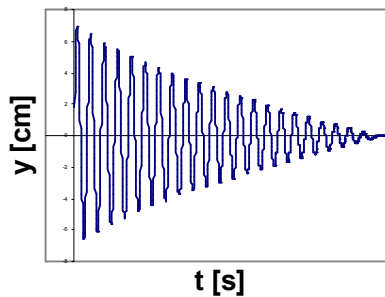
Na rezonanci se musí brát ohled při projektování staveb, strojů a hudebních nástrojů, pokud se opomene např. při stavbě mostu, může mít nedozírné následky, ovšem v elektronice díky rezonancím můžeme např. poslouchat rádio. 7. listopadu 1940 se v důsledku rezonance vyvolané větrem zřítíl most v USA přes řeku Tacoma. Most byl projektován, aby odolal poryvům větru o rychlosti 150km/h zde stačila rychlost 70km/h, protože frekvence poryvů větru odpovídala vlastní frekvenci mostu.

Pokud se oscilátor vychýlí z rovnovážné polohy a nechá kmitat bez působení vnějších sil, bude kmitat vlastní frekvencí, která je daná jeho konstrukcí a materiálem. Pokud začneme oscilátoru periodicky dodávat energii s frekvencí odpovídající jeho vlastní, dojde k rezonanci, tzn. prudce se zvýší výchylka oscilátoru.

To samé se děje u elektrických RLC obvodů. Zde je impedance obvodu závislá na frekvenci napětí, kterou lze považovat opět za vlastní. Pokud se dostane frekvence napětí do rezonance prudce poklesne impedance, tj. napětí na výstupu prudce vzroste.

2 Mechanická rezonance

Nejprve jsme nechali mechanický oscilátor (pružinu) kmitat samovolně a ze známého časového intervalu určili frekvenci počítáním period, viz. Graf 1. Zde jsme naměřili vlastní frekvenci: $f_0 = 1,681\text{Hz}$.



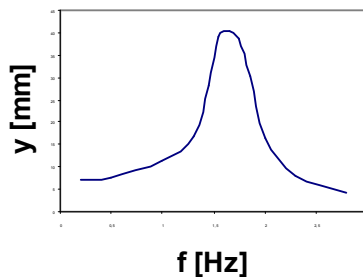
Graf 1: Průběh kmitů v čase bez vnějšího buzení

Potom jsme experimentálně změřili tuhost pružiny a ze vztahu:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.1)$$

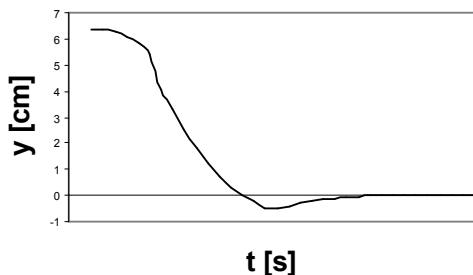
kde f_0 je vlastní frekvence pružiny, k je tuhost a m je hmotnost závaží na pružině (pro k , m naměřili $k = 6,278 \text{ Nm}^{-1}$ a $m = 55,25 \text{ g}$) nám vyšla teoretická hodnota vlastní frekvence pružiny $f_0 = 1,740 \text{ Hz}$.

Dále jsme hledali vlastní frekvenci tak, že jsme sledovali, kdy se pružina dostane do rezonance tím, že jsme měnili budící frekvenci. Rezonance nastala, když byla výchylka oscilátoru největší. Zde nám vyšlo pro $f_0 = 1,65 \text{ Hz}$.

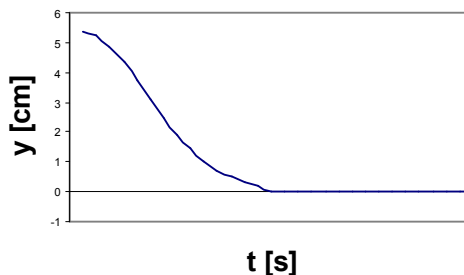


Graf 2: Závislost výchylky na frekvenci vnějšího buzení

Působením vířivých proudů v magnetickém poli dochází k útlumu kmitů. Mohou nastat tři stavy. Podkritická mez viz. Graf 1.



Graf 3: Kritická mez



Graf 4: Nadkritická mez

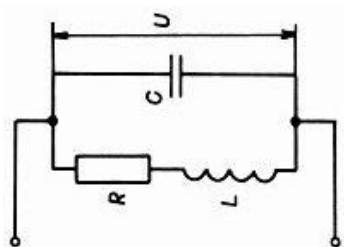
U námi použitého oscilátoru jsme dosáhli kritické meze při vzdálenosti magnetů 7,9mm a nadkritická mez nastala při vzdálenosti magnetů 6,55mm.

3 Elektrická rezonance

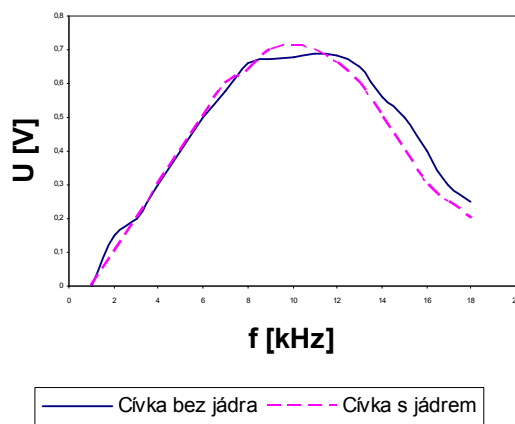
Nejprve jsme hledali rezonanční frekvenci RLC viz obr. 1. Zde se dá popsat vlastní frekvence obvodu vztahem:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} \quad (3.1)$$

kde L je indukčnost cívky, C je kapacita kondenzátoru a R je odpor. Měření jsme provedli jak pro cívku bez jádra tak s jádrem.

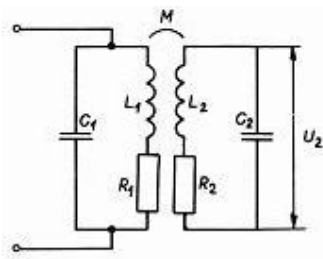


Obrázek 1: Schéma zapojení RLC obvodu [4]



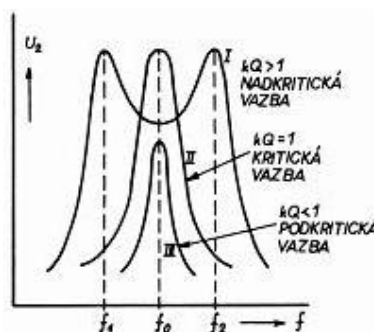
Graf 5: Rezonanční křivka, závislost napětí na frekvenci

Nakonec jsme zkoumali dva paralelní rezonanční obvody, které jsou spolu vázány. Pokud dva obvody odladíme na stejnou frekvenci, pak se energie z jednoho obvodu bude přenášet do druhého obvodu. Často se používá induktivní napěťová vazba, kterou popisuje obr. 2. Stejně zapojení jsme použili i my.



Obrázek 2: Induktivně vázaný rezonanční obvod [4]

My jsme obvod odladili pro vzdálenost cívek 3,5cm na frekvenci 138,28kHz. Kondenzátor nastavili na kapacitu 699pF, proto aby i druhý obvod byl při stejné frekvenci v rezonanci. Po odladění jsme dosáhli tzv. podkritického stavu. Kritický stav nastal při vzdálenosti cívek 2,5cm a pro nadkritický stav vzdálenost cívek 1,5cm. Při nadkritickém stavu se vyskytují dvě rezonanční frekvence, symetricky položené od frekvence na který jsme vyladili obvod.



Obrázek 3: Napět'ové rezonanční křivky induktivně vázaného obvodu [4]

$f_0 = 138,28kHz$		námi naměřené hodnoty
$f_1 = 136,04kHz$		
$f_2 = 142,16kHz$		

4 Závěr

Zabývali jsme se rezonančními jevy. U mechanického oscilátoru (pružina) jsme vlastní frekvenci oscilátoru zjišťovali třemi způsoby. Z grafu nebuzeňého kmitání, teoreticky výpočtem a nakonec hledáním největší výchylky při buzení kmitáním s proměnlivou frekvencí. 1. a 3. způsob si odpovídají a od teoretického výpočtu se mírně liší. Rozdíl ve výsledcích může být způsoben nepřesným odečítáním výchylky oscilátoru. Z grafů je vidět, že u elektrických rezonančních obvodů se jedná o stejný princip jen s jinými veličinami. A vzhledem k hodnotám frekvence řádově 5x vyšší na námi použitých oscilátorech můžeme říci, že grafy elektrické rezonance nejsou tolik přesné.

Poděkování:

Děkujeme fakultě FJFI, organizátorům, supervizorovi M. Svobodové.

Reference:

- [1] ING. TARÁBEK, P., CSC – MGR. ČERVINKOVÁ, P.: *Odmaturuj z fyziky*, Didaktis 2004, 94 – 96
- [2] Kolektiv autorů FT: *Fyzikální týden: Sborník příspěvků*, FJFI ČVUT, 2005, 34-37
- [3] <http://www.vtm.cz/Modules/Common/Print.aspx?Id=946&sid=5>, 3. 6. 2008
- [4] <http://praktika.fjfi.cvut.cz/Resonance/node1.html>, 3. 6. 2008
- [5] <http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/Mechanika/HarmOscilator/osc.pdf>, 3. 6. 2008

Zeemanův jev

Pavel Motal¹
SOŠ a SOU Kuřim, s. r. o.

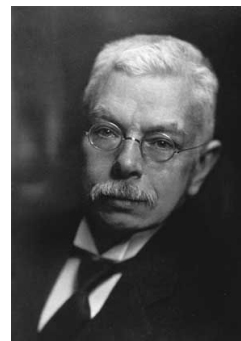
Miroslav Michlíček²
Gymnázium Vyškov

1 Abstrakt

Při tomto experimentu jsme zopakovali pokus Pietera Zeemana (nositel Nobelovy ceny v roce 1902) se štěpením energetických hladin atomů, při kterém jsem využili kadmiovou lampu v silném magnetickém poli. Touto metodou jsme měřili hodnotu Bohrova magnetonu. Výsledky porovnáváme s teoretickou hodnotou v části výsledky.

2 Úvod

Pieter Zeeman se narodil roku 1865 v Nizozemí, zajímal se zejména o chování elektromagnetického záření v magnetickém poli. Popsal chování polární záře a později publikoval práci o štěpení spektrálních čar vznikajících v magnetickém poli – tento jev byl později nazván Zeemanův jev (dále ZJ). Při jeho experimentu, který uskutečnil roku 1896 vložil zdroj světla do silného vnějšího magnetického pole a došlo k rozštěpení ostrých spektrálních čar na duplet, popř. triplet (normální ZJ). Vznik tohoto jevu popsal H. A. Lorenz pomocí klasické elektrodynamiky. Později byl jeho výklad upraven kvantovou teorií.



3 Teorie

Atom se skládá z atomového obalu a jádra. V obalu se nachází elektrony, které mají záporný náboj a v jádře se nachází protony s kladným nábojem a neutrony, které jsou neutrální. Při dalším výkladu se zaměříme na obal. Elektronový obal je popsán kvantovými čísly.

Hlavní kvantové číslo	n	1, 2, 3, ...
vedlejší (orbitální) kvantové číslo	l	0, 1, 2, ... (n-1)
magnetické kvantové číslo	m	-l, ..., +l
spinové kvantové číslo	s	$\pm 1/2$

Tab. č. 1.: přehled kvantových čísel.

Každá částice má také v určitém stavu určitou vlnovou funkci, která je řešením Schrödingerovi rovnice a možná řešení zastupují právě kvantová čísla.

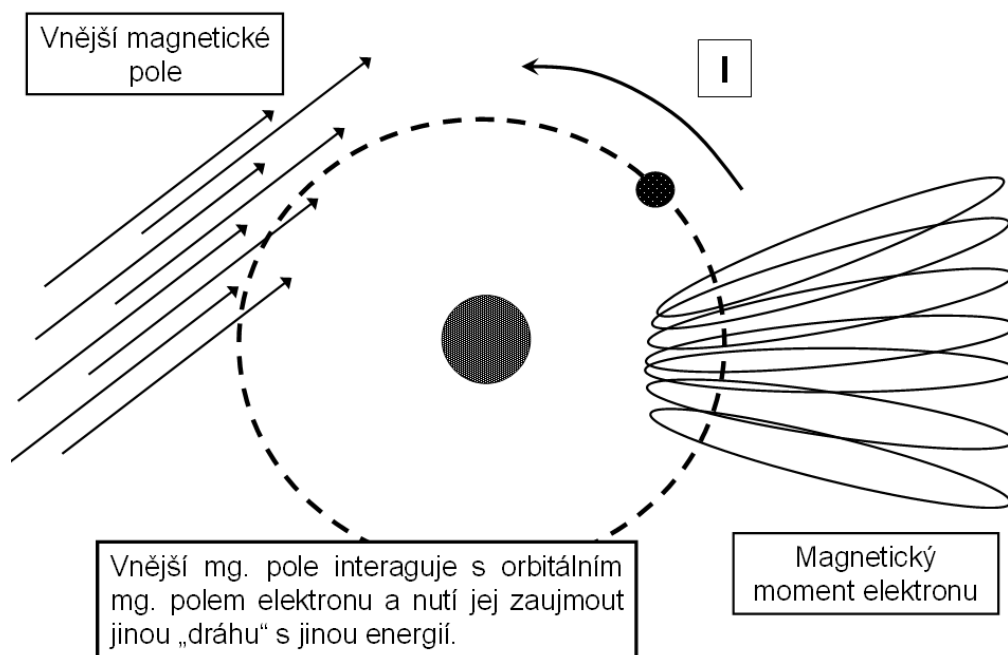
$$-\frac{i}{\hbar} \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{1}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} + \mu B \right) \psi$$

kde μB je potenciál magnetického dipólu a $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$ je Coulombovský člen, popisující

¹pavel.l@centrum.cz

²exodusf@centrum.cz

elektrické působení částic atomu. Podrobnějším řešením této rovnice se ale zabývat nebudeme. Pro další úvahy je důležité vědět, že elektrony ve valenční vrstvě mohou přecházet do vyšších (excitovaných) hladin a při návratu do základní vrstvy emitují záření charakteristické frekvence, ze které je možné určit energii záření a tedy i energetický rozdíl dvou hladin. Pro atomy s jednoduchým uspořádáním atomového obalu bez vnějších vlivů jsou energetické hladiny nerozlišené a na jejich popsání stačí hlavní kvantové číslo n , pokud ale atom umístíme do vnějšího magnetického pole, dojde interakci vnějšího magnetického pole a magnetického momentu elektronu a musíme uvažovat i další kvantová čísla.



obr. č. 1.: Zjednodušený výklad ZJ – vnější magnetické pole ovlivňuje magnetický moment elektronu a tím změni jeho energii a donutí ho zaujmout jinou energetickou hladinu.

U normálního Zemanova jevu, který jsme měřili, je vyzařující atom, v naše případě kadmium, energeticky vystaven tak, aby se spiny (lze ho přirovnat k vlastnímu momentu hybnosti elektronu) elektronů navzájem vyrušili a neovlivňovali experiment, jako je tomu u anomálního ZJ, kdy spolu interagují i jednotlivá magnetické pole uvnitř atomu. Při splnění této podmínky se celkový moment hybnosti rovná orbitálnímu. Z momentu hybnosti můžeme tedy určit související magnetické moment:

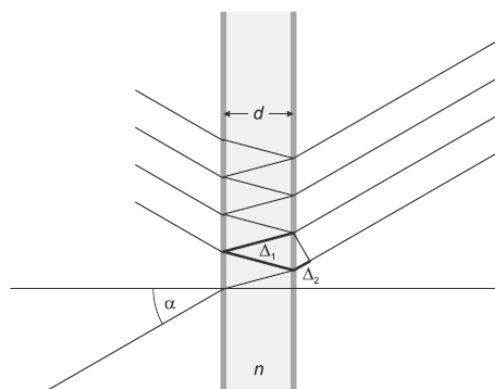
$$\mu = \frac{\mu_B}{\hbar} \mathbf{l}$$

(l je vedlejší kvantové číslo, viz tab. č.: 1) kde $\mu_B = \frac{\hbar e}{2m_e}$ je Bohrov magneton, m_e hmotnost

elektronu, e elementární náboj a $\hbar$ redukovaná Planckova konstanta. Ve vnějším magnetickém poli $\mathbf{B}$ má magnetické moment energii $E = -\mu \cdot \mathbf{B}$. Moment hybnosti v závislosti na B může nabývat hodnot: $l_z = M_J \hbar$, kde $M_J = 1, 1-1, \dots, -1$; tedy magnetický moment nabývá jedné z $2l+1$ možných hodnot. Energetický rozdíl mezi hladinami M_J a M_{J+1} kde: $\Delta E = -\mu_B$.

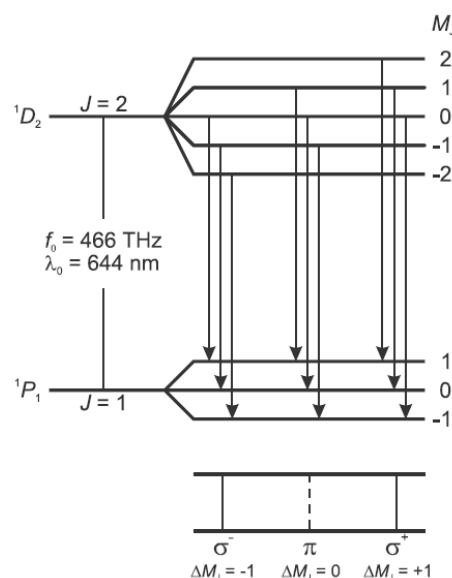
4 Experimentální část

K měření jsme použili přístroj (viz Obr. č.: 6), sestávající z kadmiové lampy, dvou elektromagnetů připojených k laboratornímu zdroji napětí. Světlo z kadmiové lampy jsme soustavou čoček fokusovali, nechali projít filtrem a etalonem (prochází přes něj pouze fotony, které projdou mřížkou (viz obr.: 2, 9) a přes kameru zaznamenávali na počítači. Při tomto měření jsme také využili vlastnost ZJ. Intenzita světla ze středního přechodu M_0 (obr. č.: 3) je největší ve směru kolmém na směr magnetického pole cívek, tedy pootočením magnetů o 90° , došlo k tomu, že na spektroskop dopadalo pouze světlo z přechodů M_{-1} a M_{+1} . Zviditelnili jsme pouze okrajové části tripletu (na PC lze pozorovat dublet, z důvodu přesnějšího odečtu dat). Signál zaznamenaný kamerou jsme dále zpracovávali na počítači. Při tomto měření jsme použili program od výrobce, se kterým bylo možné studovat spektra (viz. obr. 4) a měřit rozptyl spektrálních čar.. Nejprve bylo nutné určit závislost B na I (viz obr. 5) . Při měření na PC lze pozorovat štěpení píku na dublet, při změně intenzity magnetického pole. Na ose x jsme měřili úhel jednotlivých píků, který jsme následně použili pro výpočet rozdílů energie hladin. Celkově jsme provedli měření v rozmezí od 1,5A – 8,5A po 0,5A. Po zadání všech hodnot, jsme graficky pozorovali závislost rozdílů energie hladin ΔE [μV] na intenzitě magnetického pole B [T]. Viz. obr. č.: 6.

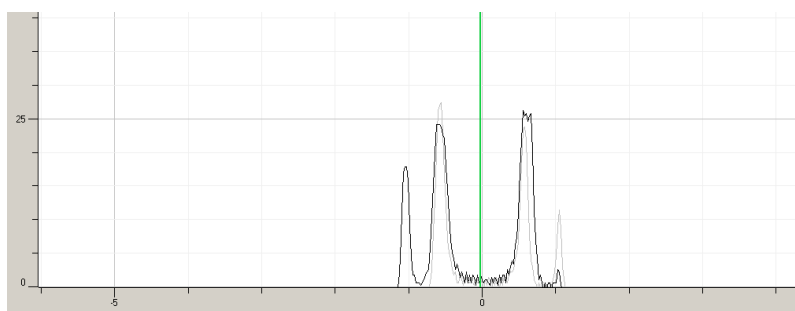


Obr.: 2

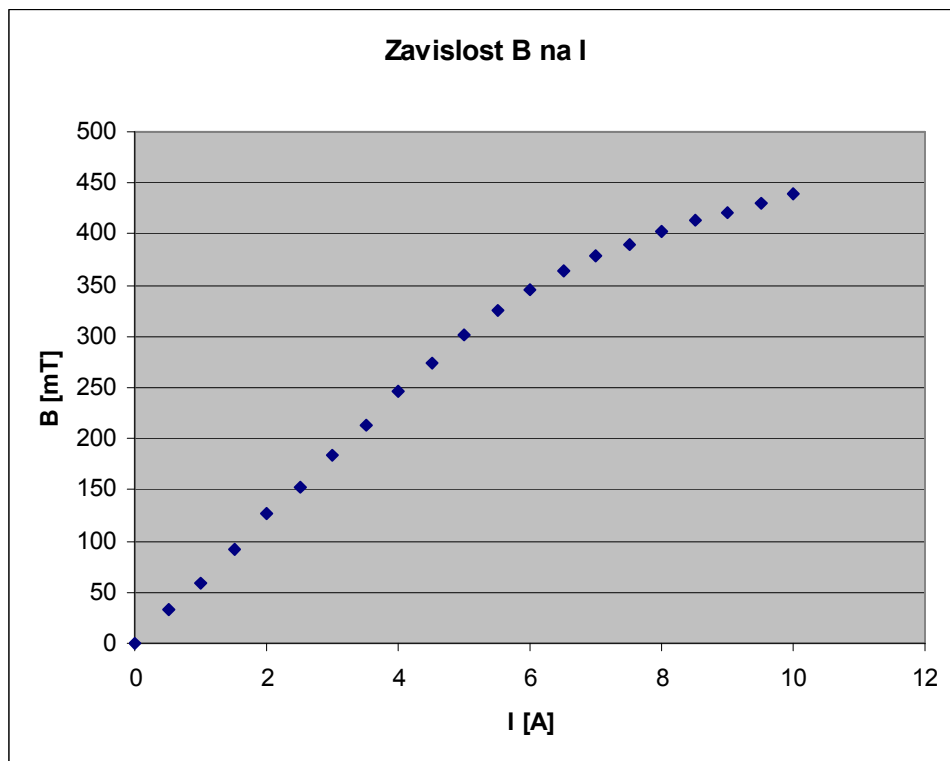
Etalon se chová jako interferenční spektrometr, přes který projdou pouze svazky s úhlem dopadu α .



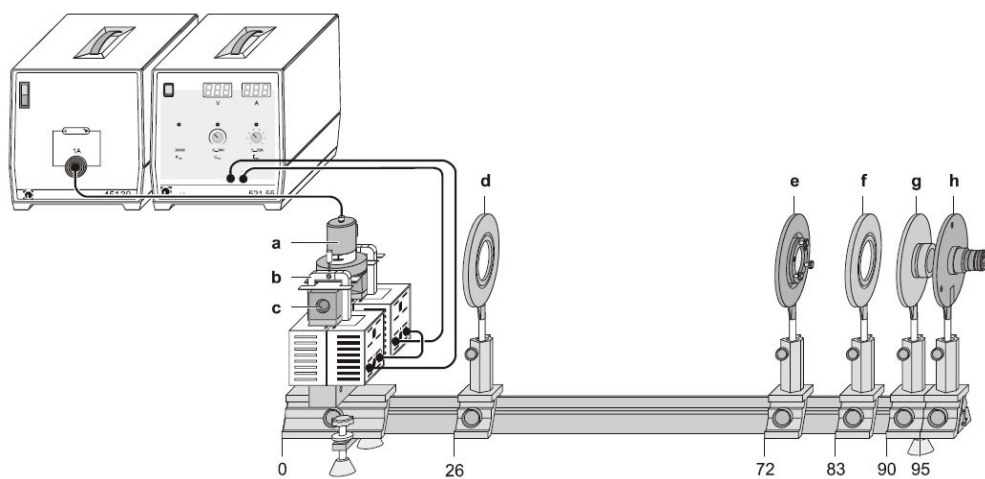
Obr. 3.: přechody rozštěpených energetických hladin.



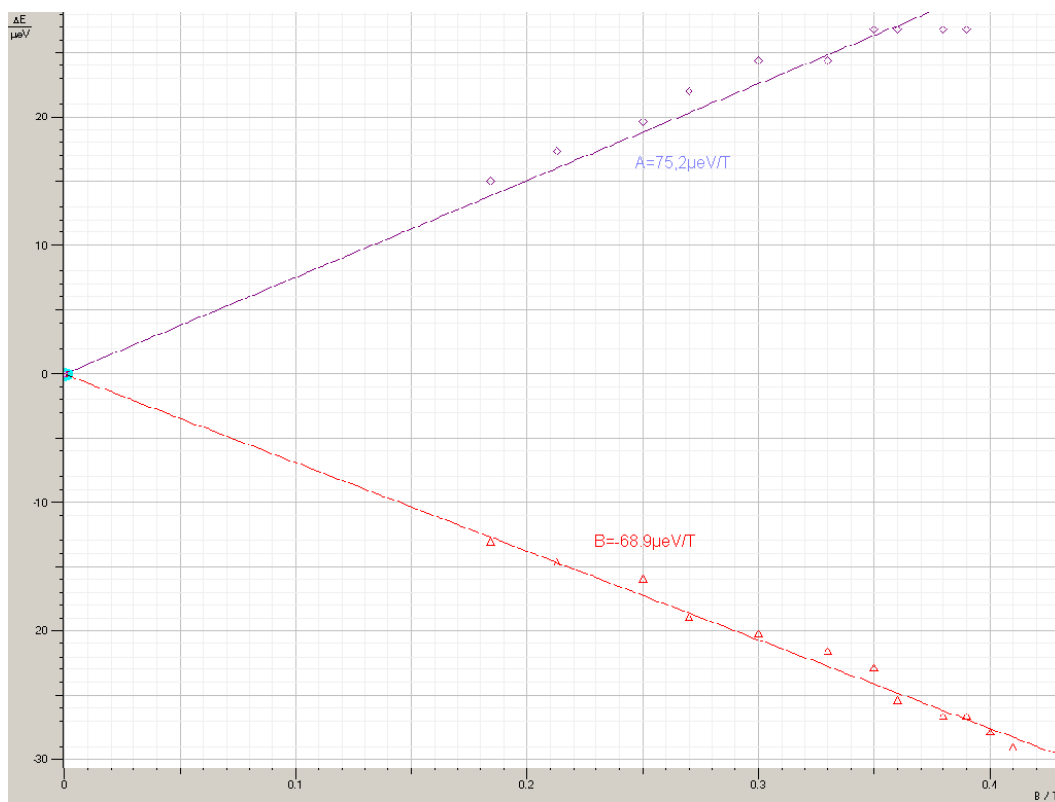
Obr. 4.: ukázka spektra.



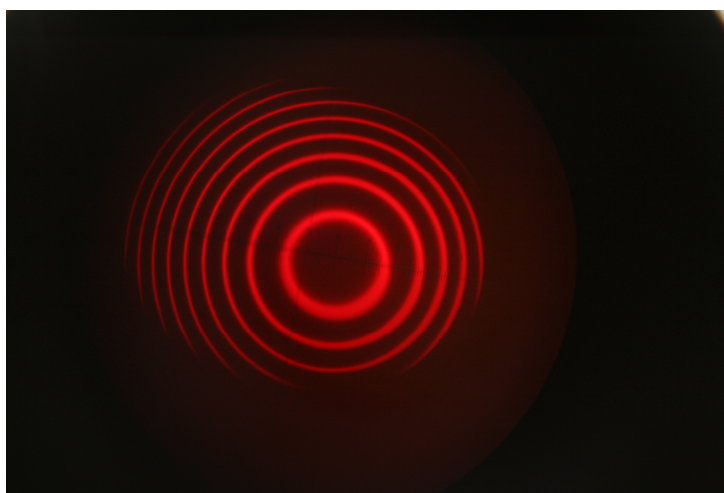
Obr. 5.: Závislost intenzity magnetického pole B na velikosti přiváděného proudu I.



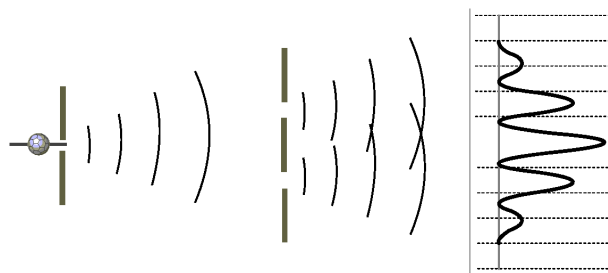
Obr. 6.: Schéma zapojení aparatury.



Obr. 7.: grafické zobrazení výsledku. Graf zobrazuje rozdíl energetických hladin v závislosti na magnetickém poli. Směrnice přímky udává Bohrovův magneton z rovnice $\Delta E = \mu_B B$.



Obr. č.: 8: pohled do mikroskopu na kruhové spektrum bez magnetického pole.



Obr. č.: 9: dvouštěrbinový experiment
(zdroj: http://psaci.misto.cz/_MAIL_/fyzika/kvant/zajimavosti.html)

5 Výsledky

Námi naměřená hodnota Bohrova magnetonu je $\mu_B = 72,05 \mu\text{eV T}^{-1}$. Teoretická hodnota je $57,9 \mu\text{eV T}^{-1}$. Tedy naše odchylka činí 24%.

6 Závěr

Při našem měření jsme provedli celkem 16 měření, u kterých se nám podařilo velice přesně změřit velikost Bohrova magnetonu pomocí Zemanova jevu. Při srovnání našich výsledků s teoretickou hodnotou nám vyšla poměrně velice přesně.

7 Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli poděkovat organizátorům Fyzikálního týdne 2008 za možnost účasti na této skvělé akci, FJFI ČVUT za poskytnutí zázemí a hlavně našemu supervizorovi Ing. Vladimíru Pospíšilovi za jeho vedení a cenné rady.

8 Použité zdroje

- [1] Příručka: *Observing the normal Zeeman effect in transverse and longitudinal configuration*, Id-didactic GmbH
- [2] *Feynmanovy přednášky z fyziky*, Fragment 2002, ISBN 80-72004212.
- [3] internet: *Wikipedie*, <http://cs.wikipedia.org/>.
- [4] internet: *Zeemanův jev*, http://artemis.osu.cz/mm fyz/am/am_4_2.htm.
- [5] internet: *Zeemanův jev*, http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_417.pdf.

Základní experimenty s lasery

F. Sýkora, Gymnázium Velké Meziříčí, sykora.frantisek@gvm.cz

P. Váňa, Gymnázium Nymburk, petvana@centrum.cz

H. Bartlová, Gymnázium Brno – Řečkovice, h.bartlova@seznam.cz

Abstrakt:

V našem miniprojektu, jak už vyplívá z názvu, jsme se zabývali základními experimenty s lasery, tzn.: Zkoumání interferenčních jevů, vznikajících při průchodu paprsku z He-Ne laseru skrz štěrbinu, optickou mřížku nebo po odrazu tohoto paprsku od CD popř. DVD.

1 Úvod

V tomto projektu jsme se chtěli zabývat několika jevy. První z nich byl **interference**⁽¹⁾, druhým neméně zajímavým byl jev zvaný **difrakce**⁽²⁾.

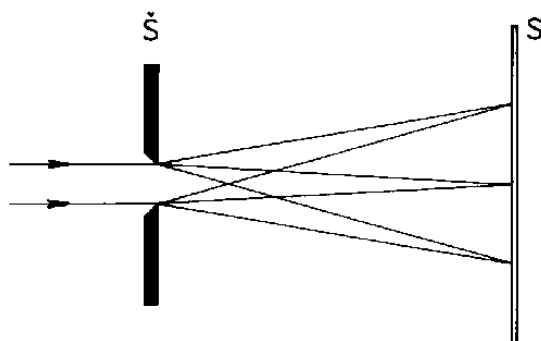
⁽¹⁾ Interference znamená vzájemné ovlivňování, prolínání nebo střetání jevů či hmoty. Nejčastěji se jedná o charakteristickou vlastnost vln. Při jejich pohybu a prolínání se v určitém bodě vzájemně zesilují, zatímco v jiných bodech vzájemně ruší. Tyto jevy se zobrazují pomocí interferenčního obrazu.

⁽²⁾ Difrakce (ohyb) vlnění označuje jevy, které vznikají při průchodu vlnění otvorem nebo kolem překážky způsobující narušení vlnění.

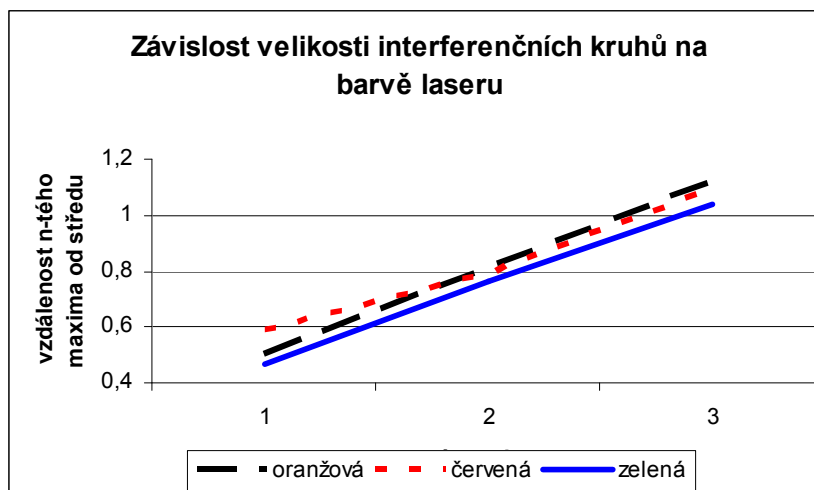
2 Výsledky

Experimentální měření interference:

Mezi laser a stínítko jsme umístili překážku s úzkou štěrbinou. Po průchodu paprsku štěrbinou jsme mohli pozorovat interferenční obrazce na stínítku.



Obr. 1 Průchod světla štěrbinou a jeho lom

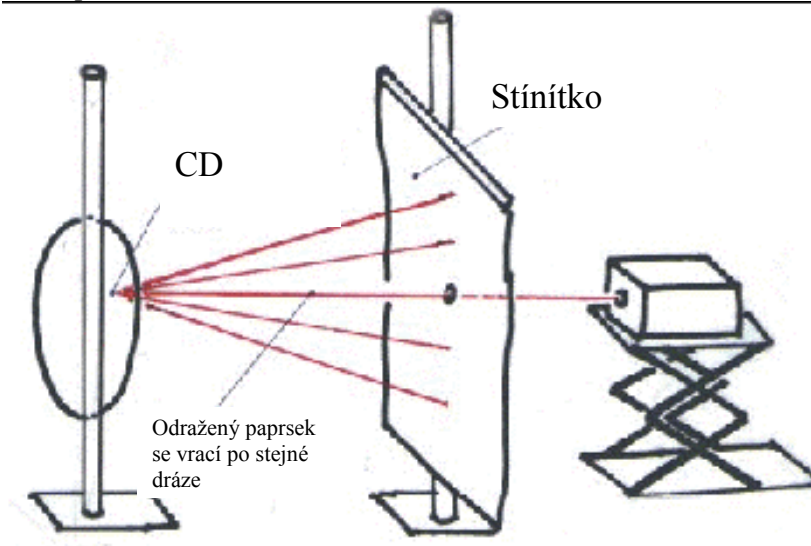


Obr. 2 Závislost velikosti interferenčních kruhů na barvě laseru

Experiment s CD (DVD):

Datovou oblast CD si můžeme představit jako difrakční mřížku, ze které můžeme pomocí difrakce určit hustotu záznamu dat.

Za překážku s úzkou štěrbinou jsme umístili CD. Po průchodu paprsku skrz štěrbinu jsme mohli pozorovat na překážce interferenční obrazce.



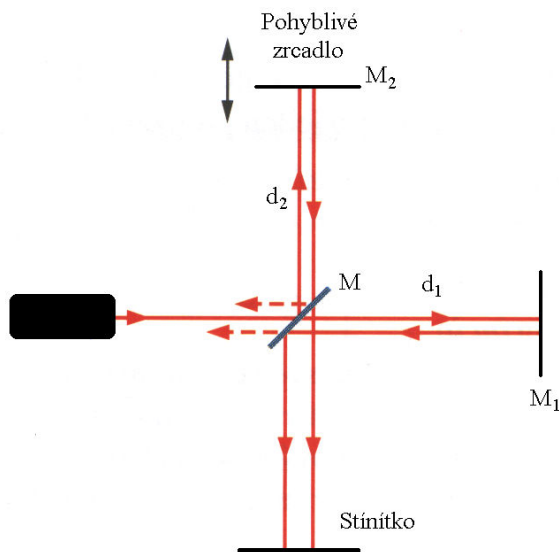
Obr. 3 Experiment s CD

Z experimentu vyplynulo, že hustota dat na CD je 1450nm, reálná hodnota je 1600nm, u DVD je 760nm. Odchylna byla hlavně způsobena nepřesností měření vzdáleností interferenčních maxim.

Michelsonův interferometr:

Paprsek světla z laseru dopadá na polopropustnou skleněnou desku M. Je rozdělen na dva paprsky o stejné intenzitě. První paprsek se od destičky odráží do pevného zrcadla M_1 a odtud

se odráží zpět a dopadá na stínítko. Druhý z paprsků destičkou prochází a kolmo dopadá na pohyblivé zrcadlo M_2 odráží se zpět od zpět na destičku, odkud se odráží na stínítko. Zde oba paprsky interferují. Na stínítku jsme pak mohli pozorovat maxima a minima v podobě světlých a tmavých kroužků.



Obr. 4 Michelsonův interferometr

3 Závěr

Cíli našeho projektu bylo, se seznámit s některými experimenty s lasery a pozorování interferenčních a difrakčních jevů.

Zjišťovali jsme závislost velikosti interferenčních kruhů na vlnové délce resp. barvě laseru. Dále jsme měřili příčný odstup datových stop u CD a DVD. Námi naměřené hodnoty se pohybovaly v blízkosti reálného odstupů.

Sestavili jsme Michelsonův interferometr a na stínítku pozorovali interferenční kroužky (maxima a minima).

Dosáhli jsme všech vytyčených cílů

Poděkování

Předně bychom chtěli poděkovat našemu supervisorovi M. Krůsovi za jeho pomoc. Dále bychom chtěli poděkovat pořadatelům Fyzikálního týdne, za to, že jsme se mohli zúčastnit této akce.

Reference

- [1] www.wikipedia.cz
- [2] Kol. autorů: http://www.g-plasy.cz/predmety/fyzika/soubory_06/pasek.PDF
- [3] Praktika pro FJFI: <http://praktika.fjfi.cvut.cz/IntOhybSv/>

Měření rychlosti světla

Otte, V – gymn. Dr. Karla Polesného, Znojmo*

Pikous, J – spš stroj. a elektrotech., České Budějovice**

Raichlová A. – gymn. Nad alejí, Praha***

* vilem.otte@post.cz ** j.pikous@seznam.cz *** annaraichlova@seznam.cz

Abstrakt

Naším úkolem je seznámení se měřením s rychlostí světla. Pro určení použijeme Foucaultovu metodu pozůstávající z rotujícího zrcátka, zdroje koherentního záření, mikroskopu, čoček a rovinného zrcadla. Tato konstanta je důležitá protože je to limitní rychlost v dosud známém prostoru a také můžeme pomocí ní určit energii hmoty jako $E=mc^2$.

Úvod

Po dlouhou dobu mezi fyziky panovaly rozpory, zda je rychlost světla konečná či nikoli. Nakonec se zjistilo, že je konstantní a nezávisí na pohybu pozorovatele.

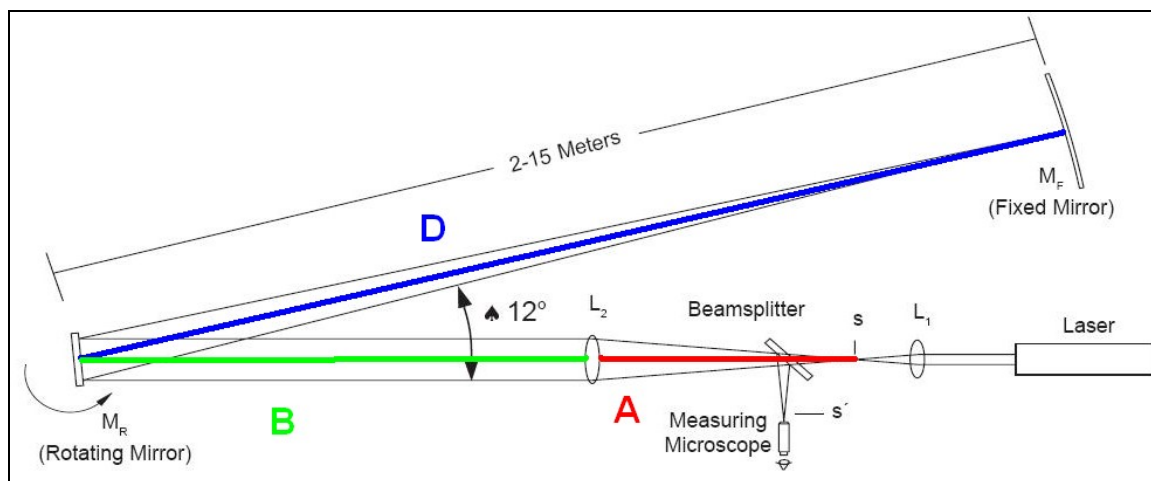
První návrh na měření rychlosti světla pochází od I. Beeckmana z roku 1629. První úspěšné měření proběhlo v roce 1676 na základě pohybu měsíce Io kolem Jupitera, který uskutečnil Ole Römer. Naměřil rychlost $2,1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, kterou upřesnil Huygens a na $2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. V roce 1849 H. Fizeau uskutečnil první pozemní měření rychlosti světla, pomocí rotujícího disku se zářezy. Naměřil $3,13 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. L. Foucault vylepšil tuto metodu tím, že nahradil disk rotujícím zrcadlem, jeho odhad byl $2,98 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Tuto metodu použil v roce 1926 Michelson k přesnějšímu výpočtu – $2,99796 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Ve 20. století dochází ke zpřesňování měření a v roce 1983 je tato hodnota definitivně stanovena jako $2,99\,792\,458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Foucaultova metoda - metoda rotujícího zrcátka

Tato metoda byla navržena roku 1838 J. F. D. Aragem a byla realizována 1850 J. B. Foucaultem. Později tuto metodu vylepšil A. A. Michelson.

Aparatura se sestává ze zdroje světla (laser), dvou čoček, mikroskopu s polopropustným zrcátkem a rotujícího a pevného zrcátka – viz obr.1. Světelný paprsek vyslaný laserem projde čočkami, odrazí se od rotujícího zrcátka do statického, které je odchýleno od osy asi o 12° . Vzdálenost těchto zrcadel je v rozmezí 2-15 m. Paprsek se vrací zpět do rotujícího zrcátka, které se mezitím pootočilo a odražený paprsek je tedy odchýlen od

původního směru. V mikroskopu pak tuto odchylku měříme. Dále musíme znát frekvenci otáčení rotujícího zrcátka.



Obr.1: Schéma měření rychlosti světla Foucaultovou metodou.

Rychlost světla vypočítáme ze vztahu

$$c = \frac{8\pi AD^2(f_1 + f_2)}{(D + B)(s_2 - s_1)}, \quad (1)$$

kde A je vzdálenost čoček L_1 a L_2 minus fokální vzdálenost L_1 , B je vzdálenost čočky L_2 od rotujícího zrcadla M_R , D vzdálenost zrcadel M_R a M_F a $(s_2 - s_1)$ je vychýlení paprsku zjištěné v mikroskopu, f_1 a f_2 jsou frekvence otáček.



Obr.2: Naše aparatura

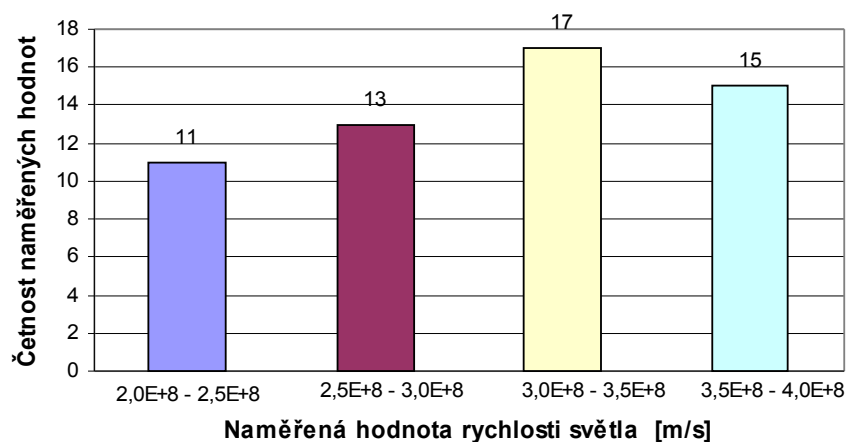
Přesnost měření závisí na vzdálenosti zrcadel, proto se je snažíme umístit co nejdál od sebe. Musíme ovšem přesně nastavit zrcadlo M_F tak, aby se odražený paprsek vracel do rotujícího zrcadla, což je velmi obtížné. Paprsek laserového světla je nutné fokusovat čočkami, aby se obraz na stínítku objevil jako bod.

Postup měření:

Sestavíme aparaturu podle návodu [4]. Po úspěšném seřízení aparatury pozorujeme v mikroskopu nejdřív veliký bod – zrcátko se netočí, po zapnutí motoru se zrcátko otáčí jedním směrem a následně opačným směrem, v mikroskopu pozorujeme posun bodu, který měříme mikrometrickým šroubem. Posun se liší podle výše otáček zrcátka. Podle vzorce (1) dopočítáme rychlost světla. Postup několikrát opakujeme pro statistické doložení výsledku.

číslo měření	f_1 [Hz]	f_2 [Hz]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	Δs [mm]	c [m/s]
1	1235	1231	10,6	10,32	0,28	260 355
2	1246	1230	10,6	10,36	0,24	304 979
3	1254	1239	10,61	10,365	0,245	300 806
...						
55	1246	1219	10,94	10,68	0,26	280 269
56	1225	1207	10,93	10,65	0,28	256 765
Průměrná hodnota z 56 měření				284 207 973		

Tab. 1: Ukázka hodnot z měření rychlosti světla pomocí PASCO aparatury.



Obr.3: Graf četností naměřených hodnot rychlostí světla

Naměřené hodnoty u aparatury viz Obr.1:

$$A = 0,267 \text{ m}$$

$$B = 0,43 \text{ m}$$

$$D = 4,8 \text{ m}$$

Shrnutí:

Nastavení aparatury je nebezpečně složité. Měření jsme prováděli až v úterý po obědě, jelikož jsme nemohli nastavit správně celou aparaturu kvůli znečištění zabudovaného zrcadla a použitých čoček. Překvapila nás přesnost této metody. Tabulková hodnota rychlosti světla je 299 792 458 m/s. My jsme naměřili 284 207 973 m/s, což se liší o 5,19 %.

Poděkování:

Chtěli bychom poděkovat Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, Katedře fyziky, Ing. V. Svobodovi, organizačnímu týmu, Davidu Koňáříkovi a sami sobě za organizaci.

Reference:

- [1] Kauze, V.: ALDEBARAN Bulletin, http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_sl.html, 2.6.2008
- [2] Wikipédia: http://cs.wikipedia.org/rychlost_sv, 2.6.2008
- [3] Mikulčák, J. a kol. aut.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*. Prometheus, 2005, p.s. 206.
- [4] Kol. autorů: *Speed of light apparatus*. PASCO scientific, 1989, p.s. 22.

Balmerova série atomu vodíku

Miroslav Tomášek, Lukáš Jarosil, Radek Kříček
(Gymnázium Vysoké Mýto, Gymnázium Sokolov, Gymnázium Děčín)
m.tomasek@gvmyto.cz, jarosil@seznam.cz, rkriccek@seznam.cz

Abstrakt:

Balmerova série je soubor čar ve spektru atomu vodíku, které vznikají při přechodu elektronů z vyšších energetických hladin na hladinu druhou. Právě tyto čáry se jako jediné nacházejí ve viditelné části jeho spektra. Změřením jejich vlnových délek je možné odvodit stavbu elektronového obalu vodíku i hodnoty energií jednotlivých vrstev.

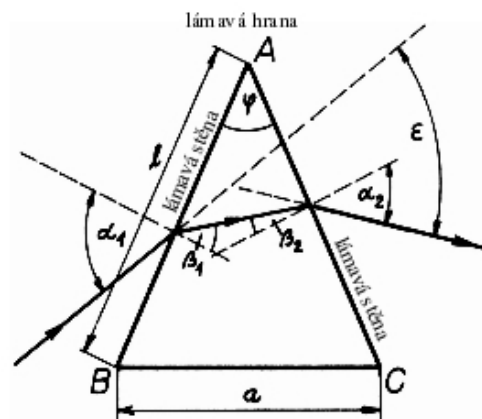
1 Úvod

Původní lidské představ o stavbě atomu měly podobu „planetárního systému“ – byly inspirované strukturou naší sluneční soustavy. Elektrony měly obíhat po kruhových drahách kolem atomového jádra – elektron, pohybující se se zrychlením (v našem případě dostředivým), však ztrácí energii zářením. Vázané elektrony by se tak ve zlomku sekundy musely zřítit na atomové jádro. Nový atomární model formuloval roku 1913 dánský fyzik Niels Bohr, inspirovaný pracemi E. Rutherforda, M. Plancka a A. Einsteina, a vhodným důkazem jeho platnosti je právě studium Balmerovy série vodíku.

2 Postup měření

Naším cílem bylo změřit vlnové délky spektrálních čar Balmerovy série. Nejprve tedy bylo třeba zjistit vztah mezi indexem lomu a vlnovou délkou. K tomu jsme využili spektrum rtuti, složené z dostatečného množství emisních čar. Pro každou čáru, jejíž vlnovou délku jsme znali, jsme zjistili index lomu. Výsledná data jsme v počítačovém programu Gnuplot proložili funkcí znázorňující disperzní závislost. Pokud známe disperzní závislost hranolu, můžeme z naměřených úhlů libovolných spektrálních čar (v našem případě Balmerovy série atomu vodíku) vypočítat vlnovou délku těchto čar.

Měření lámavého úhlu φ jsme prováděli na přístroji s názvem goniometr. Změřili jsme úhel mezi paprsky odraženými od dvou sousedních stran hranolu. Lámací úhel je roven jeho jedné polovině. Následně jsme změřili úhel ε , o který se světelný paprsek odchýlí po průchodu hranolem. Z těchto dvou veličin dokážeme získat index lomu na základě následujícího nákresu:



V situaci, kdy $\alpha_1 = \alpha_2$, je ε nejmenší (označme ho ε_0) a platí:

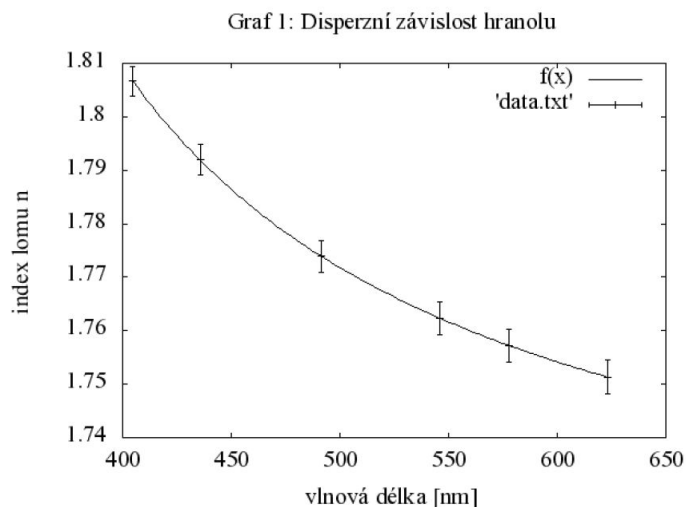
$$\frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_0 + \varphi}{2}\right)}{\sin(\varphi/2)} = n,$$

Dále jsme měřili odchylky ε_0 pro jednotlivé spektrální čáry rtuti, jejichž vlnová délka nám byla známa. Tak jsme pro tyto vlnové délky získali příslušný index lomu.

λ [nm]	<i>levý</i>			<i>pravý</i>			ε_0 [°]	n
	°	'	"	°	'	"		
404,656	109	22	24	247	3	26	68,842	1,807
435,833	111	17	22	245	8	34	66,927	1,792
491,607	113	32	18	242	52	52	64,671	1,774
546,074	114	57	36	241	28	32	63,258	1,762
577,960	115	33	13	240	53	0	62,665	1,757
623,440	116	15	22	240	10	32	61,960	1,751
Červená	116	40	22	239	46	28	61,551	1,748
Modrá	113	22	40	243	4	14	64,846	1,775
Fialová	111	11	52	245	14	47	67,024	1,793

Tabulka 1

Na základě těchto měření jsme sestojili zmiňovaný graf disperzní závislosti, znázorňující vztah mezi vlnovou délkou a indexem lomu:



Všechny látky vykazují disperzi, tj. jejich index lomu je závislý na vlnové délce světla $n=f(\lambda)$. Graf 1 znázorňuje disperzní závislost hranolu, který jsme při měření použili. Je vyroben z těžkého flintového skla, takže jak vidíme z tabulky 1, jeho index lomu je vysoký, což nám umožňuje rozlišit i velmi blízké čáry. Naměřená disperzní závislost je:

$$n = 1,70524 + \frac{18,4725}{\lambda - 222,52}$$

Dále jsme změřili index lomu pro tři nejvýraznější čáry Balmerovy série, jak dokládá tabulka 1. Z naměřené disperzní závislosti jsme spočítali hodnotu jejich vlnových délek.

barva	Naměřené hodnoty	tabulkové hodnoty [1]
červená	656,23 nm	656,28 nm
zelená	486,17 nm	486,13 nm
fialová	433,84 nm	434,05 nm

Tabulka 2

Z naměřených hodnot je možno potvrdit Bohrovův model elektronového obalu – energie fotonů (odvíjející se od jejich vlnové délky) je totiž stejná jako rozdíl energií dvou vrstev

v obalu, mezi kterými elektron „přeskočil“ při deexcitaci. Dále platí vztah $\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$,

kde R je tzv. Rydbergova konstanta, m hladina, na kterou elektron klesá a n hladina, ze které se uvolňuje. Pro Balmerovu sérii je m rovno 2 (existuje více druhů sérií, ale mimo viditelnou část světla). Potom pro n rovno nekonečnu a $m = 1$ se ν rovná R , tedy R je energie potřebná k uvolnění elektronu z atomu v základním stavu, tj. ionizační energie. Z naměřených hodnot jsme vypočítali Rydbergovu konstantu

$$R = 10973145 \text{ m}^{-1}, \text{ což odpovídá ionizační energii } 13,603 \text{ eV}$$

3 Shrnutí

Měření čar v Balměrově sérii je tedy dobrým způsobem, jak ověřit Bohrovu představu o stavbě atomu a zrekonstruovat strukturu jeho elektronového obalu zjištěním hodnoty Rydbergovy konstanty. Existence Balmerovy série tak dokazuje, že energie elektronu v atomovém obalu je kvantována a stává se tak jedním z důkazů kvantové mechaniky.

Poděkování

Na tomto místě bychom rádi poděkovali fakultě FJFI ČVUT a našemu supervizorovi Davidu Tlustému za věnovaný čas a energii.

Reference:

[1] HORÁK, Z. *Praktická fyzika*, SNTL Praha, 1958, str. 590-591.

Palivový článek

O. Faltys, Gymnázium Vysoké Mýto, o.faltys@seznam.cz

J. Karmazín, Gymnázium Velké Meziříčí, blue.beret@seznam.cz

Š. Poláček, Gymnázium Valašské Meziříčí, stepan_polacek@seznam.cz

Abstrakt:

Baterie a akumulátory, které dnes používáme téměř v každém elektronickém zařízení, by v budoucnu mohly být nahrazeny palivovými články. Základním typem jsou vodíkové články, ve kterých je elektrická energie získávána z chemické energie obsažené ve vodíku. Jedním takovým článkem jsme se v našem projektu zabývali.

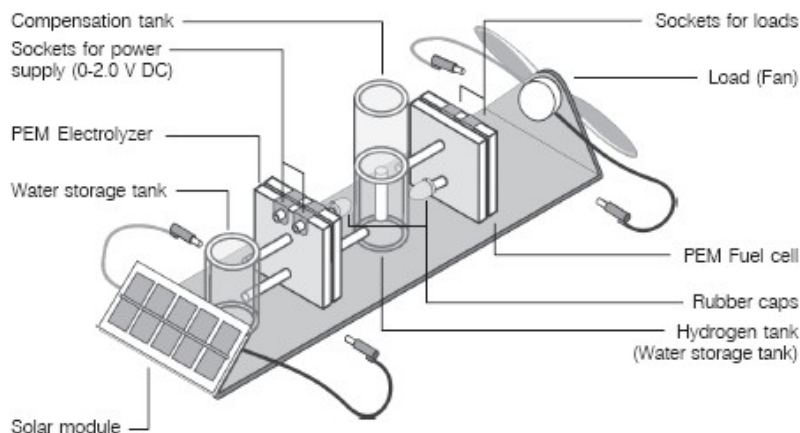
1 Úvod

Přístrojů vyžadujících přísun elektrické energie je den ode dne více. Vzrůstající nároky si žádají vznik nových technologií, které by umožnily efektivnější skladování a využívání energie. Galvanické články a akumulátory, používané ve většině drobných elektronických zařízení dnešní doby, stejně jako fosilní paliva, používaná v automobilech, odhalují svoje nedostatky. Patří mezi ně například škodlivé emise, nemožnost recyklace a nízká efektivita. Palivové články jsou možným řešením těchto problémů.

Palivový článek je elektrochemické zařízení, které vytváří elektrickou energii spalováním určitého paliva (vodíku, alkoholů, ...). Na rozdíl od galvanického článku jde o otevřený systém, do kterého lze průběžně doplňovat palivo a není tedy nutné celý článek po vybití vyměňovat.

2 Model

Předmětem našich pokusů byl vodíkový aparát firmy h-tec, skládající se ze solárního panelu, elektrolyzáru, palivového článku a malého větráčku.



Solární modul zde přeměňuje světelnou energii na elektrickou, která je následně využita pro elektrolýzu vody. V elektrolýzáru vzniká rozkladem molekul vody kyslík, který je vypouštěn ze soustavy, a vodík, který přechází do nádrže. Takto si vytváříme vodíkové palivo, které následně využijeme v palivovém článku. Zde reaguje se vzdušným kyslíkem a poskytuje elektrickou energii. Větráček v soustavě je použit jako odběr této energie.

V našem zkoumání jsou nejdůležitějšími součástmi palivový článek a elektrolýzáru. Oba jsou založeny na protonové membráně (PEM – Proton Exchange Membrane), což je dielektrická vrstva, která odděluje katodu od anody a propouští protony. V palivovém článku je vodík dodáván na anodu, kde odevzdává své elektrony, a tím je tvořen elektrický proud. Protony vodíku pronikají membránou ke katodě, kam přes kovový vodič putují také elektrony a zde reagují s kyslíkem za vzniku vody. Mezi oběma elektrodami vzniká potenciální rozdíl napětí o velikosti přibližně 1 V.

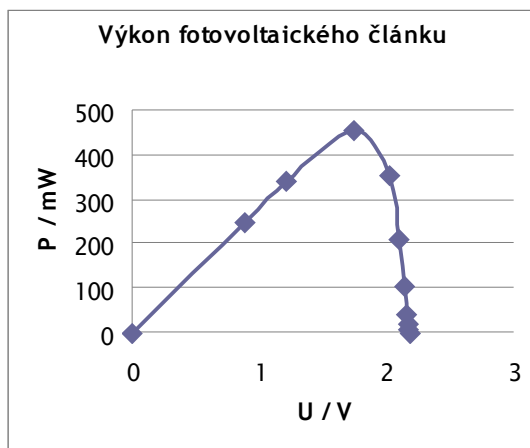
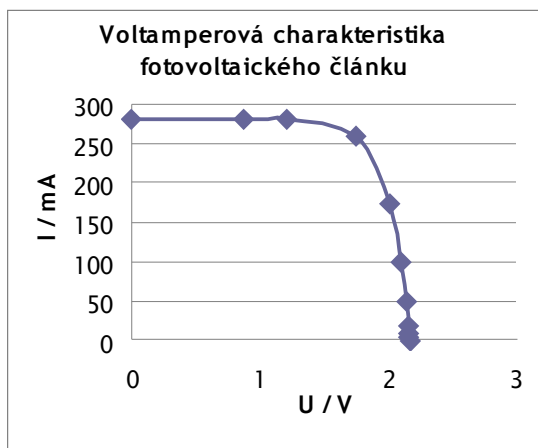
Reakce na anodě: $2 \text{H}_2 \rightarrow 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

Reakce na katodě: $4 \text{H}^+ + \text{O}_2 + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{energie}$

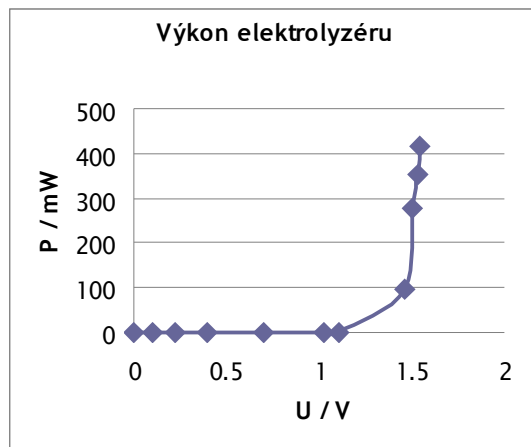
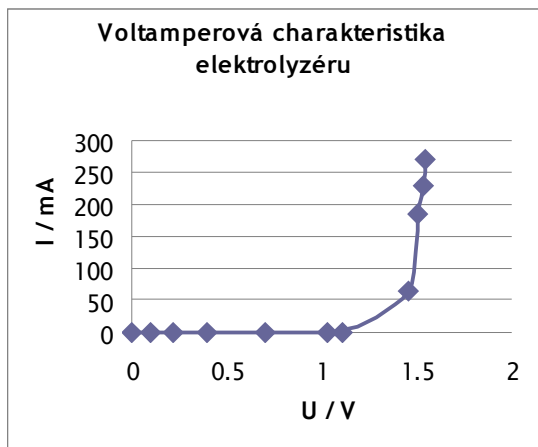
V elektrolýzáru probíhají reakce analogicky a dochází k disociaci molekul vody:



Solární (fotovoltaický) článek byl v modelu zařazen, protože se jedná o čistý, obnovitelný zdroj energie. Samotného palivového článku se netýká, ale lze jím snadno generovat energii pro výrobu vodíku.



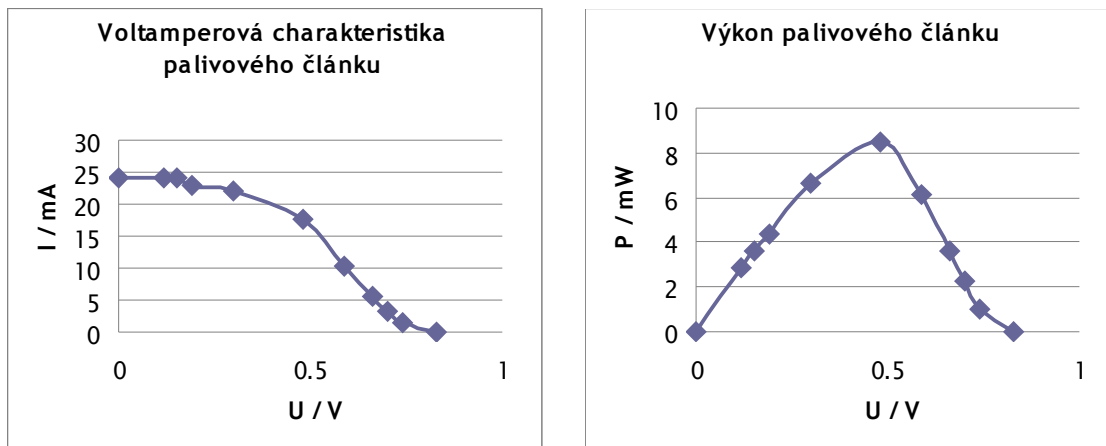
Elektrolýzáru se stará o výrobu vodíku. Aby mohla elektrolýza probíhat, je nutné mu dodat dostatečné napětí, díky kterému lze rozložit molekuly vody. V našem pokusu bylo toto napětí cca 1,5 V.



Účinnost elektrolyzátoru je poměrně vysoká. Výroba 25 cm³ vodíku pod napětím 1,73 V a proudem 213 mA trvala 875 sekund, z čehož vyplývá účinnost:

$$\eta = \frac{V \times H}{U \times I \times t} = \frac{25 \times 10,8}{1,73 \times 0,213 \times 875} = \underline{83,7 \%}$$

V palivovém článku probíhá syntéza vodíku s kyslíkem, z níž se uvolňuje tepelná a elektrická energie o přibližně stejném množství. Účinnost vodíkových článků se pohybuje mezi 40 a 60 %. V našem modelu dokázal tento článek pohánět 10mW větráček při spotřebě okolo 10 cm³ na hodinu.



Účinnost našeho elektrolytického vodíkového akumulátoru je tedy přibližně 40 %. Průmyslové palivové články mohou dosahovat výkonu 100 W až 500 kW^[1].

Vodík je perspektivním energetickým médiem zejména díky své energetické hustotě, která tvoří 120 MJ/kg (pro srovnání: u Li-pol akumulátorů dosahuje energetická hustota pouze 0,7 MJ/kg^[2]). Navíc u něj nedochází k samovolnému vybíjení. Na rozdíl od organických paliv (methanol, ethanol) nezpůsobuje emise CO₂, jedinou „odpadní“ látkou je voda. Problémem při nasazení vodíkových článků může být jejich cena.

3 Závěr

Palivové články mají několik výhod oproti galvanickým článkům, a proto můžeme očekávat, že po dostatečném zdokonalení této technologie a poklesu cen naleznou svoje uplatnění v mobilních zařízeních, jako palivo v dopravních prostředcích a také v elektrárnách. Jsou obnovitelné, dodávají proud rovnoměrně a produkují méně zplodin než současné technologie. Palivovým článkům patří budoucnost.

Poděkování

Díky Bohu, že to máme za sebou.

Díky Matrixu za ty, kteří nevěří v Boha.

A také díky Velkému Dodekaedru. (Pochválena budiž pravidelnost jeho.)

Reference

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell [citováno 2008-06-03]
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Rechargeable_battery [citováno 2008-06-03]
- [3] h-tec Eco H2/Air Manual
http://www.h-tec.com/education/english/sub_produkte/pdf/anleitungen/alt/BDA_1935_en.pdf
- [4] Sborník Fyzikálního týdne 2007
<http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2007/web/post/prispevky/sbornik/proceeds.pdf>

Základní experiment fyziky plazmatu

D. Vašíček¹, R. Skoupý², J. Šupík³, M. Kubič⁴

¹ Gymnázium Velké Meziříčí, david.vasicek@centrum.cz

² Gymnázium Ostrava-Hrabůvka příspěvková organizace, jansupik@gmail.com

³ Gymnázium Bystřice nad Pernštejnem, radim88@seznam.cz

⁴ Supervisor, FJFI-ČVUT, Praha

Abstrakt:

V tomto miniprojektu jsme se zabývali základními vlastnostmi plazmatu, které jsme měřili pomocí dvojité Langmuierovy sondy. Plazma vznikalo v neonové trubici připojené na vysoká napětí 850V a 1kV pod extrémně nízkým tlakem. Také nás zajímalo jestli je teplota plazmatu uvnitř doutnavého výboje vyšší než na povrchu Slunce. Došli jsme k závěru, že teplota uvnitř neonové výbojky je opravdu mnohonásobně vyšší.

Úvod

Předpokládá se, že 99% známé hmoty ve vesmíru je ve formě plazmatu. Plazmatem je tvořeno nitro i obálky hvězd, mlhovin atd. Na Zemi se s plazmatem setkáváme v kanálech blesků, v ionosféře, v podobě slunečního větru, který neustále atakuje magnetické pole Země, a samozřejmě plazma nalezneme v laboratořích výzkumných ústavů.

Plazma je kvazineutrální plyn nabitých a neutrálních částic, který vykazuje kolektivní chování. Tím se rozumí, že plazma je schopno jako celek svými projevy generovat globální elektrická a magnetická pole a na takováto globální pole reagovat. Chování plazmatu je tak ovlivněno především elektrickými a magnetickými poli.

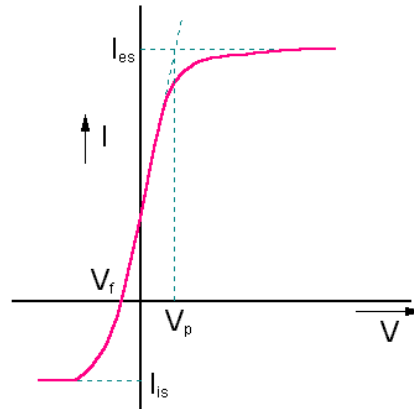
Nyní definujeme přesněji pojmy „kolektivní chování“ a „kvazineutralita“.

- *Kolektivní chování* – tímto pojmem rozumíme pohyby částic, které nezávisí pouze na lokálních podmínkách, ale rovněž na stavu plazmatu ve vzdálených oblastech.
- *Kvazineutralita* – při svém pohybu tvoří nabitě částice lokální koncentrace pozitivního nebo negativního náboje, které vedou ke vzniku elektrických polí, přesto se celek chová navenek jako neutrální. [1]

Doutnavý výboj nastává v plynu za nízkého tlaku, zhruba 1 Pa - 1000 Pa. Má-li plyn nízký tlak, obsahuje méně molekul a ty se tedy méně často srážejí. Proto, máme-li v plynu nějaký iont nebo elektron, stačí relativně malé napětí (cca. 350 V) k tomu, aby získal energii dostatečnou k ionizaci molekuly, na kterou narazí (může se urychlovat po poměrně dlouhé dráze). Tak již při poměrně nízkém napětí nastává výboj v poměrně dlouhé trubici. [2]

Teorie

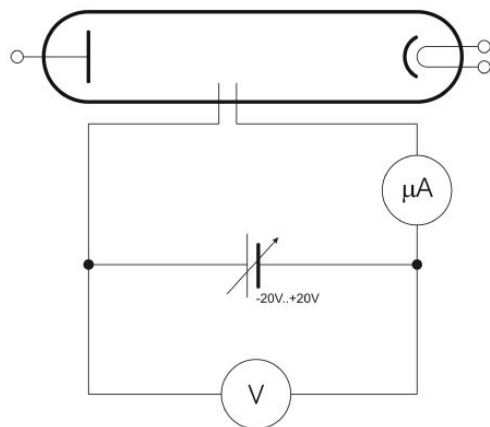
Langmuierova sonda je řazena mezi aktivní diagnostiky, které přicházejí do přímého kontaktu s plazmatem. Proto je lze aplikovat pouze na okraj plazmatu, kde nejsou tak vysoké teploty. Langmuierova sonda umožňuje měření elektronové teploty a hustoty v relativně chladném plazmatu. Sondou samotnou jsou malé kovové elektrody. Při měření sledujeme V-I charakteristiku (viz Obr.1).



Obr.1: V-I charakteristika jednoduché Langmuierovy sondy

Pokud vložíme do plazmatu jednoduchou sondu se záporným potenciálem V proti potenciálu plazmatu V_p , shromáždí se okolo ní kladné ionty, které vytvoří stínící vrstvu kladného náboje. Pokud je potenciál sondy velmi záporný, odrážejí se všechny elektrony zpět do plazmatu a na sondu dopadají pouze kladné ionty a proud se saturuje. Tento proud nazýváme *iontový saturační proud* I_{is} . Zvýšíme-li potenciál sondy, část elektronů, které překonají odpudivý účinek elektrického pole, dopadá na sondu a přispívá k exponenciálnímu nárůstu záporného proudu. Dalším navyšováním napětí můžeme dosáhnout toho, že celkový proud bude nulový – tomuto bodu odpovídá *plovoucí napětí* V_f . Zvýšením napětí na sondě na hodnot V_p bude elektronový proud naprosto dominantním nad iontovým proudem. Každý další nárůst napětí jednoduše zvýší energii elektronů, ale ne velikost proudu – *elektronový saturační proud* I_{es} . Je třeba zdůraznit, že toto je ideální volt-ampérová charakteristika. Nebrali jsme vůbec v úvahu „narušující“ procesy jako bombardování sondy vysoko-energetickými elektrony a emisi sekundárních elektronů ze sondy. [1]

Při měření dvojitou sondou – dvěma elektrodami vloženými do plazmatu- měříme proud tekoucí sondou v závislosti na napětí mezi elektrodami. Charakteristika je podobná jako v případě jednoduché sondy. Vlivem lokálního elektrického pole však dojde k jejímu posuvu. Schéma zapojení pro měření s dvojitou Langmuierovou sondou je na Obr.2.



Obr.2: Schéma zapojení pro měření s dvojitou Langmuierovou sondou

Teoretický průběh V-I charakteristiky je dán vztahem

$$I = I_s \cdot \frac{1 - e^{\frac{V - \Delta\phi}{T}}}{1 + \frac{A_1}{A_2} e^{\frac{V - \Delta\phi}{T}}} \quad I_s = A e n_i \sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (1)$$

kde I je měřený proud, V měřené napětí mezi sondami, $\Delta\phi$ je rozdíl potenciálů sond při nulovém proudu, I_s je iontový saturační proud, T je teplota plazmatu v eV a A_1 , A_2 jsou plochy sond.

Vzorec (1) má dva parametry I_s a T . Pomocí prvního můžeme určit hustotu plazmatu n_i , kde A je povrch sondy, e je elementární náboj, n_i je hustota iontů, m hmotnost iontů, k je Boltzmannova konstanta a T je teplota plazmatu v K. [1]

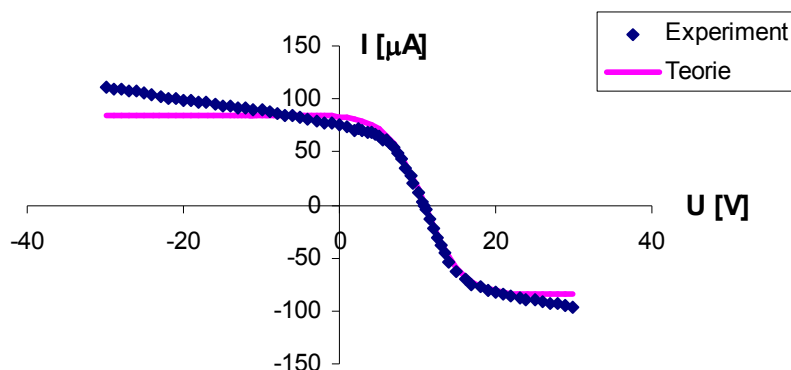
Výsledky měření

Provedli jsme dvě měření s nízkotlakou neonovou trubicí. Nejprve s napětím na elektrodách 850V, podruhé s napětím 1kV. U prvního měření jsme postupovali po 1V v intervalu (-30;30) voltů přivedených na Langmuierovu dvojitou sondu. V místech velkého posuvu byl použit krok po 0,5V. U druhého měření jsme postupovali obdobně jako u předešlé úlohy.

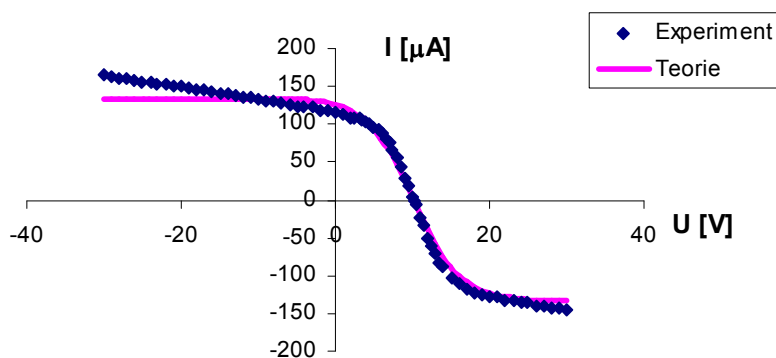
Z naměřených hodnot proudu a napětí jsme sestavili volt-ampérovou charakteristiku dvojitě Langmuierovy sondy a porovnali jsme ji s ideální volt-ampérovou charakteristikou (*Graf1*). Na základě výpočtů, se zpětnou změnou parametrů n_i a T , jsme zjistili odpovídající hodnotu teploty a hustoty pro danou charakteristiku.

	$T [eV]$	$T [K]$	$n_i [m^{-3}]$
Při 850 V	2,4	27 840	$7,8 \cdot 10^{15}$
Při 1kV	3,0	34 800	$1,1 \cdot 10^{16}$

Tab.1: Výsledná teplota a hustota plazmatu



Graf 1: V-I charakteristika při zdrojovém napětí 850 V



Graf 2: V-I charakteristika při zdrojovém napětí 1 kV

Shrnutí

Během experimentu jsme měřili vlastnosti plazmatu pomocí dvojité Langmuierovy sondy. Výsledky jsme porovnali s vypočtenými hodnotami, na jejichž základě jsme určili přibližnou teplotu a hustotu plazmatu. Došli jsme k závěru, že uvnitř doutnavého výboje je mnohonásobně vyšší než na povrchu Slunce. Při měření nám vyšlo, že teplota vzrůstá z 2,4 eV (při 850 V) na 3 eV (při 1 kV). A hustota z $7,8 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-3}$ na $1,1 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$. Dosažené hodnoty se liší od tabulkových v důsledku nepřesného měření povrchu sond a nestálosti proudu mezi sondami, obzvláště v saturačních oblastech.

Poděkování

Poděkování všem kteří se účastnili organizování Fyzikálního týdne, zejména našemu supervizorovi M. Kubičovi.

Reference:

- [1] <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/plazma/basics.html> (cit. červen 2008)
- [1] http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/elektross/svitime/dout_vyb.html (cit. červen 2008)
- [1] F F Chen: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, 1974,1984 Plenum Press, české vydání Úvod do fyziky plazmatu, Academia, Praha 1984

Termodynamické zákony v praxi

K.Kopecká, D.Piksa, T.Talanda

Gymnázium Česká Lípa, Gymnázium Děčín, Gymnázium Tišnov
kaarkaa@seznam.cz, piksadrums@seznam.cz, t.talanda@seznam.cz

Abstrakt:

Práce se věnuje tepelným strojům a termodynamice. Nejdříve popisujeme vlastnosti tepelných strojů, jejichž pracovní látkou je plyn. Zabýváme se pracovními cykly, prací vykonanou plynem a účinností tepelných strojů. Provádíme dvě různá měření, výsledky zapisujeme a poté vytváříme grafy. Zjistili jsme, že práce, kterou vykonal plyn, byla zhruba o 50% vyšší než změna potenciální energie závaží, což je poměrně velký rozdíl. Druhé měření bylo zaměřeno na účinnost Peltierova aparátu. Účinnost Peltierova aparátu bez korekce na ztráty tepla vedením byla velice nízká.

1. Úvod

Termodynamika popisuje rozsáhlé systémy mnoha molekul. Příkladem takového systému je ideální plyn, což je soustava velkého množství molekul (v řádech 10^{24}). Každá molekula má svoji polohu, hybnost a v principu je tedy možné předpovídat vývoj systému pomocí Newtonových zákonů. V praxi by to znamenalo soustavu $6 \cdot 10^{24}$ rovnic o $6 \cdot 10^{24}$ neznámých, což v reálném čase nezvládne ani nejlepší počítač. Také neznáme počáteční podmínky, hybnost a polohu, a proto se zavádí statistický popis $\rightarrow$ stavové veličiny.

Ideální plyn

Ideální plyn je soustava velkého množství molekul (v řádech 10^{24}).

Pro molekuly ideálního plynu platí, že:

- 1) rozměry molekul jsou mnohem menší než jejich střední vzdálenosti
- 2) molekuly ideálního plynu mezi sebou navzájem nepůsobí přitažlivými silami
- 3) srážky jsou dokonale pružné, doba srážky 2 molekul je menší oproti době jejich volného pohybu

Ideální plyn lze popsat stavovými veličinami:

tlak p , který je úměrný součtu změn hybností molekul narážejících na jednotkovou plochu za jednotkový čas, objemu V , počet molekul N a termodynamická teplota T , jež závisí na střední kinetické energii všech částic ($E_0 = 1,5kT$), k je Boltzmannova konstanta. Stavové veličiny jsou svázány stavovou rovnicí pro ideální plyn: $pV = NkT$

Účinnost je fyzikální veličina, která udává poměr mezi výkonem a příkonem stroje při vykonávání práce.

Cyklický děj je děj, při kterém se soustava po výměně tepla a vykonání práce vrací do výchozího

stavu. Příkladem je **Carnotův cyklus** - Roku 1824 Sadi Carnot objevil teoretický model tepelného stroje, který má největší možnou účinnost. Carnotův cyklus je vratný kruhový děj ideálního tepelného stroje, který se skládá ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů, má nejvyšší možnou účinnost z tepelných strojů.

Děje v ideálním plynu

1) Izotermický děj

– je děj, při kterém je teplota plynu konstantní a mění se pouze objem a tlak. Podle Boyle – Mariottova zákona platí vztah $pV = konst.$

2) Izochorický děj

– je děj, při kterém je objem plynu stálý, mění se pouze teplota a tlak.

Podle Charlesova zákona platí, že $p/T = konst.$

3) Izobarický děj

– je děj, při kterém se nemění tlak plynu, mění se jeho teplota a objem.

Z Guy – Lessacova zákona vyplývá, že $V/T = konst.$

4) Adiabatický děj

– je děj, při kterém nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím $pV^\gamma = konst.$

Peltierův článek je zařízení, které mění elektrickou energii na tepelnou a naopak. K tomu využívá studenou a horkou lázeň.

Horká lázeň je zahřívána elektrickým přístrojem, studená lázeň je ochlazována ledovou vodou.

Účinnost Peltierova článku je dána vztahem:

$$\varepsilon = W/Q_h = P_p/P_h$$

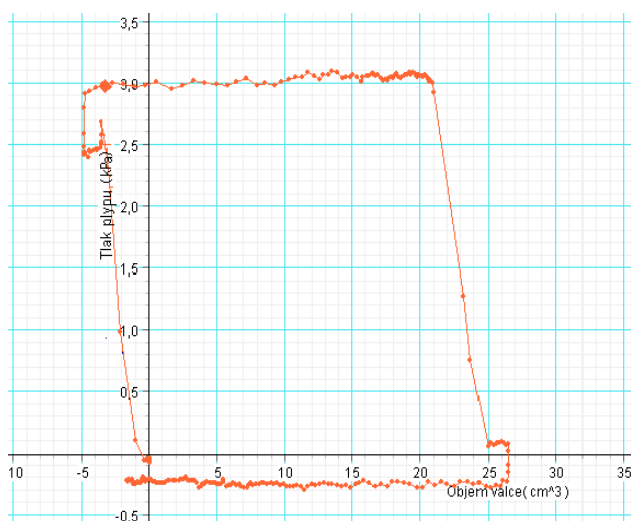
P_p je výkon dodaný strojem, P_h je výkon odebraný teplé lázni.

2. Měření

2.1 Experimentální sestava - Měření na tepelném stroji

Jednoduchý tepelný stroj zdvihne závaží a vykoná tak práci, která je dále porovnána se změnou potenciální energie závaží položeného na píst stroje (viz obr. 1).

Na kruhovém ději jednoduchého tepelného stroje jsme demonstrovali jednotlivé fáze cyklického děje, průběh měření byl snímán přístroji (tlakovým senzorem, rotačním senzorem) a v počítači zanášen do grafu (viz. graf 1).



Graf 1: pV diagram jednoho cyklu tepelného stroje

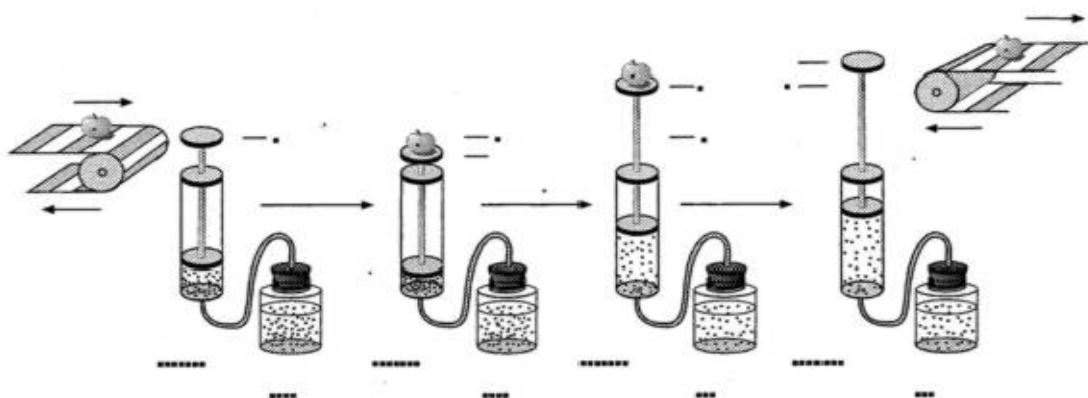


1 - Tepelný stroj

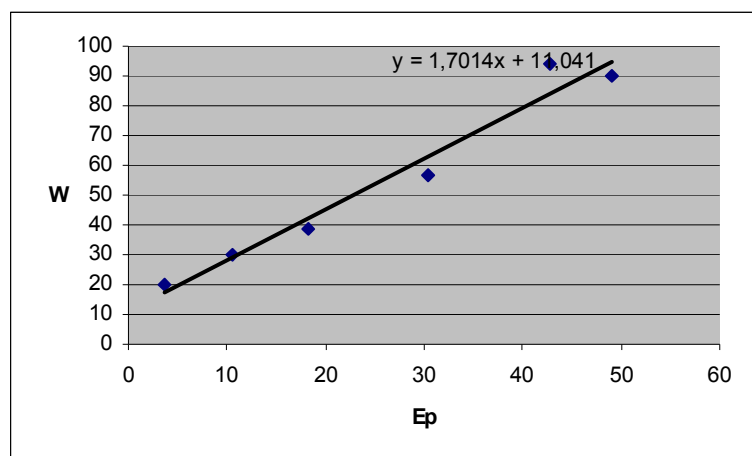
Práce plynu W' (tj. obsah plochy obrazce v grafu 1) by měla být v ideálním případě rovna změně potenciální energie závaží. Naše situace není ideální, protože se obě hodnoty od sebe liší. Změnu potenciální energie závaží spočteme pomocí vzorce $\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h$.

Postup

- 1) Na píst položíme závaží, které izotermicky stlačí plyn.
- 2) Po zahřátí pracovní látky(2) se izobaricky zvětšil objem a teplota, píst konal práci a zdvihl závaží.
- 3) Při sundání závaží se snížil tlak (3)
- 4) Při opětovném zchlazení se soustava vrátila do původního stavu.



Obrázek 2: Postup práce

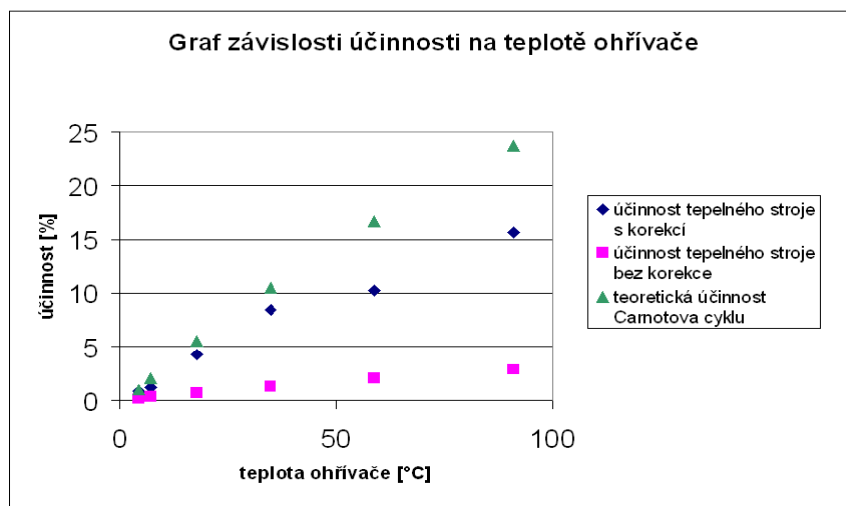
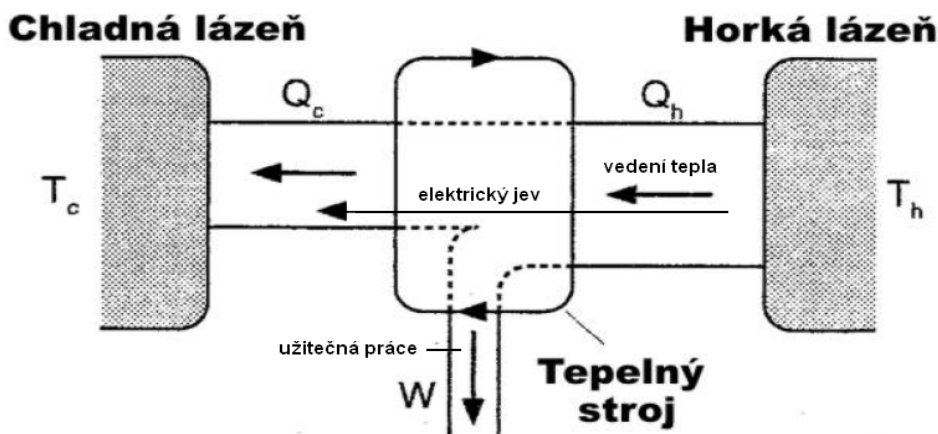


Obrázek 3: Graf závislosti E_p na W

2.2 Měření účinnosti Peltierova článku

Peltierův článek funguje na základě **Peltierova jevu**, který objevil v roce 1834 Jean C. Peltier. Když prochází proud obvodem se dvěma rozdílnými vodiči zapojenými v sérii, jedna z jejich styčných ploch se ochlazuje a druhá zahřívá.

Článek má dvě strany, z nichž jedna chladí a druhá topí. Zařízení pracuje s relativně nízkou účinností (viz. obr. pod textem)



Obrázek 4

3. Shrnutí

Graf účinnosti stroje v závislosti na rozdílu teplot lázní (viz. obr. 4)

Z grafu je zřejmé, že účinnost tepelného stroje s korekcí (tj. odečtení tepla, které proteklo součástí) je blízká účinnosti Carnotova cyklu.

Naopak účinnost tepelného stroje bez korekce (tj. zanedbání tepla, které proteklo součástí) je velmi nízká.

Závislost potenciální energie závaží na vykonané práci tepelného stroje (viz obr. 3)

Z grafu (obr. 3) je zřejmé, že W' je průměrně o 70 % větší než ΔE_p , což neodpovídá ideálnímu případu. Skutečnost je způsobena třením pístu o stěny nádoby, v nádobě byl vzduch místo ideálního plynu, nepřesností použitých přístrojů a také tím, že daný děj byl nevratný.

Poděkování

Děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a supervisorovi Ing. Vladimíru Pospíšilovi.

Reference

- [1] Doc. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc. a kolektiv, *Fyzika pro 2. ročník gymnázií*, SPN Praha 1985, 1. vydání
- [2] Ing. TARÁBEK P., Mgr. ČERVINKOVÁ P. a kolektiv, *Odmaturuj z fyziky*, Didactis s.r.o. Brno 2004
- [3] URL http://cs.wikipedia.org/wiki/Carnot%C5%AFv_kruh%C3%BD_d%C4%9Bj[cit. 19. 06. 2007]:79
- [4] M. Dicková, A. Krucký, Termodynamické zákony v praxi, Sborník Fyzikálního týdne 2007
- [5] Práce tepelného stroje, Fyzikální praktika FJFI
- [6] Účinnost tepelného stroje, Fyzikální praktika FJFI

Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů

T. Sýkora¹, M. Lanč², J. Krist³

¹ Gymnázium Českolipská, Českolipská 373, 190 00 Praha 9, tomas.sykora@email.cz

² Gymnázium Otokara Březiny a SOŠ Telč, Hradecká 235, 588 56 Telč, aris.haf@centrum.cz

³ Mendelovo gymnázium Opava, Komenského 5, 746 01 Opava, SO2@seznam.cz

Abstrakt

V předkládané práci je popsán způsob určení typu kubické mřížky z difraktogramů polykrystalů (konkrétně vzorků Al, Ni, α -Fe a TiCl) pořízených transmisí elektronovou mikroskopií (TEM). Dále byl z difraktogramů určován směr dopadajícího elektronového svazku na monokrystal zlata (struktura kubická plošně centrovaná - fcc).

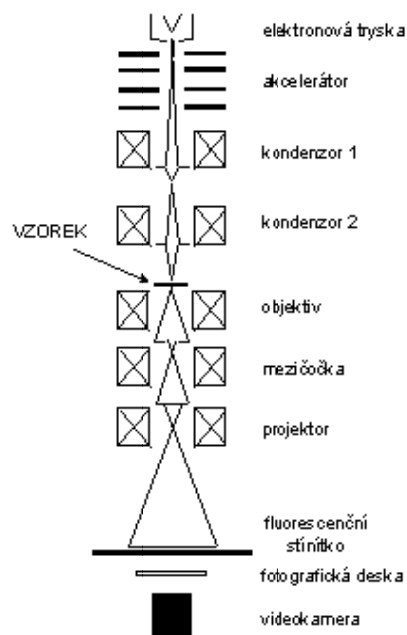
1. Úvod

Transmisí elektronová mikroskopie umožňuje zobrazit mikrostrukturu uvnitř materiálu v měřítku od několika mikronů až po zlomky nanometrů, určit symetrii krystalové mřížky pomocí elektronové difrakce a pokud je mikroskop vybaven příslušnými spektrometry, provést navíc lokální analýzu chemického složení. Proto se stala cenným nástrojem materiálového výzkumu [1].

2. Teoretická část

2.1. Transmisí elektronový mikroskop

Transmisí (prozařovací) elektronový mikroskop (TEM) využívá k zobrazení preparátu svazek elektronů. Ten je většinou emitován z wolframové katody a urychlován vysokým napětím. Dále je fokusován magnetickými čočkami a vysokou rychlostí dopadá na vzorek (Obr. 1). Při urychlovacím 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. Po průchodu elektronů vzorkem je obraz pozorován na fluorescenčním stínítku nebo snímán CCD kamerou. Aby nedocházelo k rozptylu elektronů na molekulách plynu, je v elektronovém mikroskopu udržováno vysoké až ultravysoké vakuum. Vzorek v TEM musí být dostatečně tenký, aby jím elektrony prošly (10 - 200 nm) [2].

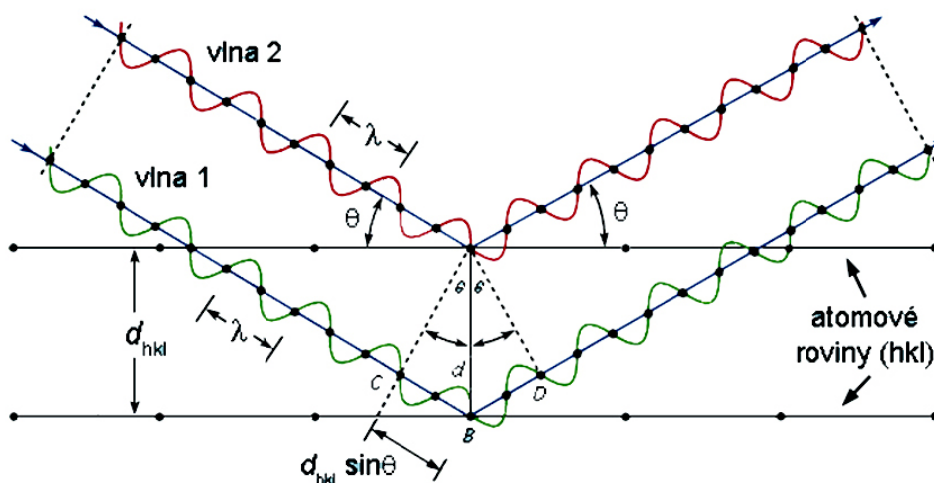


Obr 1. Schéma elektronového mikroskopu

2.2. Braggův zákon difrakce

Krystalové roviny o vzdálenosti d_{hkl} difraktují dopadající záření o vlnové délce λ pod úhlem θ , n značí řád interference (reflexe) [2]:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (1)$$



Obr 2. Schéma Braggova zákona difrakce.

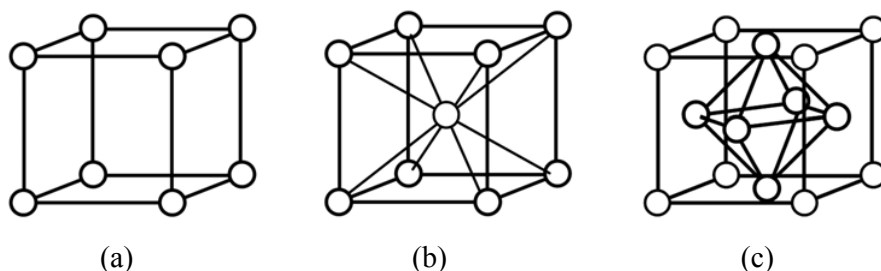
Při průchodu paprsku monokrystalem vytvářejí difrakční obrazce síť bodů, při průchodu polykrystalem to jsou soustředné kružnice.

2.3. Strukturní faktor

Strukturní faktor uvádí velikost výsledné amplitudy vlny vzniklé interferencí na elementární buňce. Každý typ kubické mřížky má jiný strukturní faktor.

2.4. Kubické krystalové mřížky

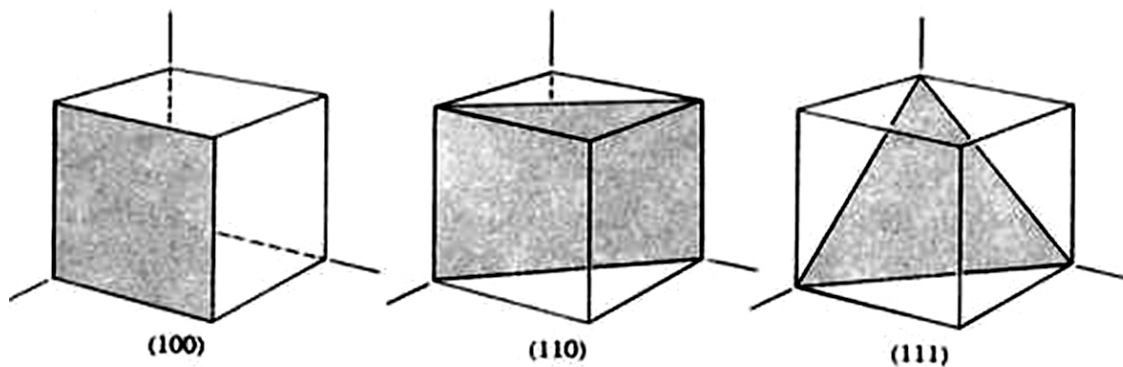
Existují tři typy kubických krystalových mřížek – prostá (*anglicky simple cubic – sc*), prostorově centrovaná (*body centered cubic – bcc*) a plošně centrovaná (*face centered cubic – fcc*) - obr. 3.



Obr. 3. Kubické mřížky: (a) prostá, (b) prostorově centrovaná, (c) plošně centrovaná.

2.4. Krystalové roviny

Millerovy indexy krystalových rovin získáme takto: pokud rovina prochází počátkem souřadného systému, posuneme ji mimo něj a určíme délky úseků, které rovina vytíná na osách definovaných základními vektory mřížky. Je-li rovina rovnoběžná s některou z os, je příslušný úsek na této ose roven ∞ a převrácená hodnota $1/\infty = 0$. Příklady některých nízkoindexových rovin v kubické mřížce jsou na obrázku 4.



Obr. 4. Příklady indexování krystalových rovin

2.5. Postup indexování kroužkových difraktogramů

Svazek elektronů dopadá na polykrystalický vzorek a je difraktován na krystalových rovinách. Podle typu mřížky dochází ke konstruktivní (vlny mají stejnou fázi) nebo destruktivní interferenci (vlny mají opačnou fázi), což se projeví v počtu soustředných kružnic ve vzniklém difraktogramu. Každé kružnici odpovídá jedna krystalová rovina. Využitím Braggova zákona a strukturního faktoru lze odvodit, které roviny přispívají k difrakci a které reflexe (kroužky) se v důsledku destruktivní interference nezobrazí.

U prosté kubické mřížky k destruktivní interferenci nedochází a všechny roviny hkl (100, 110, 111, 200, 210, 211, 220, 221, 222, 300, 311, 321, 400, 311, ...) se v difraktogramu zobrazí.

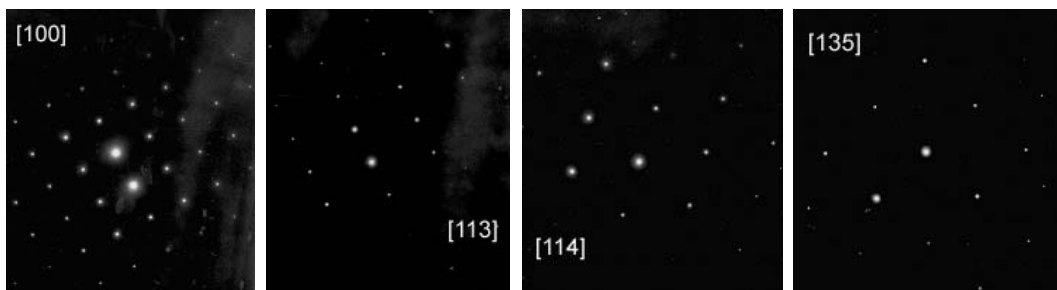
U prostorově centrované kubické mřížky difraktují pouze roviny, pro něž je součet indexů hkl sudé číslo. Reflexe, jejichž součet indexů h,k,l je lichý, jsou zakázané.

U plošně centrované mřížky v difraktogramu chybí zakázané reflexe, pro které platí, že jejich indexy h,k,l jsou kombinace lichých a sudých čísel.

3. Praktická část

3.1. Monokrystal

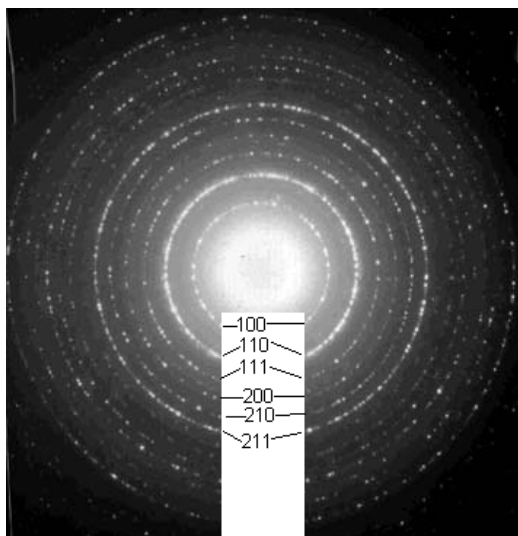
Úkolem bylo přiřadit k jednotlivým difraktogramům monokrystalu zlata (struktura fcc) směr dopadajícího elektronového svazku ($B=z$). Změřením úhlů mezi jednotlivými interferenčními maximy a vzdálenostmi mezi nimi byly na základě tabulek [3] přiřazeny směry [100], [113], [114] a [135] – Obr. 5.



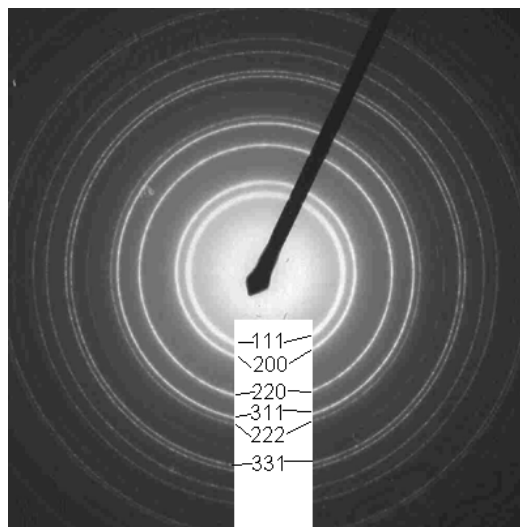
Obr. 5. Difraktogramy různě natočených monokrystalů zlata; krystalové směry jsou vyznačeny na obrázku.

3.1. Polykrystaly

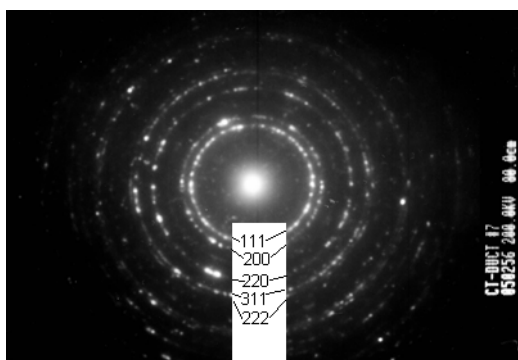
Na základě poloměrů soustředných kružnic na difraktogramech a jejich zpracováním jsme oindexovali 4 různé kroužkové difraktogramy (Obr. 6).



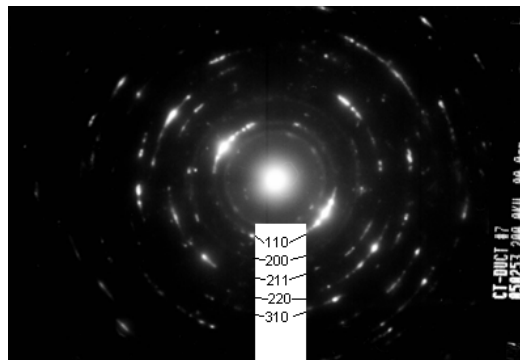
TiCl (sc – primitivní)



Al (fcc – kubická plošně centrovaná)



Ni (fcc – kubická plošně centrovaná)



α -Fe (bcc – kubická prostorově centrovaná)

Obr. 6. – Kroužkové difraktogramy.

4. Závěr

Měli jsme možnost prohlédnout si 200 kV transmisní elektronový mikroskop, který katedra materiálů FJFI ČVUT využívá na MFF UK. Kromě různých krystalů vhodných pro demonstraci difrakce elektronů jsme na mikroskopu pozorovali i vlastní vzorky nanočástic Ag. Fotodokumentace z tohoto pozorování bohužel nebyla ihned k dispozici (vyvolávání negativů mokrou cestou), a proto jsme ji nemohli v tomto příspěvku využít. Seznámili jsme se se základními typy kubických krystalových mřížek, indexováním krystalových rovin, Braggovým zákonem difrakce a použitím TEM pro zobrazování krystalových poruch a atomové struktury materiálů.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali všem organizátorům Fyzikálního týdne na FJFI ČVUT v Praze. Zvláštní dík patří doc. RNDr. Miroslavu CIESLAROVÍ, CSc. Z katedry fyziky materiálů MFF UK, který obsluhoval TEM, Ing. Ondřeji ŠIMKOVÍ, Dr.- Ing. Petru HAUŠILDOVI a doc. Dr. RNDr. Miroslavu KARLÍKOVÍ za pomoc se zpracováním výsledků měření a grafickou úpravou posteru a příspěvku do sborníku.

Reference:

- [1] KARLÍK, M., Transmisní elektronová mikroskopie: pohled do nitra materiálů, *Čs.čas.fyz.* **55**, 2005, 457-464.
- [2] KITTEL, CH.: *Úvod do fyziky pevných látek*, Academia, 1985, 21, 73
- [3] SMOLA, B.: *Transmisní elektronová mikroskopie ve fyzice pevných látek* Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1983, Tabulka IV 158-159.

Počítačové zpracování obrazu – analýza snímků družic

M. Beránek, Gymnázium Dr. A. Hrdličky, Humpolec

B. Franková, Gymnázium, Brno – Řečkovice

J. Hutař, Katolické gymnázium Třebíč

michalberanek@centrum.cz

Abstrakt

V naší práci jsme se zaměřili na pojem kosmické smetí (Space debris), které svým pohybem může ohrozit kosmickou stanici ISS a funkční družice. Ověřili jsme přesnost predikce pohybu kosmických těles v praxi využitím CCD kamery, počítačem řízeného teleskopu a počítačových programů.

1 Úvod

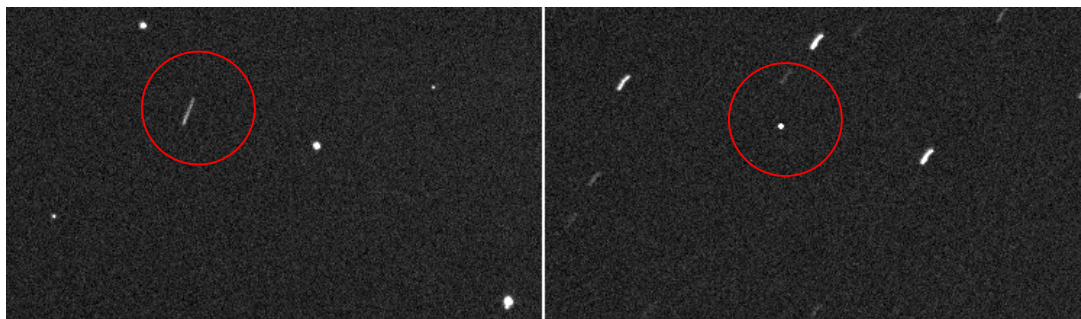
Už od dob prvních družic se na oběžných drahách kolem Země hromadí zbytky nosných raket, nefunkční družice, fragmenty vzniklé rozpadem družic (srážkami, explozemi paliva apod.) a jiné vedlejší produkty kosmických letů. Toto smetí, nazývané Space debris, se ukazuje jako rostoucí problém. V tuto chvíli se kolem Země pohybuje přibližně 600 funkčních družic z původních 6000, které byly vypuštěny na oběžnou dráhu. I malé částičky (0,5 cm – 1 m) mohou vzhledem k vysoké rychlosti ($3,1 - 7,1 \text{ ms}^{-1}$) představovat nebezpečí pro funkční družice a nové kosmické mise. Z tohoto důvodu vyplývá nutnost katalogizace těchto objektů.

Cílem naší práce tedy bylo praktické vyzkoušení ovládání a kalibrace teleskopu, astronomické CCD kamery, navádění teleskopu na družice a kosmické smetí, zpracování snímků a ověření přesnosti predikce pohybu měřených objektů.

2 Analýza snímků družic

Metodika

K optické detekci družic se používají dvě metody, přímá a inverzní. Při přímé metodě se teleskop se CCD kamerou zaměří tak, aby v zorném poli byl jak předpokládaný průlet objektu tak alespoň 3 katalogizované hvězdy a pořídí se obraz. Pozorovaný objekt se na snímku jeví jako čára, zatímco okolní hvězdy jako body. Naopak při inverzní metodě je kamera synchronizována na dráhu pozorovaného objektu a tudíž je družice zobrazena jako bod a hvězdy jako čáry.

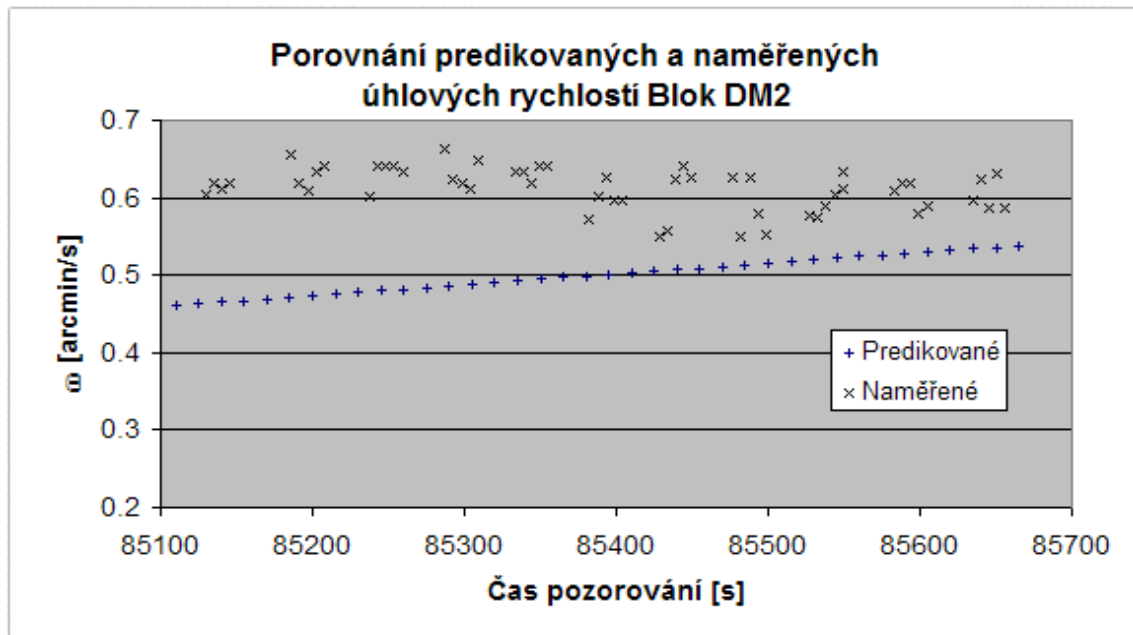


Přímá metoda

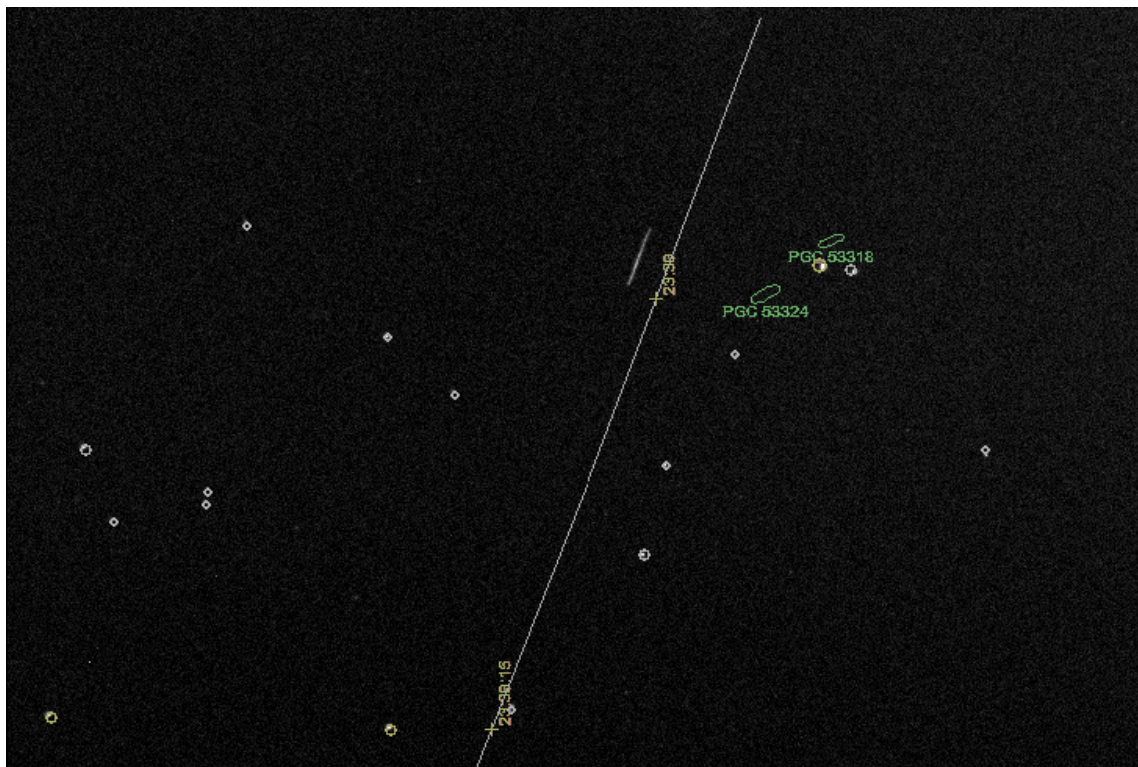
Inverzní metoda

Analýza snímků

Snímky kosmického smetí (zbytek nosné rakety, označení Blok DM2, USSPACECOM catalog No.: 23739), pořízené na Štefánkově hvězdárně za pomoci teleskopu Meade LX200 a CCD kamery SBIG ST-10, jsme vyhodnotili za použití počítačového programu CCDSoft a zpracovali pomocí programu SkyMapToFit. Pořízené snímky jsme porovnali s předpovědí pohybu objektu z demoverze programu SkyMap Pro.



Graf č.1: porovnání predikovaných a naměřených úhlových rychlostí Blok DM2



Blok DM 2- 2008-06-02 UT23:39:51.549, Expozice 2s

3 Závěr

Během dvou dní jsme poznali mnoho zajímavého a dozvěděli se spousty nových informací z oblasti astronomické vědy. Pracovali jsme s nejmodernějšími programy pro analýzu snímku vesmírných těles. Poznali jsme Štefánikovu hvězdárnu v Praze a její technologie.

Při porovnání prediktivních hodnot se skutečnými jsme zjistili, že pozorovaný objekt kolem predikované pozice proletěl o 23,541 sekund později. Jeho dráha byla vychýlena přibližně o 3 úhlové vteřiny. Odchylka námi naměřených úhlových rychlostí oproti predikovaným byla zhruba 0,112 arcmin/s.

Poděkování

Naše velké poděkování patří panu Ing. Martinovi Fuchsovi za umožnění práce s teleskopem a kamerou na Štefánkově hvězdárně v Praze. Dále bychom samozřejmě chtěli poděkovat panu Ing. Martinovi Němcovi za jeho trpělivost a pomoc v těžkých chvílích našeho projektu.

Reference

- [1] Ing Němec M. – Počítačové zpracování obrazu – analýza snímků družic
- [2] Internetové stránky Štefánikovy hvězdárny, www.observatory.cz

Počítačové zobrazování fraktálních množin

O.Lanč*, K. Tesař**, P. Vahalová***

*Gymnázium Otokara Březiny a SOŠ Telč

**SPŠ elektrotechnická Plzeň

***Gymnázium Plasy

*lancondrej@centrum.cz

**kaja.tesar@seznam.cz

***vahalovapetra@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo bližší seznámení s fraktálními množinami, jejich počítačovým zobrazením a možným použitím v praxi.

1 Úvod

Hlavní náplní naší práce bylo nalezení algoritmů pro počítačové zobrazení Mandelbrotovy a Juliových množin s použitím zdrojových kódů pro vykreslování bodů a seznámení se s dalšími základními poznatky o fraktálních množinách.

Fraktál je geometrický objekt, který lze definovat například jako množinu s následujícími vlastnostmi:

- soběpodobnost – objekt je složen z útvarů, které jsou zmenšeninami původního objektu
- složitá geometrická struktura, kterou lze často popsat jednoduchou opakující se matematickou funkcí
- Hausdorffova (fraktální) dimenze je větší než dimenze topologická

Avšak neexistuje žádná obecně platná definice fraktálů.

2 Fraktální geometrie

Fraktální geometrie je vědní obor rozvíjející se od 60. let 20. století. Zabývá se studiem složitých geometrických útvarů, nazývaných fraktály. Za zakladatele je považován Benoit B. Mandelbrot, který poprvé matematicky definoval fraktál, ačkoli fraktály byly známy již před Mandelbrotem například v podobě přírodních útvarů.

Topologická dimenze

Topologická dimenze určuje počet parametrů, který je potřebný k popsání určitého bodu tělesa. Například k určení bodu na přímce, sinusoidě apod. stačí pouze jeden parametr, proto má přímka topologickou dimenzi jedna. Chceme-li určit bod v rovinném obrazci (např. čtverec, kruh) potřebuje k popsání tohoto bodu dva parametry, pak je topologická dimenze rovna dvěma, obdobně pro prostorové útvary rovna třem.

Hausdorffova dimenze

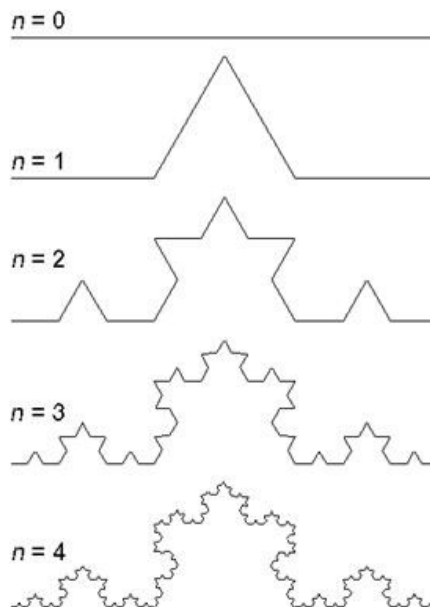
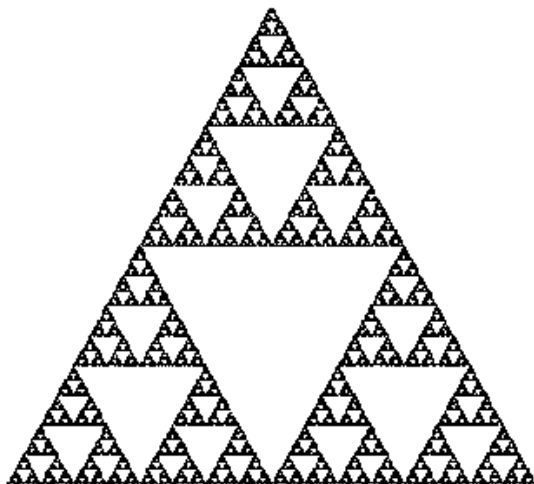
Hausdorffova, někdy též nazývaná fraktální, dimenze popisuje složitost (členitost) objektů. Geometricky hladké objekty (přímka, čtverec, krychle, apod.) tedy mají Hausdorffovu dimenzi shodnou s topologickou. Avšak geometricky složitější útvary, jako fraktály mají tuto dimenzi větší než dimenzi topologickou a rozdíl mezi těmito dimenzemi udává složitost jednotlivých fraktálů (tj. čím větší rozdíl, tím je složitost větší). Hausdorffova dimenze nemusí nabývat celočíselných hodnot.

3 Základní fraktální útvary

Kochova křivka

Princip tohoto fraktálního útvaru spočívá v tom, že při prvním kroku vycházíme z úsečky a v každém následujícím kroku ji rozdělíme na tři části a prostřední část nahradíme zvoleným vzorem, v tomto případě dvěma úsečkami svírajícími úhel 60° , zmenšenými na jednu třetinu svého původního rozměru.

Číslo n udává počet provedených kroků. Hausdorffova dimenze Kochovy křivky je rovna $\log 4 / \log 3$, což se přibližně rovná 1,27.



Sierpinského trojúhelník

Rovnostranný trojúhelník rozdělíme středními příčkami na čtyři stejné části. Poté vyjmemе prostřední část a stejný postup stále opakujeme se zbývajících třemi trojúhelníky.

Benoit B. Mandelbrot a Mandelbrotova množina

Benoit B. Mandelbrot byl francouzský matematik polského původu narozen 20. ledna 1924. Studoval pod vedením Gastona Julii, po němž byly později pojmenovány Juliovy množiny. Mandelbrot je považován za zakladatele fraktální geometrie, jako první definoval pojem fraktál. Také je po něm pojmenována jedna z nejznámějších fraktálních množin – Mandelbrotova množina.

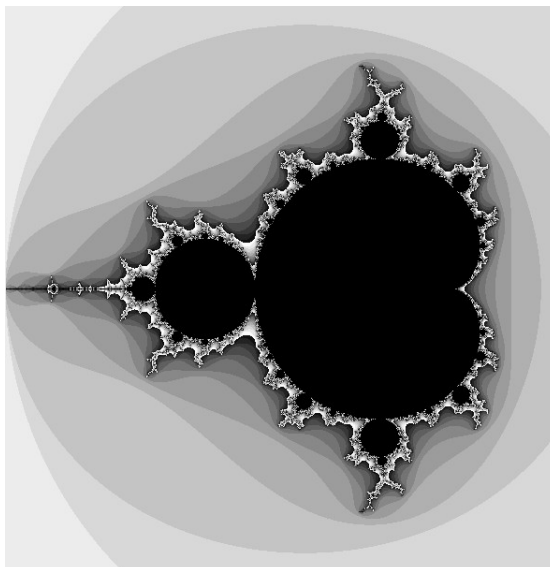
Mandelbrotova množina je definována jako množina komplexních čísel, pro která limita posloupnosti:

$$z_{n+1} = z_n^2 + c; \quad c = z_0$$

nenabývá nekonečna (diverguje).

Konstanta c je pro každý bod množiny jiná (podle zvoleného z_0).

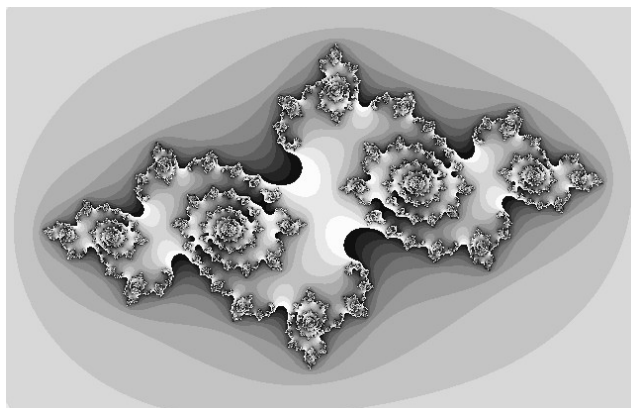
Aby tedy číslo do množiny patřilo, nesmí absolutní hodnota kteréhokoli z_n přesáhnout číslo 2.



```
// Funkce pro vypočet iteracni posloupnosti Mandelbrotovy mnoziny
int mandelbrot(double x, double y, int limit) // x, y - souradnice bodu; limit -
maximalni pocet iteraci
{
    double x1 = x, y1 = y;    // aktualni souradnice
    double x2, y2;            // pomocne promenne pro vypocty
    int i = 0;
    // cyklus probihajici do doby, nez probehnou vsechny iterace, nebo dokud absolutni
    hodnota c nepresahne 2
    while(i < limit && x1*x1+y1*y1 < 4.0)
    {
        // vypocet novych bodu
        x2 = x1*x1-y1*y1+x;
        y2 = 2.0*x1*y1+y;
        x1 = x2;
        y1 = y2;
        i++;
    }
    return limit-i;
}
```

Juliovy množiny

Juliovy množiny jsou podobné množině Mandelbrotově s tím rozdílem, že konstanta c je pro celou množinu stejná. Konstanta c může být libovolná, tudíž Juliovy množiny je nekonečně mnoho.



```
// Funkce pro vypocet iteracni posloupnosti Juliovyh mnozin
int julia(double x, double y, int limit, double cx, double cy) // cx, cy -
konstantni hodnoty
{
    double x1 = x, y1 = y; // aktualni souradnice
    double x2, y2; // pomocne promenne pro vypocty
    int i = 0;
    // cyklus probihajici do doby, nez probehnou vsechny iterace, nebo dokud absolutni
    hodnota c nepresahne 2
    while(i<limit && x1*x1+y1*y1<4.0)
    {
        x2 = x1*x1-y1*y1+cx;
        y2 = 2.0*x1*y1+cy;
        x1 = x2;
        y1 = y2;
        i++;
    }
    return limit-i;
}
```

4 Využití fraktálů v praxi

- počítačová grafika – modelování přírodních krajin a objektů, například hory, říční systémy, stromy, kapradiny, apod., nejčastěji využíváno v počítačových hrách
- simulace průběhu difúze a jiných chaotických jevů
- umění

5 Shrnutí

Výsledkem naší práce bylo nalezení již výše zmíněných algoritmů pro počítačové zobrazení fraktálních množin, jejich zobrazení a získání mnoha nových poznatků o fraktální geometrii a jejím praktickém využití.

Naše další snahy v tomto oboru se budou ubírat směrem k vytvoření zpracovanějšího programu a vhodných fraktálních množin pro umělecké účely.

Poděkování

- Organizátorům Fyzikálního týdne 2008 – Vojtěch Svoboda, Marie Svobodová, Zuzana Sekerešová
- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT
- Supervizorovi Ing. Petrovi Paušovi

Reference:

- [1] P.Pauš, *Počítačové generování fraktálních množin*, FJFI ČVUT 2003/2004
<http://geraldine.fjfi.cvut.cz/~pausp/files/reserse.pdf>
- [2] P.Tišnovský, <http://www.root.cz/clanky/fraktaly-v-pocitacove-grafice-i/> [cit. 3.6.2008]
- [3] P.Tišnovský, <http://www.root.cz/clanky/fraktaly-v-pocitacove-grafice-ii/> [cit. 3.6.2008]
- [4] P.Tišnovský, <http://www.root.cz/clanky/fraktaly-v-pocitacove-grafice-x/> [cit. 3.6.2008]

GNU/Linux

F.Karpíšek, gymnázium Vysoké Mýto, Filip.Karpisek@seznam.cz

M.Vystrčil, gymnázium AD FONTES Jihlava, vystrcil.martin@gmail.com

J.Žaloudek, gymnázium dr. A. Hrdličky Humpolec, honzicekz@gmail.com

Abstrakt

Linux je moderní operační systém (OS), jehož ovládání je stejně přívětivé jako u jiných systémů. Lze výkonově i vzhledově přizpůsobit každému požadavku, je bezpečný, obsahuje mnoho aplikací včetně kancelářských balíků a je zdarma.

1 Úvod

Linux je operační systém, který byl původně vytvořen pro zábavu mladým studentem jménem Linus Torvalds na finské univerzitě v Helsinkách. Linus se zajímal o Minix a malý Unix systém a věřil ve vývoj systému, který by překonal Minix standard. Linus začal svoji práci v roce 1991, kdy vydal verzi 0.02 a neustále pracoval až do roku 1994, kdy vyšla verze 1.0 Linux jádra. Jádro se v srdci systému Linux vyvíjí a vydává pod licencí GNU (General public license) a jeho zdrojové kódy jsou dostupné zdarma a pro každého. Je to právě jádro, které dalo vzniknout Linuxu a jeho vývoji. Jsou zde doslova stovky společností, organizací a několik jednotlivců, kteří vyvíjí své vlastní verze operačního systému založené na Linux jádru. Více informací o jádře můžeme najít na sesterském serveru LinuxHQ a v archivech na oficiálních stránkách Linux. Nejaktuálnější verze jádra je uváděna jako 2.6.25 a vývoj pokračuje.

2 Operační systém Linux

2.1 Linux a jeho historie

Kromě faktu, že je volná distribuce Linuxu funkční, přizpůsobivá a robustní, je vyvíjen jako alternativní systém pro Unix a Microsoft Windows, IBM, Hewlett-Packard a ostatní giganti počítačového světa se ujali Linuxu a podporují a pokračují v jeho vývoji. Linux byl celosvětově přijat jako primární systém pro servery. Linux se používá doma i v kancelářích na stanicích a jako operační systém je na vzestupu. Operační systém může také být začleněn přímo do mikročipů v systémech nazývajících se „embedded“ a stále více se začíná používat v různých zařízeních.

Během devadesátých let techničtí učenci Linux zavrhlí, protože netušili jeho potenciál, a mínili, že je nevhodný pro obecné potřeby výpočetní techniky. Díky úsilí vývojářů je k dispozici řada volného softwaru, jakým jsou KDE a GNOME, kancelářský balík OpenOffice.org a webový prohlížeč Mozilla, což je jen malá část z široké škály aplikací běžících na Linuxu, které mohou být používány kýmkoli bez ohledu na jeho znalosti

počítačů. Linux můžete stáhnout na live CD (distribuce Knoppix). Obsahuje vše, co byste mohli při každodenní práci potřebovat. Navíc není potřeba žádná instalace. Jde spustit kdekoliv, kde je možné bootovat z CD mechaniky. Kromě Live CD je možné bootovat například i z USB, nebo se Linux přímo nachází v motherboardu. Ti kteří se rozhodli pokračovat v užívání Linuxu, se mohou rozhodnout mezi nepřehledným množstvím distribucí a verzí jednoduchých na instalaci, konfiguraci a použití.

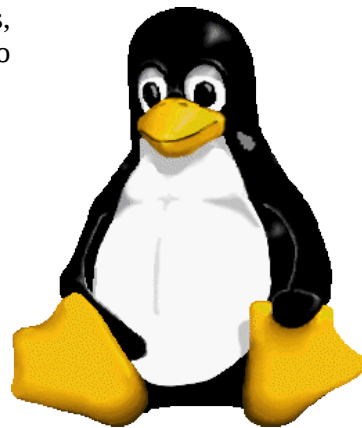
Každým dnem se Linux používá v čím dál tím větší oblasti lidské činnosti. Víme, že Linux je instalován na počítačích ve státní správě, firmách i v uměleckých kruzích.

Linux má oficiálního maskota, Tuxe, tučňáka Linuxu, kterého vybral sám Linus Torvalds, aby reprezentoval ideu, která se mu vybavuje s operačním systémem. Tuxe vytvořil Larry Erwing a velkoryse ho daroval komunitě, aby byl zdarma využíván k propagaci Linuxu. Další podrobnosti, variace Tuxe a alternativní loga budou popsány dále.

Mnoho lidí přesně neví, jak se slovo Linux vyslovuje. I když existují mnohé variace tohoto slova, většinou kvůli ovlivnění mateřštinou, běžně se vyslovuje s krátkým „i“.

2.2 Variace Tuxe a alternativní loga Linuxu

Oficiální Linuxový tučňák, kterého vybral Linus Torvalds, je obrázek napravo, který je navíc distribuován jako součást jádra.



Domov oficiálních tučňáků Larryho Erwinga:

<http://www.isc.tamu.edu/~lewing/linux/>

Pár obrázků na plochu:

<http://www.coresis.com/extra/penguin/index.htm>

Kombinace tučňáků Larryho Erwinga a Linuxového loga Alana Petlocka:

<http://www-mddsp.enel.ucalgary.ca/People/adilger/logo/>

Obrázky ze soutěže o logo Linuxu:

<http://www.cs.earlham.edu/~jeremiah/linux-pix/linux-logo.html>

Tučňáci na webu:

<http://tunes.org/~do/penguindex.html>

Další obrázky tučňáků:

<http://ibiblio.org/pub/Linux/logos/penguins/!INDEX.html>

2.3 Životopis, Linus Torvalds

Počátky Linusova života

Linus Torvalds se narodil 28. prosince 1969 v Helsinkách. Byl synem Nilse a Anny Torvaldsovců. Oba rodiče povoláním novináři. Linus se už jako malý zajímal o počítače, což velmi znepokojovalo jeho babičku. Byl výborný v matematice na střední škole. Linus a jeho rodina byli menšinou ve Finsku, jejichž mateřský jazyk nebyla Finština ale Švédština, o čemž se moc neví. Kvůli tomuto byla první verze Linuxu ve Švédštině, které nikdo moc nerozuměl a bylo to považováno za velikou chybu.

Linusova univerzitní léta

Linus Torvalds se zapsal na kurz počítačových věd v roce 1988 v Helsinkách. Poté, co koupil počítač s procesorem Intel 386 CPU, začal používat Minix, a Unix vyrobený Andrewem Tannenbaumem jako učební pomůcku. Linus nebyl zaujatý hlavním systémem a zvláště si stěžoval na nedostupnost emulaci terminálu, který potřeboval, když se chtěl připojit na univerzitní počítač. Linus věřil, že se mu povede udělat program, který by emuloval terminál, nezávisle na Minixu. Toto byl první krok k vytvoření Linuxu.

Vývoj Linuxu

Linus začal rychle vyvíjet emulátor terminálu, který byl pro něj nyní dostačující. Linus začal přemýšlet nad tím, že by bylo dobré umožnit ostatní věci jako kopírování a ukládání souborů. Nyní se Linux doopravdy zrodil. Linus chtěl své dílo nejdříve nazvat Freax. Nakonec to ho změnil na Linux po výzvě kamaráda. V srpnu 1991 oznámil Linus pomocí síťové zprávy, že pracoval na tomto operačním systému.

Linus nahrál na servery první verzi Linuxu(0.01) v září 1991, tím se linux dostal do světa.

From: torvalds@klaava.Helsinki.FI (Linus Benedict Torvalds)3,3

Newsgroups: comp.os.minix

Subject: What would you like to see most in minix?

Summary: small poll for my new operating system

Message-ID: <1991Aug25.205708.9541@klaava.Helsinki.FI>

Date: 25 Aug 91 20:57:08 GMT

Organization: University of Helsinki

Ahoj všichni, venku se používá Minix – Já jsem vyvíjel volný operační systém (jako koníček, mohl by být velký a profesionální jako GNU) pro 386(486) AT klony. Začal jsem ho vyvíjet v září a za nedlouho bude připraven k použití. Chtěl bych nějakou odpověď na to, jestli se vám můj systém líbil více než Minix, kterému se můj systém podobá v některých věcech(stejné systémové rozvržení a ostatních záležitostech). Již nyní jsem připojil terminál(1.08) a gcc(1.40), a věci potřebné k práci. To naznačuje, že jsem vyrobil něco, co je praktické během pár měsíců, a chtěl bych vědět jaké věci by chtělo mnoho lidí. Jakékoliv návrhy jsou vítány, ale nemohu slíbit jejich realizaci :-)

Ps. Ano – neobsahuje žádný kód z Minixu a má mnohovláknový souborový systém. Není to přenosné(používá 386 koncept přepínání úloh), a pravděpodobně nebude nikdy podporovat žádné jiné harddisky, než ty, které mám :-)

Manželství a rodina

V roce 1993 učil Linus v přípravném výpočetním kurzu na universitě v Helsinkách. Tam ho

mladá dáma z jeho třídy, jménem Tove Monni, pozvala e-mailem na rande, později se stala jeho ženou. Tove a Linus mají tři dcery, Patricii, Miranda a Daniela.

Do USA a Transmety

Ke konci roku 1996 přijal Linus pozvání k návštěvě Kalifornského ředitelství Transmety Corporation, firmy, která byla v počátcích vývoje úsporných procesorů. Linus byl zaujatý jejich prací a počátkem roku 1997 přijal pozici v Transmetě a přestěhoval se do Kalifornie s celou rodinou. Jeho prací bylo dohlížet na vývoj jádra.

Open Source Development Laboratory

V červnu 2003 opustil Linus Transmetu proto, aby se mohl soustředit výhradně na jádro Linuxu a začal pracovat pod křídly Open Source Development Labs (OSDL), konsorcia, které bylo tvořeno high-tech firmami včetně IBM, Hewlwt-Packard, Intel, AMD, RedHat, Novell a mnohými dalšími. Účel tohoto konsorcia byl zajistit vývoj Linuxu. OSDL se spojily s The Free Standarts Group v lednu 2007, čímž vzniklo The Linux Foundation.

3 Závěr

Linux je moderní operační systém, který se vyvíjí každým dnem a neuvěřitelně rychle reaguje na potřeby uživatelů, ať už se jedná o jednotlivé uživatele, vládní organizace nebo podnikatele. Je volně přístupný včetně zdrojových kódů, a tak umožňuje i samotným uživatelům vlastní úpravy podle přesných požadavků. Navíc se obrovské množství linuxových nadšenců věnuje „osvětové“ činnosti, čímž umožňují i relativně nezkušeným uživatelům proniknout do tajů tohoto nového světa.

Poděkování

Děkujeme kolektivu z Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického. Rektorátu, organizátorům fyzikálního týdne a hlavně panu inženýru Robertu Strakovi.

Reference

- | | | |
|---|---------------------------------|---|
| 0 | Linux home page | http://www.linux.org/ |
| 1 | České stránky systému GNU/Linux | http://www.linux.cz/ |
| 2 | Linux, Wikipedie | http://cs.wikipedia.org/wiki/Linux |

Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek

V. Klevarová, T. Kráčmerová, V. Vítek
Gymnásium Matyáše Lercha
Gymnásium Václava Hraběte
Gymnásium Bystřice nad Pernštejnem
veronika.klevarova@centrum.cz, tekik@seznam.cz,
lada.vitek@centrum.cz

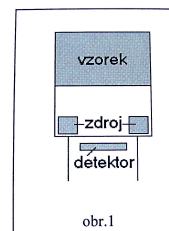
Abstrakt:

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je analytická metoda, využívající charakteristické záření vybuze­né ve vzorku ke stanovení přítomnosti a kvantity prvků. Tuto metodu nelze použít pro prvky s protonovým číslem menším než 15 (tzn. organické materiály) a neumí určit chemickou sloučeninu, ve které se prvek nachází. I přes některé dílčí nedostatky se jedná o metodu s velkým uplatněním, zejména při zkoumání památek. V tomto oboru lze zvláště ocenit další vlastnost - nedestruktivnost. Objekt tedy při měření není zničen či poškozen.

1 Teoretický úvod

Jedna z důležitých, hojně využívaných analytických spektrometrických metod je tzv. radionuklidová rentgenfluorescenční analýza. Jedná se o metodu používající charakteristické záření vybuze­né ve vzorku k určení přítomnosti zájmových prvků. Tato metoda je použitelná pouze pro prvky s protonovým číslem min. 15 – vybuze­né záření prvků s nižším protonovým číslem není detekovatelné detektorem.

Principem metody je využití vhodného zdroje záření a detektoru snímajícího záření vybuze­né. Nejčastěji používanými zdroji bývají ^{55}Fe , ^{238}Pu , ^{109}Cd , ^{241}Am , ^{244}Cm , ^{57}Co . Při výběru vhodného zdroje je podstatné především to, aby měl zdroj dostačující energii k vybuze­ní charakteristického záření. Budící záření dodává elektronům v atomu energii. Je-li tato energie o něco vyšší než vazebná energie elektronu, dojde k jeho vyražení z některé vnitřní slupky atomu. Tento elektron je poté nahrazen jiným elektronem z vnější slupky. Při vyrovnání vazebných energií se uvolní energie zvaná jako rentgenové záření, charakteristické pro každý atom.



obr.1
Geometrické uspořádání při použití anulárního zdroje záření.

Jako zdroj budícího záření používáme ^{238}Pu (vyzařuje fotony energií 13-21 keV, pro naše měření nejlépe použitelné).

Závislost mezi energií charakteristického záření (linií K,L,M..) a protonovým číslem atomu prvku objevil H. G. J. Moseley. Tuto závislost vyjádřil rovnicí:

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

K, b – konstanty

Z – protonové číslo

E – energie kanálu

Ke každé energii píku pocházejícího ze vzorku je přiřazeno protonové číslo Z. Pro účely našeho měření bylo potřeba nejdříve detektor vhodnými prostředky energeticky zkalibrovat.

ENERGETICKÁ KALIBRACE

Energetická kalibrace je proces přiřazení hodnoty energie jednotlivým kanálům.

K tomuto účelu jsme použili vzorek o známém složení prvků (V, Fe, Zn, As, Br, Sr). Tento vzorek jsme nechali vystavit působení zdroje budícího záření. Změřeným hodnotám energií jsme přiřadili příslušné číslo kanálu. Vše za pomoci tabulek, v nichž jsou obsažena potřebná data.

Následně jsme sestavili kalibrační rovnici, z které jsme vyčetli lineární závislost energie na protonovém čísle. Díky tomu jsme byli schopni sestavit kalibrační rovnici, kde:

$$E = a \text{ CH} + b$$

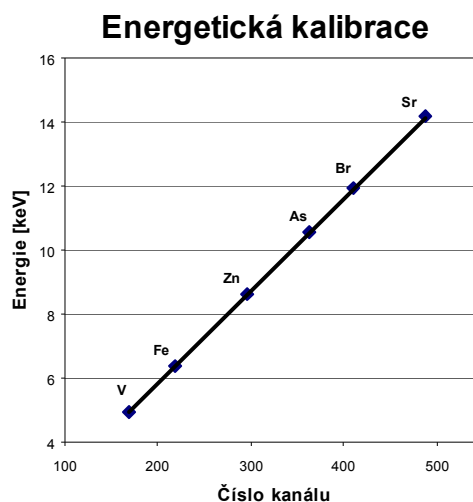
CH - číslo kanálu

$$E = 0.0288 \text{ CH} + 0.1083 \text{ keV}$$

a, b – konstanty

E – vyzářená energie

Prvek	Kanál	Energie [keV]
V	168	4,952
Fe	218	6,403
Zn	296	8,638
As	362	10,543
Br	410	11,923
Sr	487	14,16



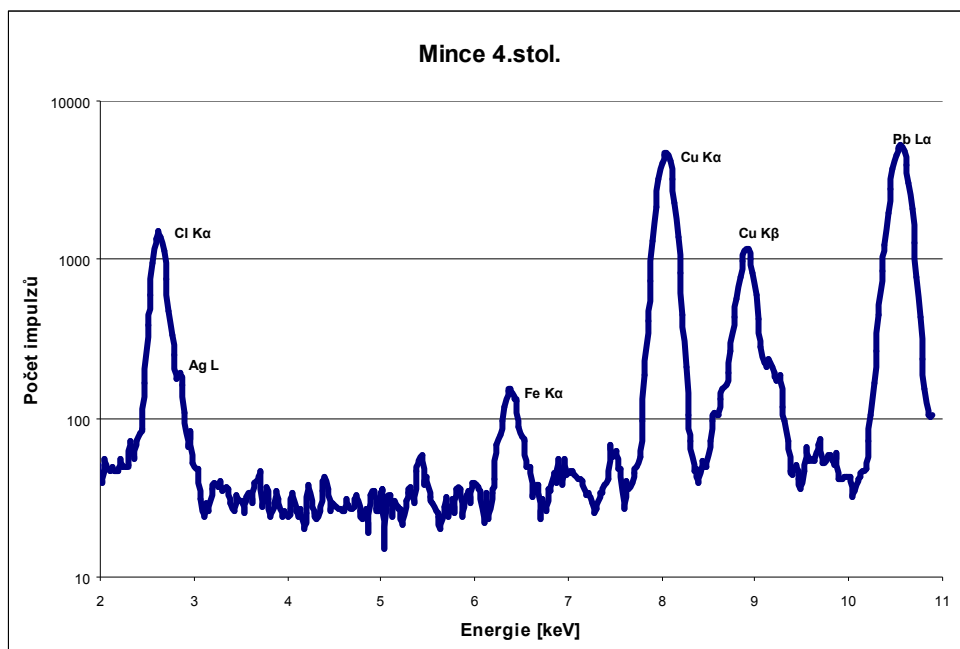
Změříme-li tedy nyní energie vyzářené zkoumaným vzorkem, je možné zjistit jeho prvkové složení.

2 Vlastní analýza

Naším cílem bylo zjistit prvkové složení několika mincí: římská bronzová mince (ze 4. stol.n.l.) a dvou švýcarských franků (rok výroby 1960, 1990). Dále jsme měřili složení čtyř různých druhů mosazí, abychom je mohli srovnat se slitinou, z které se odlévají české dvacetikoruny. Díky této metodě jsme též identifikovali složení barviva běžně používaného k barvení plastů. K této analýze bylo zapotřebí sestavit příslušnou aparaturu ze zdroje budícího záření (^{238}Pu), detektoru,

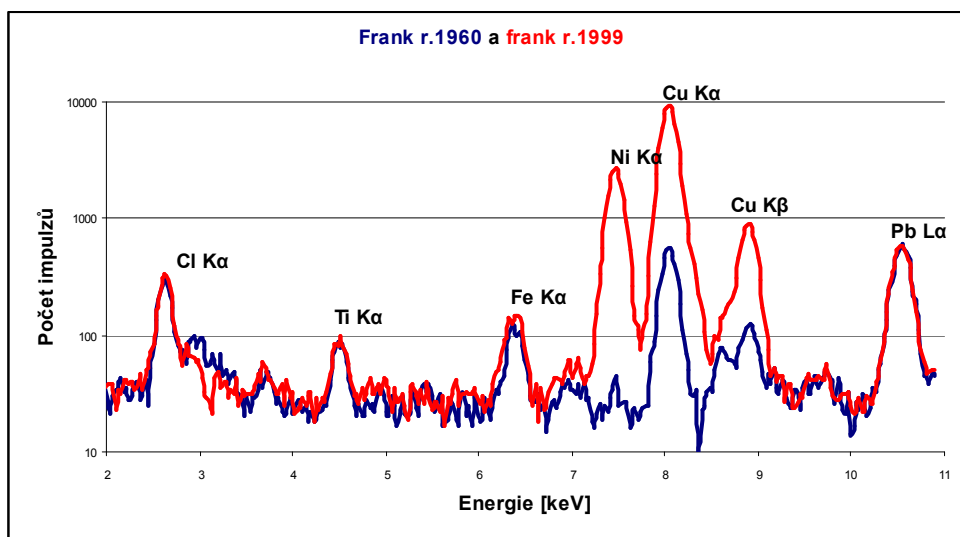
zesilovače, mnohokanálového analyzátoru a počítače. Po změření údajů jsme sestrojili grafy, jejichž x-ová souřadnice obsahovala energie [keV] a y-ová souřadnice počet impulsů.

ANALÝZA MINCE ZE 4. ST. N. L.



Jelikož jsme minci podrobili analýze současně s obalem, v kterém byla uložena, obsahuje výsledné spektrum také pík chlóru. Dále jsme zjistili, že mince je složena z železa, mědi a olova a též stopovým množstvím stříbra.

ANALÝZA ŠVÝCARSKÝCH FRANKŮ (ROK VÝROBY 1960/99)

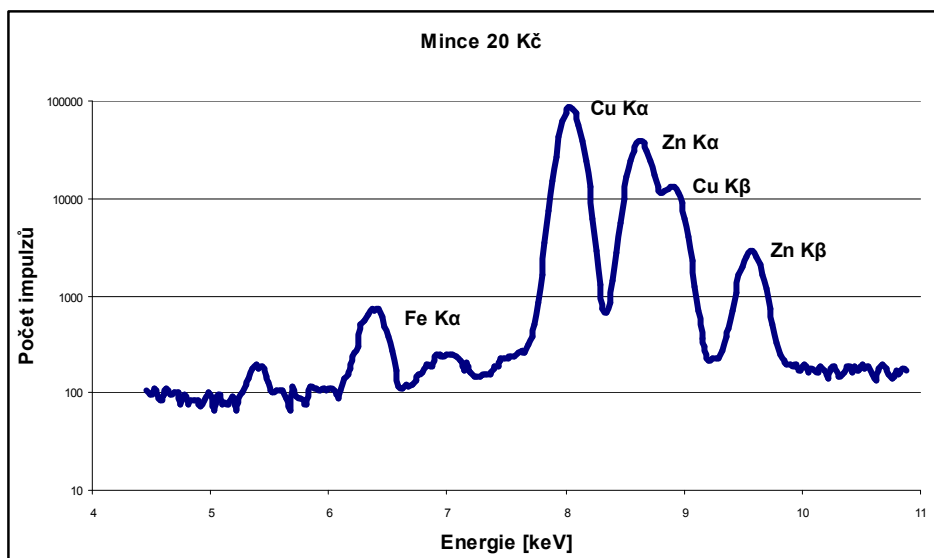


Z grafu je patrná přítomnost chlóru, který je obsažen v materiálu obalů, v nichž byly mince během měření uloženy. Graf poskytuje data dokazující rozdílné prvkové složení obou mincí. Zatímco frank mladšího data obsahuje značné množství niklu,

frank z roku 1960 obsahuje nikl pouze ve stopovém množství.

Je též patrné, že objem mědi použité při výrobě těchto mincí byl v různých časových obdobích rozdílný. Ostatní prvky se svým zastoupením v minci téměř neliší.

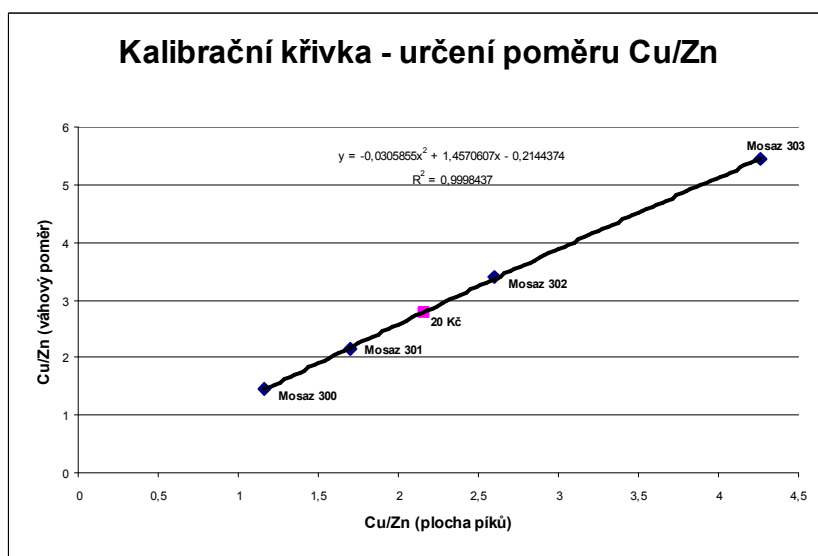
ANALÝZA DVACETIKORUNOVÉ MINCE



Z grafu je patrné, že dnešní dvacetikoruny jsou vyrobeny ze slitiny zinku a mědi – mosazi. Abychom mohli pro zajímavost srovnat zastoupení jednotlivých prvků obsažených v minci s oficiálními hodnotami publikovanými Českou národní bankou, bylo třeba nejdříve provést analýzu čtyř

mosazných standardů (mosaz 300, 301, 302, 303). Zajímali jsme se zejména o množství impulsů vyslaných jednotlivými prvky, jejich poměr, jejich hmotnostní procenta a taktéž jejich poměr. Zapsali jsme také naměřené hodnoty získané analýzou dvacetikoruny. Výsledky můžeme zapsat do tabulky:

Vzorek	Cu	Zn	Cu/Zn	Cu w%	Zn w%	Cu/Zn w%
Mosaz300	660846	566122	1,167321	58,7	40,2	1,460199
Mosaz301	726923	427290	1,70124	66,85	31,15	2,146067
Mosaz302	782360	300957	2,599574	72,75	21,5	3,383721
Mosaz303	842383	197755	4,25973	78,8	14,5	5,434483
20 Kč	622178	288450	2,15697	?	?	?



Díky tomuto grafu jsme mohli zjistit poměr obsahu mědi a zinku ve slitině, z které je vyrobena dvacetikoruna. Zjištěná data jsme doplnili do předchozí tabulky:

Vzorek	Cu	Zn	Cu/Zn	Cu w%	Zn w%	Cu/Zn
--------	----	----	-------	-------	-------	-------

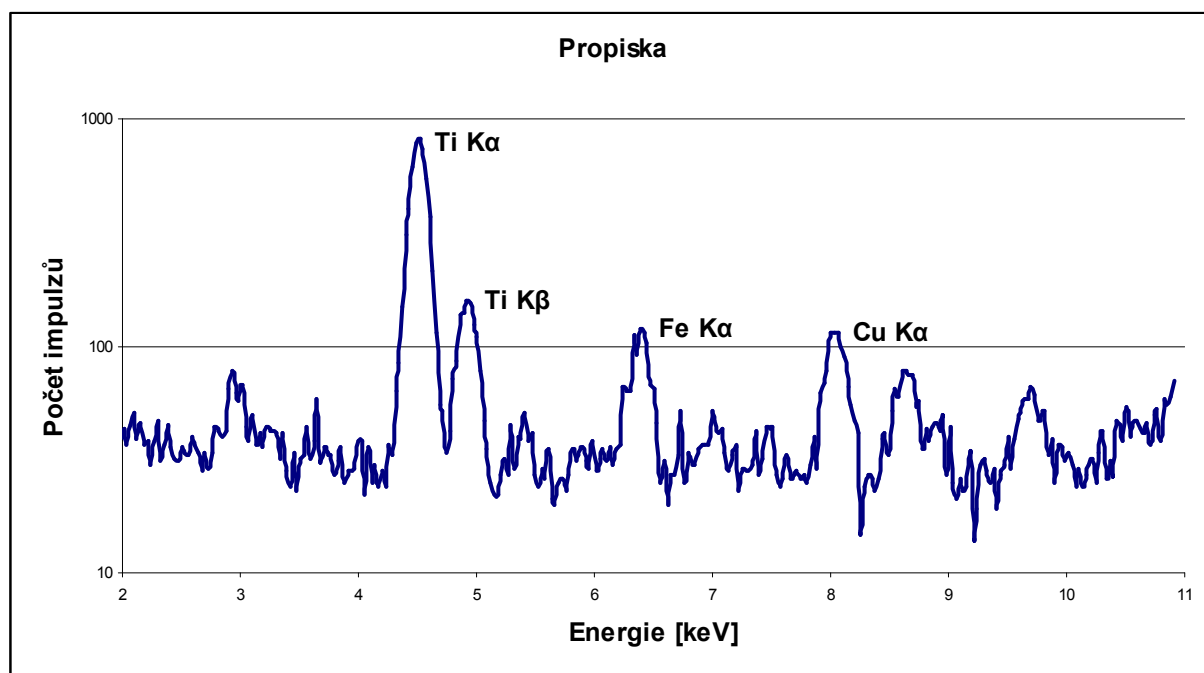
						w%
Mosaz300	660846	566122	1,167321	58,7	40,2	1,460199
Mosaz301	726923	427290	1,70124	66,85	31,15	2,146067
Mosaz302	782360	300957	2,599574	72,75	21,5	3,383721
Mosaz303	842383	197755	4,25973	78,8	14,5	5,434483
20 Kč	622178	288450	2,15697	73,58759	26,41241	2,786099

Finálně jsme provedli srovnání procentuálního zastoupení zinku a mědi oficiálních hodnot vydaných ČNB s našimi naměřenými údaji:

	ČNB	měření
Cu	75%	73,60%
Zn	25%	26,40%

Je zřejmé, že naše hodnoty se poněkud liší od oficiálních hodnot, vzhledem k našim pracovním podmínkám je to ovšem uspokojivý výsledek.

ANALÝZA BÍLÉ PROPISOVACÍ TUŽKY



Při této analýze jsme si všimli zejména výrazného zastoupení titanu. Oxid titaničitý se běžně používá k bělení plastu.

3 Shrnutí

Při srovnání švýcarských franků (z let 1960, 1999) se prokázalo rozdílné složení mincí.

Frank z roku 1999 obsahuje větší množství niklu a více mědi, což je patrné z grafu.

U dvacetikoruny jsme došli ke zjištění její pravosti díky stejnému prvkovému složení, jaké udává Česká Národní banka.

Při zkoumání složení propisovací tužky se projevila její bílá barva i na profilu naměřených hodnot, neboť barvivo obsažené v tomto objektu obsahuje velké množství titanové složky.

Měli jsme tu čest zkoumat minci ze 4. století, kterou můžeme směle považovat za historickou památku. Byla zde zjištěna přítomnost mědi, olova a železa.

Po dalším podrobném srovnávání s dalšími historickými mincemi z tohoto období tak lze zjistit, z jaké oblasti a období pochází. Všechna měření byla provedena bez poškození zkoumaných objektů. Obdobně můžeme pokračovat při analýze dalších památek.

Poděkování:

Děkujeme našim supervizorům:

Kateřina Vávrová

Petr Průša

Reference:

<http://www.jaderne.info.cz>

<http://www.restaurovani.cz/vyzkumy1.htm>

http://www.circ.cz/rdes/www/print_frame.php?inst_id=32&lang=0

Počítačové algebraické systémy

P. Fejfar, GIO Semily, pfejfar@gmail.com

M. Kratochvíl, MSSCH Křemencova, 12 Praha 1, Kratochvil.Mira@seznam.cz

Abstrakt:

Smyslem našeho miniprojektu bylo seznámení s počítačovými algebraickými systémy (PAS) a zjištění co nejvíce jejich využití. Zjistit celé využití PAS za dobu, která nám byla vymezena je prakticky nemožné, proto jsme se orientovali převážně na grafické zpracování dat, modelování jednoduchých fyzikálních dějů a vyzkoušeli si vizualizaci některých složitějších matematických množin.

1. Úvod

Abychom ukázali důvod, proč jsme si dané téma vybrali nejdříve nastíníme co to vlastně ty PAS jsou. Hlavní myšlenkou PAS je operování s matematickými výrazy v jejich symbolické formě. Postupem času se z PAS stali komplexní systémy, které umí řešit prakticky jakékoli rovnice, pokud daný typ rovnice neznali uměli ji řešit hrubou výpočetní silou, umí vizualizovat data v jakékoli formě, zjednodušovat výrazy do co nejkratších nebo základních tvarů, atd. Vyjmenovat všechny možnosti PAS by zabralo dlouhou dobu, proto se budeme radši zabývat zajímavějšími věcmi využití PAS.

Historie

První PAS se datují někde v 70. letech, avšak výzkum, který tyto systémy splodil byl v roce 1963 vedený laureátem Nobelovy Ceny Martinem Veltmanem, který naprogramoval první program počítající v symbolické rovině některé výpočty ve fyzice vysokých energií. Dnes je na trhu mnoho produktů, které jsou daleko vyspělejší a komplexnější, jako příklad uvedu například Maple, Mathematica, Maxima nebo Axiom (poslední dva produkty jsou nekomenční a volně stažitelné).

Wolfram Mathematica

K práci na našem miniprojektu jsme si vybrali program Mathematica, který je dnes jeden z nejpobularnějších systému a dle našeho prvního názoru poskytuje velmi efektivní a jednoduché prostředky k různým experimentům. Program jsme používali ve verzi 6.0.2.1 na platformě Linux CentOS.

2. Práce s Mathematicou

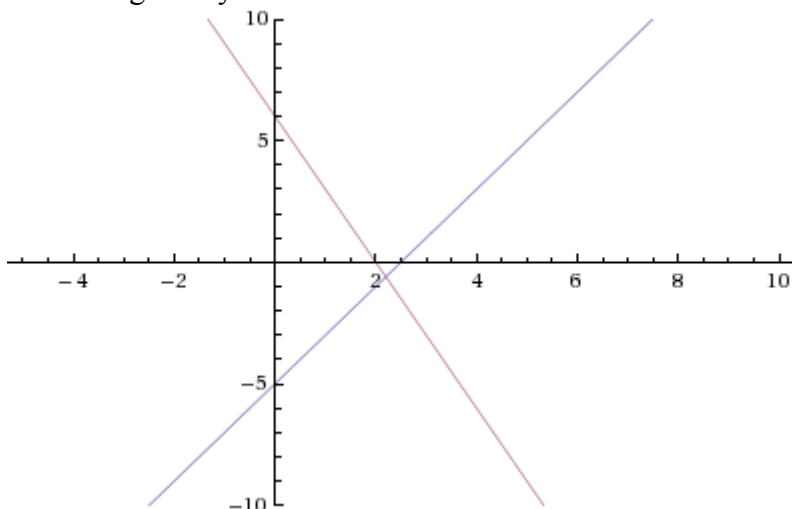
Učení se v Mathematice je i pro naprostého laika (nás) velmi příjemné, protože součástí Mathematicy je i tzv. Documentation Center, ve kterém najdete všechny příkazy hezky vysvětlené, popsane všechny jejich vlastnosti a a na několika modelových příkladech ukázané. Již po hodině práce jsme zjistili, že Mathematica spočítá většinu středoškolské matematiky a například napsání programu, který najde řešení soustavy 3 rovnic o 3 neznámých trvá jen zlomek doby, kterou byste potřebovali na vyřešení tohoto příkladu.

```
Solve[{y == 2 x - 5, y == -3 x + 6}, {x, y}]
```

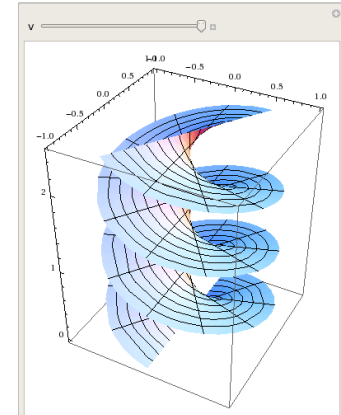
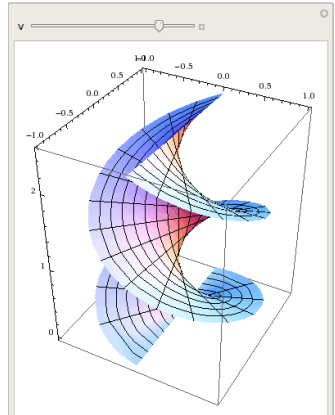
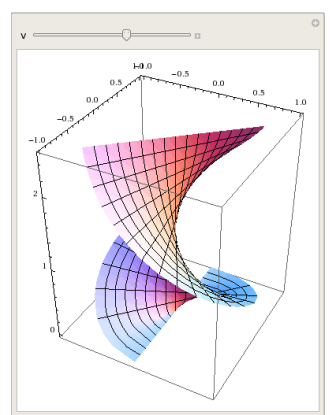
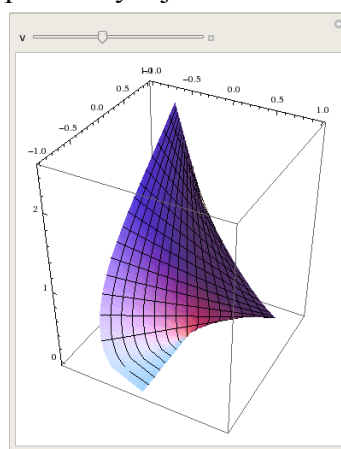
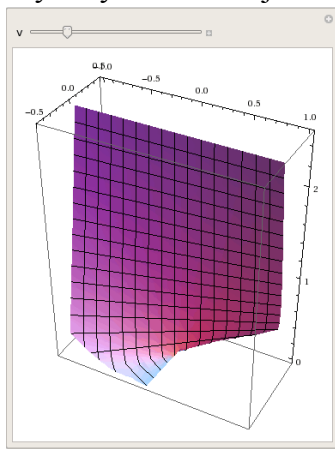
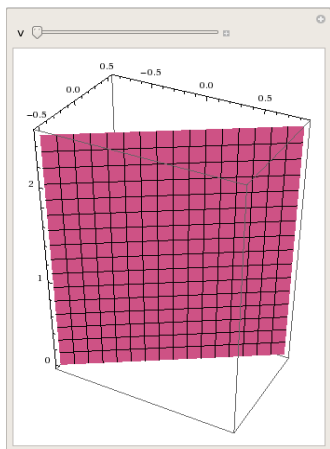
A zde je řešení:

$$\left\{ \left\{ x \rightarrow \frac{11}{5}, y \rightarrow -\frac{3}{5} \right\} \right\}$$

Popřípadě můžeme úlohu řešit graficky:



Ovšem řešení takovýchto jednoduchých rovnic není hlavní účel Mathematicy. Matematika se dá krásně využít na modelování různých fyzikálních dějů, které překračují naše znalosti fyziky a zajímají jen vědeckou komunitu nebo i takových jednoduchostí jako jsou pružné rázy homogeních těles. Celou galerii demonstračních projektů, na kterých je vidět síla i krása Mathematicy lze vidět na <http://www.demonstrations.wolfram.com/>. Jedna ze silných stránek Mathematicy je vizualizace dat, vykreslování složitých trojrozměrných grafů a jiných grafických objektů na kterých lze, úžasně vidět některé souvislosti. Dále jsme věnovali pozornost animacím a plynulým změnám veličin a koeficientů, které nám sloužili k modelaci různých fyzikálních dějů nebo například vývoji funkcí.



3. Závěr

Mathematica je výborný nástroj na řešení matematických nebo fyzikálních problémů. Překvapivě jsme zjistili, že Mathematica není vhodná jen pro odbornou vědeckou práci, ale že toho nabízí spoustu i pro „obyčejné“ studenty středních škol. Nejohromější na ni není to, co všechno umí, ale to jak lehce se v ní programuje. Za necelý den jsme přišli na prakticky všechny užitečné věci, které jdou v tomto programu dělat. To si myslíme, že je taky indikátor kvality produktu.

4. Poděkování

Chtěli bychom poděkovat především Dr. Ing. Milanu Šinorovi za obětavost, při zodpovídání našich otázek, dále pořadatelům Fyzikálního Týdne a v neposlední řadě FJFI ČVUT Praha.

5. Reference

1. *Computer algebra system - Wikipedia* http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_algebra_system
2. *Mathematica – Wikipedia* <http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematica>
3. *Počítačové algebrické systémy a jejich aplikace ve fyzice*
<http://kfe.fjfi.cvut.cz/~sinor/edu/FyzTyd/>
4. *Demonstrations projects* <http://demonstrations.wolfram.com/>
5. R. J. Gayord, S. N. Kamin, P. R. Wellin, *Introduction to Programming with Mathematica*, 1993, TELOS, ISBN 0-387-94048-0
6. R. E. Maeder, *Programming in Mathematica, Second Edition*, 1991, Addison-Wesley Publishing Co., ISBN 0-201-54877
7. T. Wickham-Jones, *Mathematica Graphics*, 1994, TELOS, ISBN 0-387-94047
8. S. Wolfram, *THE Mathematica BOOK, Fourth Edition*, 1999, Wolfram Media Inc., ISBN 1-57955-004-5

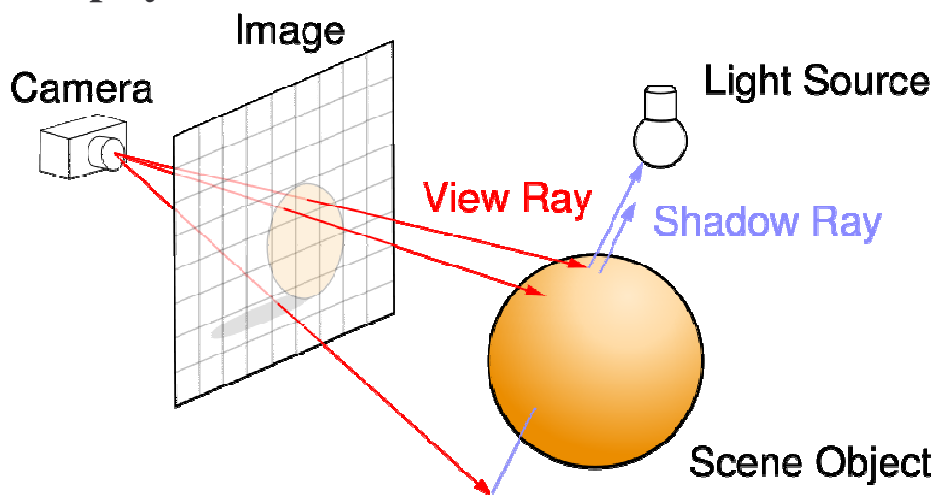
Abstrakt

Základní algoritmy pro tvorbu fotorealistických fotografií na principu raytracingu a osvětlování.

1 Úvod

Počítačová grafika je dnes hojně využívána. Dávno už to není jen otázkou počítačových her, ale i filmových animací. Dnes je už možné naprogramovat scénu natolik věrnou realitě, že běžný člověk, který není alespoň trochu zasvěcen do problematiky, si ve filmu umělé animace ani nevšimne. Samozřejmě je věrnost závislá na čase. Aby byl obraz věrný a byly zahrnuty veškeré fyzikální, psychologické, chemické a všechny ostatní faktory, které dělají výsledný obraz co nejvěrnějším realitě, je potřeba provést složité výpočty a simulace, které si vyžádají svůj čas. Proto je největším nepřítelem čas. Perfektní scéna v rozumném rozlišení s přesným stínováním a zaostřením se proto generuje několik hodin až několik dnů.

2 Princip vykreslování



Scéna se skládá ze třech důležitých částí – objekt, kamera a světlo. Před kamerou se nachází samotný obrázek.

Kamera postupně vysílá paprsky skrz obrázek scénou a hledá průsečík s nějakým objektem na scéně. Jakmile tento průsečík najde, zkoumá zda je osvětlen či ne a určí jako bude mít pixel v příslušném místě barvu resp. světelnou intenzitu. Tyto paprsky vysílá do všech směrů dokud nedokončí celý obrázek. Tento proces se nazývá rendering.

1.1 Rendering

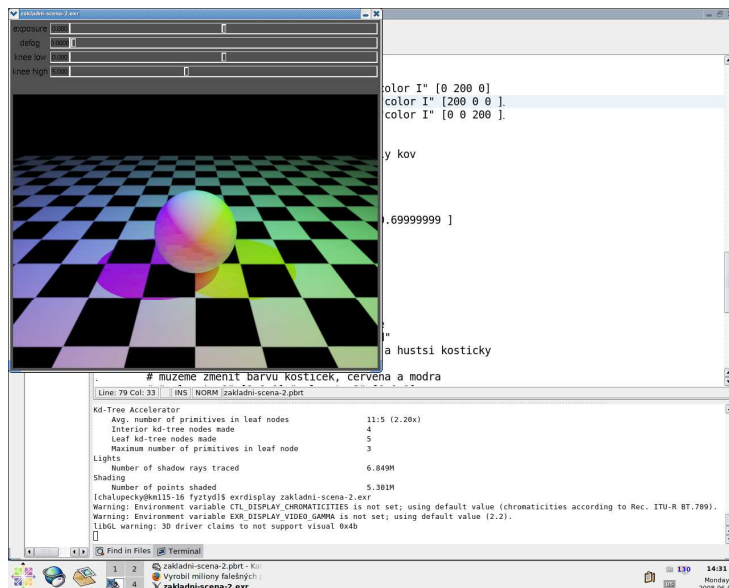
Rendering neboli vizualizace scény je proces, v němž převádíme zdrojová data, která popisují scénu, na obrazová. Objekty scény mohou být zadány různými způsoby, my se ale omezíme jen na dva:

- Sít (obecně n-úhelníku - v praxi se však používají většinou jen trojúhelníky a čtyřúhelníky) trojúhelníku
- Implicitně zadané plochy - Metaballs

Nejčastěji používanou metodou zadávání dat je ta první zmíněná - tedy sít polygonů, jejíž velkou výhodou je jednoduchost a vhodnost pro hardwarovou implementaci. Pokud použijeme jiný způsob zadávání dat, tak jej většinou převádíme právě na tento způsob.

Samotných algoritmu na renderování je poměrně široká rada. Nás bude zajímat jen jedna tzv. **ray tracing** - neboli česky sledování paprsku. Tato technika je určena právě 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 ve stínu nenachází, tak spočítáme příspěvek daného světla. Pokud je povrch objektu reflektivní, tak vytvoříme další paprsky, které budou simulovat jeho odrazivost.



Výhodou ray tracingu je např.

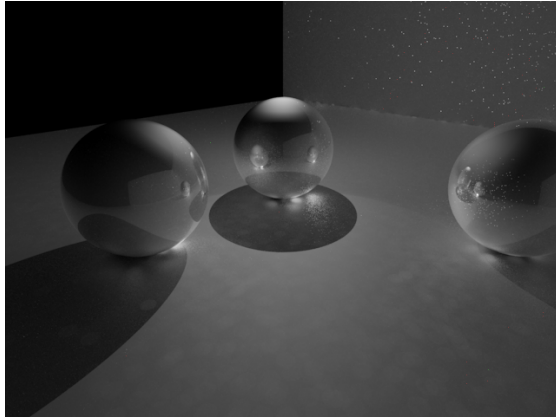
možnost simulování lomu paprsku při přechodu mezi prostředími s jiným indexem lomu. Nevýhodou je extrémně velká náročnost v případě požadavku na reálný výsledek - proto se používá menší množství paprsků - pak ale vzniká problém, že je scéna nedostatečně osvětlena. To se řeší např. jiným vypočítáváním útlumu světla,

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

3 Osvětlování

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

4 Ukázky naší práce



5 Shrnutí

Počítačová grafika představuje rychlé rozvíjející odvětví aplikované informatiky, které nachází uplatnění nejen ve velkém množství vědeckých a technických činností, ale také ve filmovém a zábavním průmyslu.

Poděkování

Účastníci miniprojektu by tímto chtěli poděkovat našemu supervisorovi Ing. Vladimíru Chalupeckému, organizátorům fyzikálního týdne a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a sponzorům“

Reference

- [1] www.pbrt.org
- [2] Matt Pharr a Greg Humphreys, Physically based rendering

Teorie čísel a šifrování

J. Zajíčková, M. Žák, M. Fuksa

Gymn. Fr. Palackého, Gymn. L. Pika, Gymn. Litoměřická,
janaave@centrum.cz, mick321@gmail.com, michal.fuksa@gmail.com

Abstrakt

Cílem našeho projektu bylo seznámení se s vědou, která se zabývá různými metodami šifrování a dešifrování zpráv za využití různých matematických postupů – kryptologií. Součástí projektu je i program, který jsme vytvořili pro demonstraci vybrané metody – kódování pomocí matic.

1 Úvod

Kryptologii lze rozdělit na dvě složky: Kryptografii, jejímž cílem je změnit zprávu před odesláním do takové míry, aby ji dokázal rozluštit pouze příjemce, a ne žádná nepovolaná osoba, které by se mohla dostat do rukou. Druhou složkou je kryptoanalýza. Cílem kryptoanalýzy je dešifrování zakódovaných zpráv.

V průběhu dějin došlo k podstatnému zdokonalení kryptografických metod. Od Caesarovy šifry (ta v sobě zkombinovala substituční šifru a lineární transformaci), k asymetrickým šifram (například algoritmu RSA) vedla dlouhá cesta.

2 Typy šifer

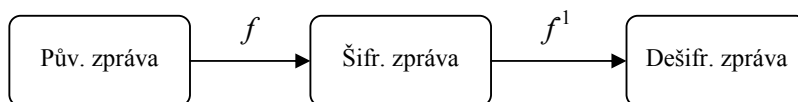
K úspěšnému zašifrování a předání zprávy od odesílatele k adresátovi je zapotřebí dvou klíčů. Prvním z nich je klíč šifrovací, který slouží odesílateli k převodu původní zprávy na zprávu zakódovanou a druhým z nich je dešifrovací klíč, který slouží adresátovi k převodu zakódované zprávy na původní. Na základě „vztahu“ těchto dvou klíčů se dělí kryptografické metody na symetrické a asymetrické. U symetrické šifry jsme ze znalosti šifrovacího klíče schopni zjistit klíč dešifrovací a naopak. U asymetrické šifry tomu tak není. Oba dva klíče jsou na sobě nezávislé a ze znalosti šifrovacího klíče je velmi obtížné a velmi časově náročné zjištění klíče dešifrovacího.

Asymetrické šifry

Nejznámější asymetrickou šifrou je tzv. RSA algoritmus [1]. U tohoto jde v zásadě o to, že ke zjištění součinu dvou (prvo)čísel je zapotřebí nepoměrně kratší doby, než k rozkladu jednoho čísla na součin prvočísel. Uživatel využívající tohoto algoritmu si tedy zvolí dvě prvočísla, která mezi sebou vynásobí. K zašifrování zprávy stačí znalost součinu, zatímco k jejímu dešifrování je potřebná znalost jednotlivých prvočísel. Šifrovací klíč tedy může být veřejně přístupný a díky tomuto se řadí algoritmus RSA mezi tzv. šifry s veřejným klíčem.

Symetrické šifry

Výhodou symetrických šifer oproti asymetrickým je jejich nižší výpočetní náročnost, a proto se nyní budeme věnovat právě jim.



Obr. 1: Šifrovací schéma

Jak už bylo řečeno v úvodu, k šifrování i dešifrování zpráv se využívá matematických postupů (funkce f a f^{-1} , viz obr. 1). Pokud tedy chceme nějaké kódování používat, musíme jednotky (typicky písmena, nebo dvojice písmen) původní i zakódované zprávy zapsat pomocí nějakých matematických objektů.

Nejsnazší, a pro naše potřeby zcela dostačující, je použít množinu celých čísel. Za předpokladu, že původní i kódovaná zpráva je tvořena znaky A–Z a že zvolenou jednotkou je jeden znak, můžeme písmenu A přiřadit číslo 0, písmenu B číslo 1, ..., písmenu Z číslo 25. Teprve v tomto okamžiku můžeme začít kódovat.

Nejjednodušší formou šifrování pomocí symetrických šifer je tzv. **lineární transformace**. V tomto případě ke každému z čísel, které jsme přiřadili jednotlivým písmenům, přičteme nějakou konstantu. Jediná komplikace nastává, pokud výsledné číslo přesáhne počet jednotek dané abecedy. Toto řešíme pomocí operace 'modulo N ', tj. funkce, která danému číslu přiřadí zbytek po celočíselném dělení číslem N .

Tento algoritmus poté zapisujeme funkcí:

$$f(d) = d + a \mod N,$$

kde d je číslo, které reprezentuje jednotku původní zprávy, N je počet jednotek zprávy a a je konstanta, kterou přičítáme.

Ovšem dešifrování této šifry je poměrně jednoduché. Pokud jsou ve zprávě použita pouze písmena A–Z, máme vlastně pouze 26 možných šifer, k dešifrování tedy stačí vyzkoušet 26 posunů a vybrat ten, jehož výsledkem je smysluplné sdělení. Možná ještě rychlejší metodou dešifrování (obzvláště v případě dlouhých textů) je využití tzv. frekvenční analýzy. U této dešifrovací metody jde o to, že některá písmena se v daném jazyce používají častěji než jiná. Pokud tedy zjistíme, jaké číslo se v kódované zprávě vyskytuje nejčastěji, jsme mu s velkou pravděpodobností schopni správně přiřadit písmeno. Po dosazení do rovnice funkce jsme schopni vypočítat parametr a .

Jisté ztížení pro kryptoanalytika představuje **transformace afinní**. Jde vlastně o přidání jednoho parametru do algoritmu funkce. Výsledný algoritmus pak vypadá nějak takto:

$$f(d) = a \cdot d + b \mod N^2,$$

kde d je číslo, které nám označuje jednotku původní zprávy, N je počet jednotek zprávy a a, b jsou konstanty.

Ovšem i toto je velmi snadno dešifrovatelné pomocí frekvenční analýzy. Jediný rozdíl oproti předchozímu případu je ten, že potřebujeme přiřadit písmena dvěma číslům s nejčastějším výskytem a parametry a a b pak zjistíme vyřešením soustavy dvou rovnic o dvou neznámých.

Další možností je použít **jiné kódování písmen**. Jako jednotky původní zprávy si nezvolíme jednotlivá písmena, ale třeba dvojice písmen. Každé dvojici přiřadíme číslo podle vztahu

$$(X, Y) \rightarrow N \cdot x + y \mod N^2$$

kde X, Y jsou jednotlivá písmena, x, y jsou hodnoty přiřazené jednotlivým písmenům a N je počet znaků v abecedě.

Pro dvojice je i tato metoda celkem snadno dešifrovatelná pomocí frekvenční analýzy.

3 Kódování využité v našem programu

Asi nejspolehlivější metodou je **kódování pomocí matic**. Předpokládejme, že máme N písmennou abecedu a jako jednotky chceme použít dvojice znaků. Jednotku budeme reprezentovat celočíselným vektorem $\vec{d} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$, kde x je číselná hodnota jednoho znaku a y druhého znaku.

Nyní si musíme zvolit kódovací matici

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}, \text{ kde } a, b, c, d \in \mathbb{Z}/N \cdot \mathbb{Z}$$

Pozn.: $\mathbb{Z}/N \cdot \mathbb{Z}$ je množina všech možných zbytků při dělení celých čísel číslem N .

Algoritmus pro zakódování vypadá takto:

$$f(d) = A \cdot d = \begin{pmatrix} a \cdot x + b \cdot y \\ c \cdot x + d \cdot y \end{pmatrix}.$$

K zakódování zprávy tímto způsobem využíváme 4 parametry a případnému kryptoanalytikovi značně ztížíme použití frekvenční analýzy.

Pro zpětné dešifrování potřebujeme znát *inverzní matici* A^{-1} . Tj. matici, pro kterou platí:

$$A^{-1} \cdot A = I,$$

kde $I = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ je tzv. jednotková matice.

Vynásobením zakódovaného vektoru $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ inverzní maticí získáme původní vektor a tím i původní zprávu:

$$A \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = I \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot A \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$$

Inverzní matice ale neexistuje ke každé matici. Podmínkou pro existenci inverzní matice je, že determinant matice $D = a \cdot d - b \cdot c$ a počet znaků abecedy N jsou nesoudělná čísla. Za splnění této podmínky pak pro inverzní matici platí

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} D^{-1} \cdot d & -D^{-1} \cdot b \\ -D^{-1} \cdot c & D^{-1} \cdot a \end{pmatrix}.$$

Ověření nesoudělnosti čísel D a N provádíme pomocí Euklidova algoritmu [2]. Euklidův algoritmus se uplatňuje hlavně u zjišťování největšího společného dělitele velkých čísel, protože jeho použití je rychlejší než použití prvočíselného rozkladu.

Postupem opačným k Euklidovu algoritmu získáme vyjádření největšího společného dělitele pomocí celočíselné kombinace původních čísel D a N :

$$nsd(D, N) = r \cdot D + s \cdot N, \text{ kde } r, s \in \mathbb{Z}.$$

Jak najít D^{-1} : D^{-1} je prvek množiny $\mathbb{Z}/N \cdot \mathbb{Z}$, který splňuje podmínku

$$D^{-1} \cdot D = 1 \pmod{N} \quad (1)$$

Z Euklidova algoritmu máme

$$\begin{aligned} nsd(D, N) = 1 &= r \cdot D + s \cdot N \pmod{N} \\ 1 \pmod{N} &= r \cdot D \pmod{N} + s \cdot N \pmod{N} \\ 1 &= r \cdot D \pmod{N} + 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Porovnáním vztahů (1) a (2) zjišťujeme, že platí:

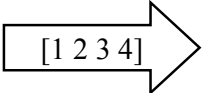
$$D^{-1} = r.$$

Za znalosti tohoto jsme již schopni získat původní zprávu:

1. Dosadíme za D^{-1} do inverzní matice A^{-1} .
2. Vynásobíme zakódovaný vektor inverzní maticí, čímž získáme původní vektor a tím i původní zprávu.

4 Náš program

V našem programu jsme použili metodu šifrování pomocí čtyřprvkové matice. Nejprve je uživatel požádán o zadání libovolného textu skládajícího se z písmen anglické abecedy a mezer, který je následně kryptován čtyřprvkovým klíčem, který si uživatel sám zvolí. Řetězec je poté zašifrován a uložen do souboru. Dešifrovací program funguje opačnou cestou. Zašifrovaný text je načten, dešifrován a zobrazen. Program běží v konsolovém prostředí systému Windows.

Vstup: „TOTO BUDE ZASIFROVANO“  „UFUFBB SCIZVHFMCCS ZEW“

Poděkování

Zde bychom chtěli poděkovat předně ČVUT a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za to, že umožnili a finančně podpořili Fyzikální týden, díky němuž tento článek vůbec mohl vzniknout. Dále bychom chtěli poděkovat Ing. Svobodovi, CSc. za organizaci této akce, ale především našemu supervizorovi Ing. Petru Ambrožovi, Ph.D., bez jehož pomoci by tato práce určitě nevznikla.

Reference:

- [1] RIVEST, R. – SHAMIR, A. – ADLEMAN, L. *A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems*, Communications of the ACM 21 (1978), pp. 120–126.
- [2] *Extended Euclidean Algorithm*
http://en.wikipedia.org/wiki/Extended_Euclidean_algorithm
- [3] KOBLITZ, N. *A Course in Number Theory and Cryptography*, Springer, 1994, pp.235.

Mlžná komora

Klára Vaculíková (Purkyňovo gymnázium, Strážnice)¹

Tereza Moravcová (SPŠ Vlašim, Vlašim)²

¹ muchaco@seznam.cz

² Tere-z-ka@seznam.cz

Abstrakt:

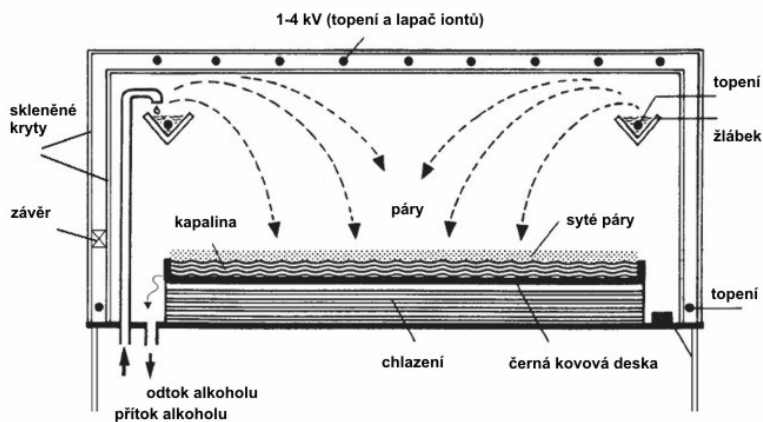
Stanoveným cílem byla detekce částic v mlžné komoře, pozorování jejich drah a seznámení se s prací s mlžnou komorou.

1 Historický úvod

Wilsonova mlžná komora byl první fyzikální přístroj, díky kterému jsme schopni pozorovat dráhy elektricky nabitých částic. Přístroj vynalezl Charles Thomson Rees Wilson počátkem 20. století. Wilsonovi se na skotské observatoři zalíbily efekty vytvořené přirozenou mlhou, a proto si mlhu chtěl vyrobit ve své laboratoři. V jeho aparatuře si všiml souvislosti mezi vytvářením kondenzačních jader a raně objeveného rentgenového záření, což bylo základem pro pozorování stop nabitých částic, které vytvářejí výše zmíněná kondenzační jádra.

V roce 1911 bylo uskutečněno první pozorování, které ukázalo jednotlivé dráhy částic. V mlžné komoře byl v roce 1932 experimentálně potvrzen pozitron.

2 Princip mlžné komory



Obr. 1 Schéma mlžné komory

Difúzní mlžná komora je zobrazena na obrázku Obr.1. Je složena z černé kovové desky, která je chlazená na -30°C . Nad deskou je vrstvička sytých par isopropylalkoholu ($\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$). Páry jsou vyráběny ve žlábků díky nahřívání odporovým drátkem a klesají k ochlazené desce. Isopropylalkohol je přiváděn trubičkou do žlábků. Soustava chlazené desky a žlábků je uzavřena skleněným krytem, ve kterém je otevíratelná průchodka pro vložení radioaktivního zářiče.

Průchod ionizující částice vrstvičkou syté páry způsobuje kondenzaci páry, kterou je možno pozorovat pouhým okem. Zkondenzované kapičky je potřeba odvést pryč od okolní syté páry, aby bylo možno pozorovat další prolétající částice. K tomuto jsou instalovány drátky s vysokým napětím nad vnitřním skleněným krytem. Černá kovová deska je uzemněna, a proto vzniká mezi drátkou a deskou elektrické pole, které realizuje odvod kapiček.

3 Detekce drah jednotlivých částic

Každý druh částice má svou typickou stopu. Podle tvaru stopy můžeme obráceným postupem určit druh částice. Schopnost ionizovat materiál je veličina, kterou nazýváme ionizační ztráty. Její výpočet je dán Bethe-Blochovým vztahem:

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{ion} = f(m, v, Ze).$$

Určuje energii, kterou částice předává materiálu, kterým prolétá. Tato energie vzrůstá s větší hmotností částice a vyšší rychlostí částice. Z tohoto plyne, že těžší částice bude vytvářet výraznější stopu než-li lehčí. Parametr Ze udává počet elektronů v obalu atomu materiálu.

4 Výsledky

Výsledky jsme pořídili pomocí digitální kamery, z níž jsme vybrali sérii fotek.

- **Alfa částice** – je jádro hélia vzniklé rozpadem nestabilního jádra atomů. Vznikne jádro, které má o dva protony a o dva neutrony méně. Námi zachycený snímek zobrazuje alfa částice na obrázku Obr.2, na obrázku Obr. 3 jsou zachyceny alfa částice „vystřelené“ z Americia.



Obr. 2 Stopy alfa částic

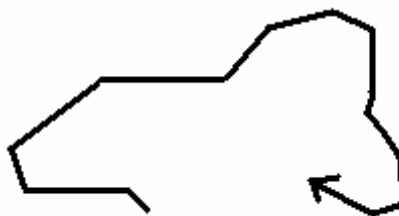


Obr. 3 Alfa částice z radioaktivního zářiče

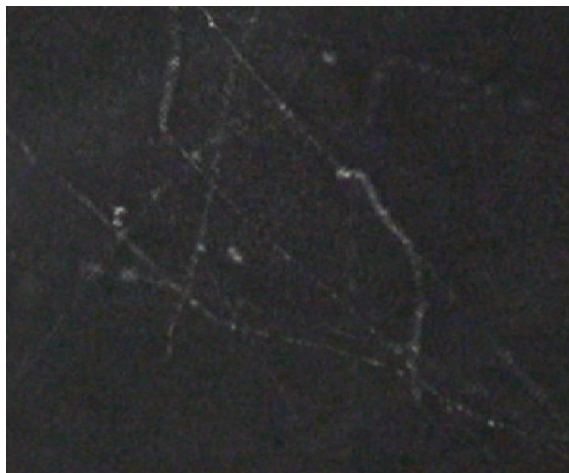
- **Beta částice** – máme dva druhy: elektron a pozitron. Elektrony se označují β^- a uvolňují se při přeměně neutronů na proton podle rovnice: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$. Pozitrony se označují β^+ a vznikají při přeměně protonů v jádře na neutrony podle rovnice: $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$. Pozorovaná dráha je na obrázku Obr.4.



Obr. 4 Elektron

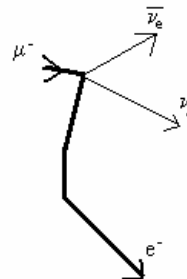


- **Protony** – jedna ze základních stavebních částic hmoty, jsou složeny ze tří kvarků (dva kvarky jsou up, jeden down). Na níže uvedeném obrázku Obr. 5 jsou dráhy protonů.



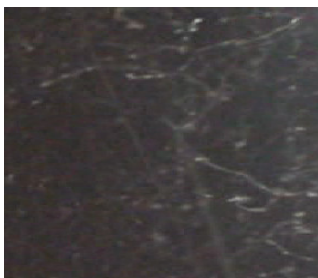
Obr. 5 Protony

- **Miony** – částice, které jsou těžké, záporně nabitě, patří do skupiny leptonů, stejně jako elektrony. Můžeme pozorovat jejich rozpad podle rovnice: $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$. Miony se rozpadají na neutrino a elektron. Neutrino jsou velmi lehká a nemají elektrický náboj, a proto je nemůžeme detekovat v mlžné komoře. Na obrázku Obr.6 pozorujeme rozpad mionu.

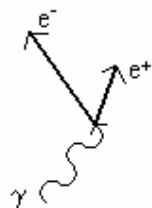
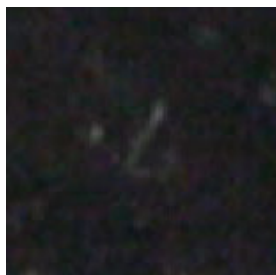


Obr. 6 Rozpad mionu

- **Gama záření** – je to vlnění, které přenáší foton. Foton nemá elektrický náboj, tudíž ho musíme detekovat pomocí sekundárních procesů. Jako zdroj vysokoenergetických gama fotonů byl použit kobalt. Tyto fotony mohou způsobit fotoefekt nebo Comptonův rozptyl (emise elektronu z atomového obalu), například obrázek Obr. 7. Dále se můžou konvertovat na elektron a pozitron (obrázek Obr.8). Při těchto procesech nám vznikají elektrony a pozitrony, které můžeme vidět v mlžné komoře.



Obr.7 Fotoefekt a Comptonův rozptyl



Obr.8 Konverze fotonu na elektron a pozitron

5 Závěr

Během miniprojektu jsme si vyzkoušely práci s mlžnou komorou, tj. princip mlžné komory, detekci jednotlivých druhů nejen elektricky nabitých částic (elektron, mion, proton a alfa částice), ale i nenabitých fotonů gama. Je neuvěřitelné, že tento způsob detekce částic byl znám už na začátku 20. století, a propos mlžná komora se využívá pro studijní účely dodnes.

Poděkování

V první řadě bychom chtěly poděkovat našemu supervisorovi Jaroslavu Adamovi, který náš celý miniprojekt vedl a ustavičně a trpělivě vysvětloval dané téma. Dále bychom chtěly poděkovat za organizaci Fyzikálního týdne Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT.

Reference

- [1] http://cs.wikipedia.org/wiki/Wilsonova_ml%C5%BEn%C3%A1_komora
- [2] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>
- [3] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>
- [4] <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/>

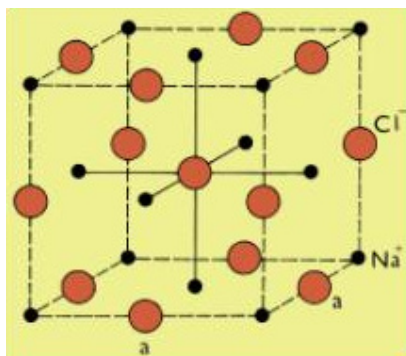
RTG fázová analýza

Ondřej Skowronek, Vojtěch Švarc
KIPL FJFI ČVUT

Využití rentgenového záření je široké. Jedno z mnoha použití je tzv. rentgenová fázová analýza, ve které se určuje fázové složení neznámého vzorku. Pomocí rentgenové fázové analýzy jsme určili složení minoritních fází ve vzorcích vápenců z lomu v lokalitě Choteč. Spočítali jsme vzdálenosti mezi atomárními rovinami a porovnali je se světovou databází PDF. Výsledkem bylo, že hlavní minoritní fáze vápenců je hexagonální křemen..

1. Krystalická mřížka

Většina pevných látek vytváří krystalické struktury tedy pravidelné periodické uspořádání atomů v prostoru (Obr.1). Celkem existuje 14 způsobů tohoto pravidelného uspořádání – tzv. 14 Bravaisových mřížek. Každá krystalická látka má unikátní strukturu a tedy i vzdálenosti mezi rovinami mřížky jsou pro dvě různé struktury odlišné. Zjišťovat velikosti těchto rovinných vzdáleností nám umožňuje difrakce rentgenového (RTG) záření.



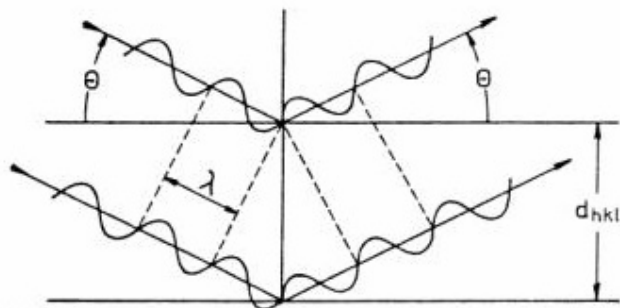
Obr.1 Krystalová struktura kamenné soli (NaCl).

2. Difrakce rentgenového záření

Strukturu vzorku lze zjišťovat pomocí difrakce RTG záření. Difrakcí zde rozumíme elastický rozptyl rentgenového záření od atomárních rovin krystalické mřížky. Difraktované záření od jednotlivých atomárních rovin spolu interferuje, přičemž podmínka interferenčního maxima vzniká jenom za specifických podmínek, tedy když mají odražené paprsky od každé roviny stejnou fázi. K tomu dochází pouze při splnění tzv. Braggovy rovnice (viz též obr.2):

$$\lambda = 2d \sin(\theta), \quad (1)$$

kde λ je vlnová délka dopadajícího RTG záření, d je vzdálenost mezi rovinami mřížky a θ úhel, pod kterým dopadá RTG záření na danou rovinu (viz. obr. 2).

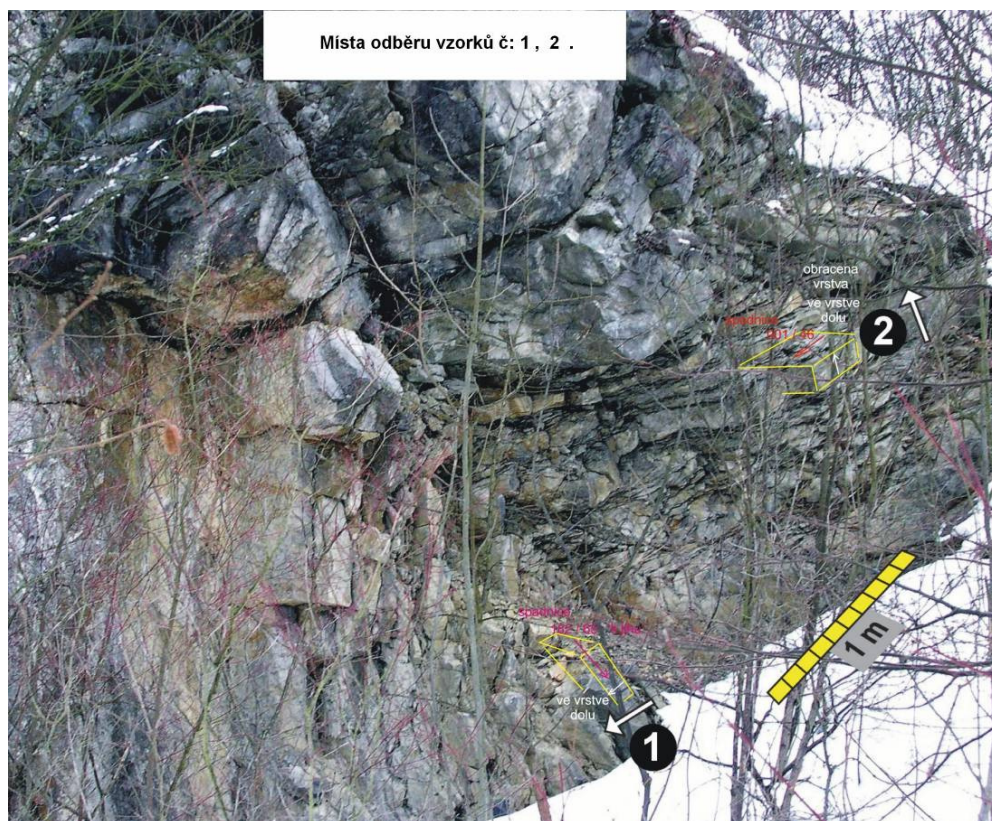


Obr. 2 Interference vln difraktovaných od dvou sousedních mřížkových rovin.

Nejběžnějším zdrojem RTG záření jsou tzv. rentgenové lampy. Jsou to vakuové trubice se zatavenými elektrodami (s urychlovacím napětím $\sim 10^3 - 10^4$ V), kde záření je buzeno bombardováním kovové anody urychlenými elektrony. Vlnová délka rentgenového záření závisí na materiálu, ze kterého je anoda vytvořena.

3.Experiment:

Vzorky k rentgenografickému difrakčnímu rozboru byly dodány Geologický ústavem AVČR v.v.i. Jednalo se o vzorky vápence z lomu „Na Škrábku“ lokality Choteč. Vzorky byly odebrány z vápencové zahnuté vrstvy (obr.3).



Obr. 3. Místa odebrání měřených vzorků.

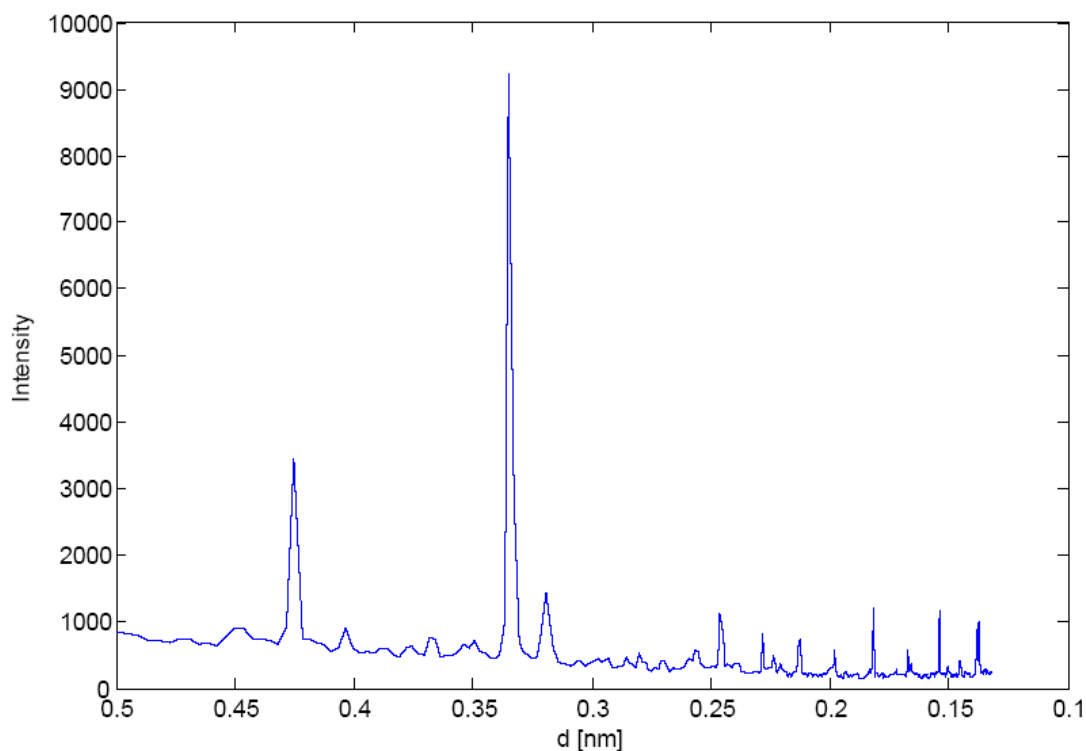
Naším hlavním úkolem bylo zjistit fázové složení minoritních fází obsažených ve vápenci, tzv. isolátů. Pro získání čistého isolátu bylo větší množství materiálu rozpuštěno jednak v kyselině octové, jednak v kyselině solné HCl (takto bylo dosaženo rozpuštění CaCO_3).

Pro naměření difrakčního záznamu isolátu byl použit difraktometr θ – 2θ zn. Siemens v Bragg-Brentanově uspořádání se zářením rentgenky s chromovou anodou ($\lambda = 0,229 \text{ nm}$). Měření jsme prováděli s přesností na $0,25^\circ$ úhlu 2θ . Každé měření bylo prováděno po dobu 10s a v rozmezí 2θ od 15° do 125° . Celková doba všech měření byla 2 hodiny.

4. Výsledky měření

Práškový difraktogram isolátu je uveden na obr.4.

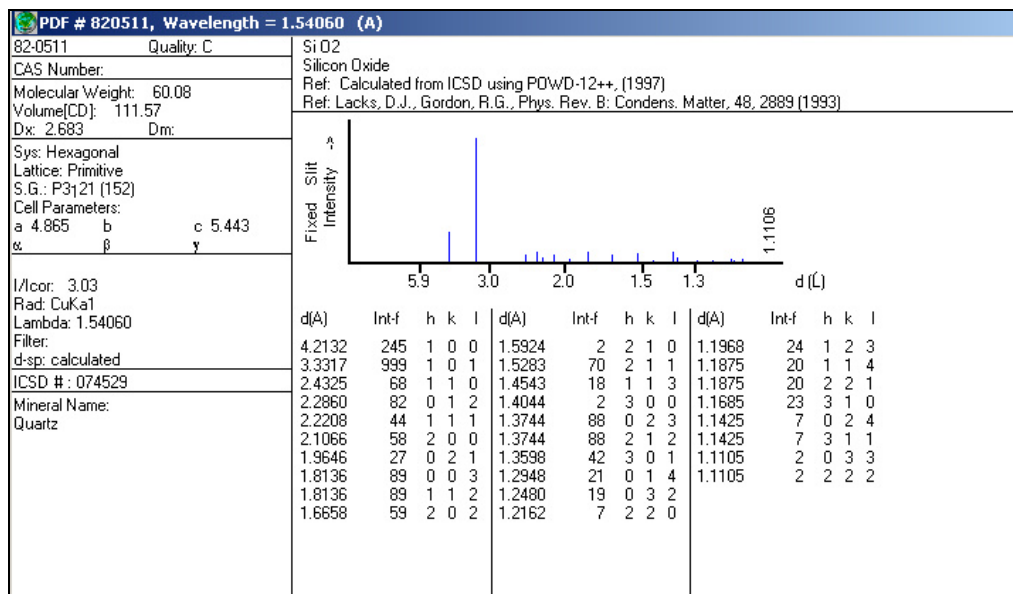
Z výsledků měření jsme zjistili v jakých úhlech je intenzita rentgenových paprsků nejvyšší. Tyto úhly jsme dosadili do Braggovy rovnice, ze které jsme vypočítali délky mezi atomárními rovinami krystalu isolátu.



Obr.4. Práškový difraktogram isolátu.

5.Diskuse:

Intenzivní difrakce isolátu byly identifikovány dle databáze PDF (Powder Diffraction Files). Hledaná fáze byla identifikována jako hexagonální křemen, karta 82-0511 (Obr.5).



Obr.5 Karta č. 82-0511 z PDF databáze odpovídající hexagonálnímu křemenu

6.Závěr:

Použili jsme RTG fázovou analýzu k určení složení minoritních fází vápence. Za provedení pokus bychom chtěli poděkovat V. Svobodovi a P. Sedlákově.

7.Reference:

KRAUS, I.: *Úvod do strukturní rentgenografie*, Academia 1985.



Jeden z prvních RTG snímků levé ruky p. Röntgenové.

Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6

P. Říha*, M. Košťálek**

*Gymnázium Velké Meziříčí

**Gymnázium Vysoké Mýto

*pavel.dkl@centrum.cz

**freebroom@yahoo.com

Abstrakt

Jaderná elektrárna je velice složité zařízení. Při jejím řízení se její součásti vzájemně ovlivňují a obsluha musí nejen přesně vědět, k čemu která část elektrárny slouží, ale i mít nacvičené, co se stane po provedení určité změny a jak reagovat na neočekávané problémy. A právě proto jsou důležité simulátory, které umožňují nacvičení řešení všech problémů. Hlavním předmětem tohoto článku je simulace provozu jaderné elektrárny a s ní spojený popis součástí jaderné elektrárny.

1. Úvod

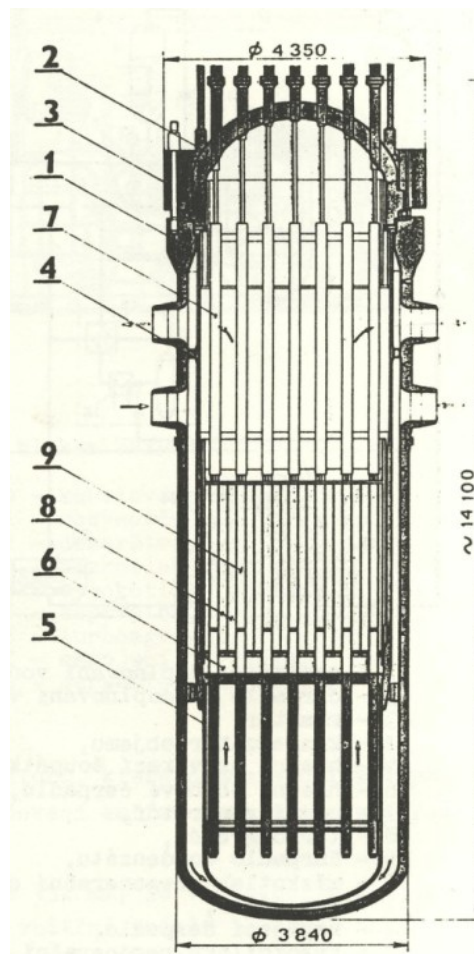
V Evropě a Severní Americe mají jaderné elektrárny dodávající elektřinu do sítě průměrně zastoupení instalovaného výkonu několik desítek procent. Mají mnoho zastánců i odpůrců, ale ne všichni mají správnou představu o jejich činnosti. My jsme v rámci našeho miniprojektu „Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6“ vyslechli přednášku o činnosti jednotlivých zařízení jaderné (v sekundárním okruhu i tepelné) elektrárny. Na simulátorech jsme poté využili získané vědomosti při simulaci řízení JE (jaderné elektrárny) s bloky VVER 440 a CANDU 6.

2. VVER 440

Popis částí reaktoru typu VVER 440:

1. těleso tlakové nádoby
2. víko tlakové nádoby
3. volná příruba
4. nosný válec (šachta)
5. dno nosného válce (dno šachty)
6. koš aktivní zóny
7. blok ochranných trub
8. palivový soubor
9. HRK (havarijní a regulační kazety)

Vodo-vodní reaktor VVER je nejčastější v zemích bývalého východního bloku. Je nainstalován v JE Dukovany (typ 440) a JE Temelín (typ 1000). Je to tlakovodní reaktor a



110 Obr. 1: Reaktor VVER 440

odpovídá koncepci označované v západní Evropě a USA jako PWR (Pressurized water reactor).

Palivem reaktoru VVER 440 je izotop ^{235}U obohacený o několik procent oproti přírodnímu uranu. Pracuje se s ním ve formě oxidu uraničitého. Lehká voda slouží zároveň jako chladivo i moderátor. Aktivní zóna je ve střední části reaktoru a chladivo do ní vstupující dosahuje teploty okolo 260 °C a ohřívá se o cca 30 °C. Chladivo se nachází pouze kapalně díky vysokému tlaku (12,2 MPa).

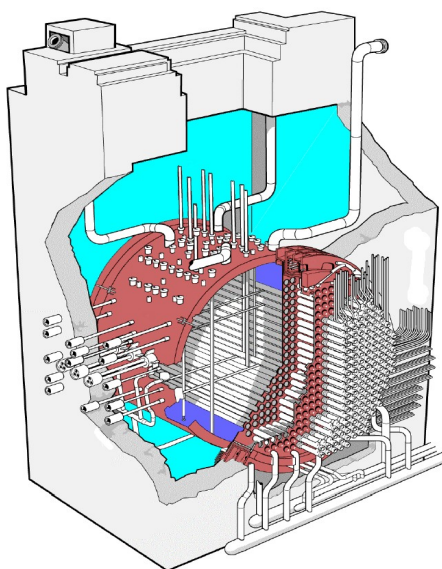
Elektrický výkon jednoho bloku (obsahuje dvě turbíny) je 440 MW, účinnost se pohybuje kolem 32 %.

Řízení je zajištěno regulačními kazetami s obsahem boru. K bezpečnosti přispívá i záporná zpětná tepelná vazba (při zvýšení teploty se sníží hustota a reakce se zpomalí).

3. CANDU 6

Sekundární okruh CANDU 6 se principiálně neliší od VVER 440 a jiných reaktorů. Hlavní rozdíl je v reaktoru samotném. Je umístěn ve vodorovné poloze, chlazen a moderován těžkou vodou a jeho palivo tvoří neobohacený (nebo mírně obohacený) uran. Využívá se hlavně v Kanadě.

380 palivových tyčí je umístěno horizontálně v tlakových kanálech a mezi nimi proudí těžká voda. Kolem reaktoru je lehká voda a beton, zajišťují stínění.



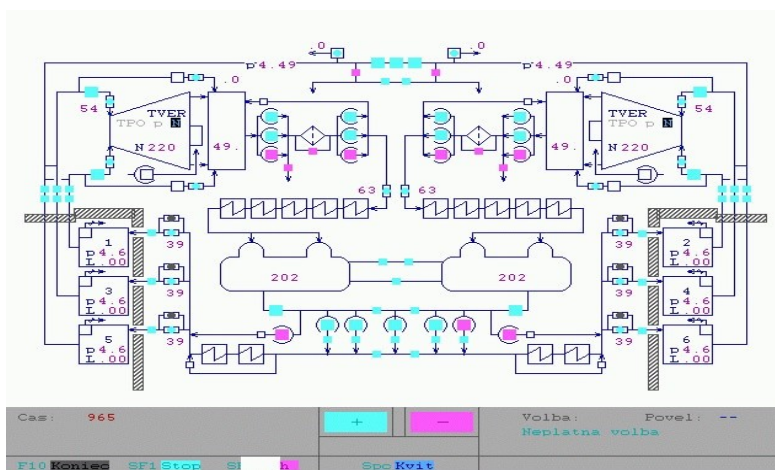
Obr. 2: CANDU 6

4. Prostředí simulátoru

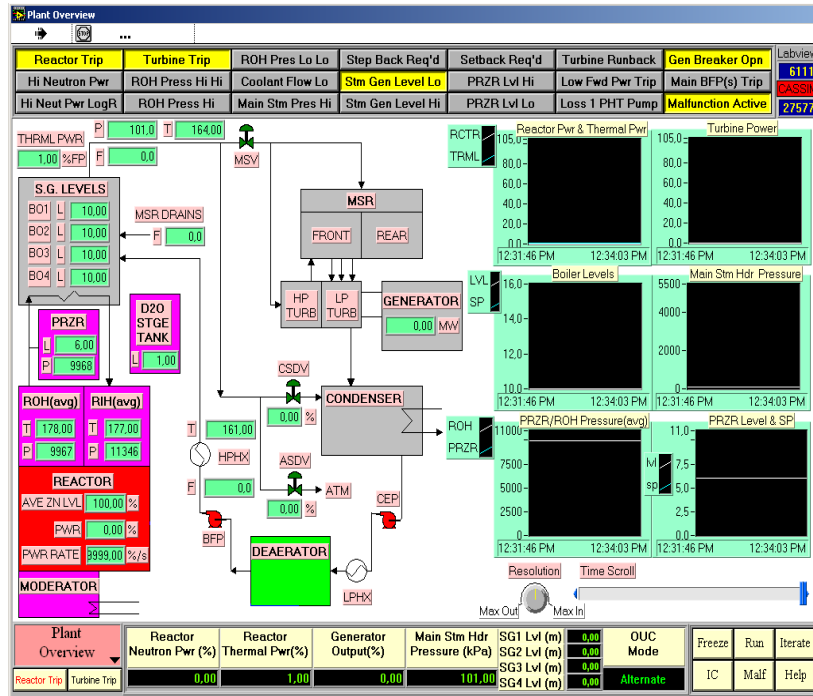
Simulátor VVER 440 je počítačový program běžící na 4 PC. Obsluhují ho 2 osoby. Jedna řídí primární okruh a druhá sekundární okruh. Výpočtové jádro zajišťuje výpočet událostí, jako by probíhaly ve skutečnosti. Lze simulovat standardní chod elektrárny nebo přesně nastavit požadovanou poruchu.

Simulátor CANDU 6 pracuje na 1 PC a ovládá ho 1 osoba.

Simulátory slouží k výcviku operátorů v jaderných elektrárnách. Umožňují bezpečný výcvik nových zaměstnanců a bezpečné testy nových způsobů řízení elektráren.



Obr. 3: Simulátor VVER 440 – sekundární okruh



Obr. 4: Simulátor CANDU 6

5. Simulace provozu reaktoru VVER 440 s únikem páry v sekundárním okruhu.

Na seznámení se simulátorem byl vybrán standardní provoz elektrárny, ve kterém byl plynule snížen výkon na 80 % a následně zvýšen. Poté bylo vyzkoušeno řízení elektrárny při nějaké poruše. Byla vybrána závada na sekundárním okruhu, konkrétně vadná přepouštěcí stanice do atmosféry na hlavním parním kolektoru.

První minutu šlo vše standardně. Po poruše ventilu začal klesat tlak v parním kolektoru a na turbínách začal padat elektrický výkon.

Záznam některých hodnot ze simulace:

Čas (s)	Teplota reaktoru (° C)	Tlak primár u (MPa)	Výkon reaktoru (%)	Výška tyčí (cm)	Výška vody v kompenzá toru (cm)	Výkon turbín (MW)		Únik vody v SO (%)	Hladin a v PG (m)	Tlak v SO (MPa)	
						1.	2.			1.	2.
Řídicí systém reaktoru nastaven na ty T (tlak) a turbíny N (výkon)											
9	279	12,2	100	175	372	220	220	0	4,6	4,49	4,49
Porucha na ventilu v SO. Pára uniká do atmosféry.											
64	279	12,2	102	175	370	214	214	81	4,5	4,45	4,5
70	279	12,2	101	175	367	210	210	99	4,5	4,43	4,43
94	279	12,2	99	174	363	206	206	99	4,5	4,42	4,42
Řídicí systém reaktoru je automaticky přepnut na typ N (výkon), neúspěšná snaha uzavřít ventil před únikem páry											
154	278	12,2	99	175	362	203	203	99	4,5	4,42	4,42

Pára ze SO (sekundární okruh) uniká do atmosféry, v případě netěsnosti mezi primárním a sekundárním okruhem by unikla radiace do okolí. Z toho důvodu by měl být celý blok odstaven a opraven. Na simulátoru jsme zkusili ještě pokračovat a postupně odstavit jen pravou turbínu a několik dalších ventilů. Pára z 2. bloku po chvíli začala unikat do kondenzátoru. Přesto se nám únik ani po dalších cca 3 minutách zastavit nepodařil, navíc mírně poklesla hladina vody v napájecí nádrži.

Také jsme zkusili nastavit stejnou poruchu a nechat vše na automatickém řízení elektrárny. Automatika nic neodstavila, stabilizovala výkon turbín na 206 MW, ale únik páry nemohla zastavit. V tomto stavu elektrárna čekala na zásah obsluhy.

6. Shrnutí

Většina zařízení jaderné elektrárny je ovládána automaticky. Je možné převzít jejich řízení, ale ve většině případů k tomu není důvod. Při nebezpečí havárie se naopak kontrolní systémy chopí řízení a odstaví reaktor. Nedovolí obsluze riskovat vážnou havárii. Tím je vyloučena chyba lidského faktoru.

V běžném provozu je elektrárna řízena za pomoci automatů s minimálními vnějšími zásahy. Operátoři spíše kontrolují a zasahují při poruchách.

Operátoři jaderných elektráren navíc pravidelně cvičí na simulátorech a připravují se na všechny situace, které by mohly nastat.

Jaderné elektrárny jsou podle našeho názoru vhodným, bezpečným a životní prostředí nepoškozujícím zdrojem energie na další desítky let a konkurenci jim vytvoří zřejmě až fúze.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za pořádání Fyzikálního týdne a v souvislosti s miniprojekty supervizoru Ing. Dušanu Kobylkovi, Ph.D.

Reference

1. Doc. Ing Bedřich Heřmanský, CSc.: Jaderná zařízení I, České vysoké učení technické v Praze, 1990, strana 81
2. J. L. Gray: why CANDU? its achievements and prospects, Chalk River Nuclear Laboratories, 1974

Simulace provozu JE s blokem ABWR

Milan Novák – Gymnázium Vysoké Mýto – m.novak18@yahoo.com

Michal Culek - Gymnázium Děčín – pluk.oneil@seznam.cz

Petr Polák - Gymnázium Náchod – petr.polak.nachod@centrum.cz

Abstrakt:

Jak již název napovídá, cílem tohoto miniprojektu je vyzkoušení si práce operátora jaderné elektrárny. Nejprve je tedy nutné nabytí teoretických znalostí, dále seznámení s jednotlivými částmi elektrárny a jejich funkcemi. Po získání přehledu, jak to všechno funguje jsme se pomalu seznamovali se simulátorem a zkoušeli, co se dá kde nastavit a zaměřovat se na to, co je potřeba si hlídat. Jako nácvik běžné práce jsme vyzkoušeli snížení a následné zpětné zvýšení výkonu s pomocí automatiky a poté ručně. Dalším krokem bylo sledování, jak se automatika chová a případně havárie a zda jsme schopni ji lépe řešit manuálně. Průběh několika havárií jsme si zaznamenali a vyhodnotili.

Úvod

Na úvod nás čekala dlouhá a vyčerpávající přednáška o principu fungování jaderné elektrárny a vysvětlení účelů a funkcí jednotlivých částí. Informací bylo opravdu hodně, ale jejich význam jsme si uvědomili především při práci se simulátorem. Těšili jsme se na simulátor rektoru typu VVER 1000, který je v Temelíně, ovšem ten nám tentokrát nebyl k dispozici. Pracovali jsme se simulátorem PWR, tedy reaktorem pracujícím na stejném principu ovšem západního typu. Po osahání funkcí simulátoru jsme se mohli pustit do řízení a testování přednastavených havárií.

Bezpečnost je v dnešní době hledání nových zdrojů energie velice důležitá a nesmíme na ní zapomínat. Jaderná energie má budoucnost a simulátory umožňují vzdělávat odborné pracovníky. Jak je jejich práce náročná jsme si sami vyzkoušeli.

Charakteristika ABWR, VVER

Reaktor typu ABWR(Advanced Boiling Water Reaktor) je varný typ reaktoru, vývoj tohoto druhu byl zahájen roku 1978 a poslední fáze byla ukončena roku 1985, k vlastní realizaci projektu došlo výstavbou 6. a 7. bloku JE Kashiwazaki roku 1996. U reaktoru typu ABWR dochází k vytvoření páry přímo nad aktivní zónou, čímž odpadá sekundární okruh. Chladivem a zároveň i moderátorem je zde lehká voda. ABWR jsou energeticky účinnější, ale zároveň mají nižší koeficient bezpečnosti. Výkon jednoho bloku do sítě je 1300MW, tepelný pak je 3926 MW z toho vyplývá účinnost 33,1%. Za 1 s proběhne Aktivní zónou(nyní jen AZ) 14502 kg lehlé vody. Tlak v AZ je 7,07 MPa, sytá pára má teplotu 286,5°C a voda udržuje hladinu 13,4m. Když vstupuje voda do okruhu reaktoru je zahřátá na 215°C, do nádoby reaktoru vstupuje při teplotě 278°C a na AZ zahřeje jen o 10°C a i to stačí na výrobu mnoha MW el. energie. Palivem pro tyto reaktory je UO_2 . Nádoba reaktoru má vnitřní průměr stěn 7,1m a je 21m vysoká, vyrobená je z uhlíkové oceli s nerezovou výstelkou a váží 1164t. Oběh vody uvnitř AZ zajišťuje 10 čerpadel. Energie vytvořená v AZ jde do jedné vysokotlaké turbíny a tří nízkotlakých. Reaktivita v bloku se řídí pomocí tří možností:

- Změna koncentrace kyseliny borité v chladícím médiu(dlouhodobě)
- Změna polohy řídicích tyčí(tyče se zasouvají zespodu)
- Cirkulace vody v AZ(10 čerpadel vyšším průtokem se zvyšuje reaktivita)

Reaktory BWR jsou řízeny vždy od reaktoru(tj. že podle reaktoru se řídí turbína). Okamžité zastavení reaktoru se provádí pomocí pádu řídicích tyčí do AZ a to z několika důvodů:

- Překročení 113% maximálního výkonu dané průtokem v AZ
- Pokles Hladiny pod 11m, nebo naopak zvýšení nad 14,5 m
- Zvýšení tlaku nad 7,87 MPa
- V případě zemětřesení
- Povel operátora
- aj.

Pohyb řídicích tyčí se zastavuje při 105% výkonu daného průtokem skrze AZ.

Reaktor udržuje ve stabilním stavu mnoho řídicích a kontrolních zařízení, jedná se přece jen o jadernou elektrárnu

Jako prostředek pro naše pozorování a zkoušení jsme používali IAEA Generic Water Boiling Reactor Simulator pod dozorem ing. Dušana Kobylky Ph.D, který nám před samotným spuštěním simulátoru osvětlil některé stránky složité fyziky v reaktoru. Po té jsme se poprvé seznámili s počítačovým programem. Tento simulátor má mnoho funkcí, které věrně simulují chování jaderného zařízení a jeho systémů.

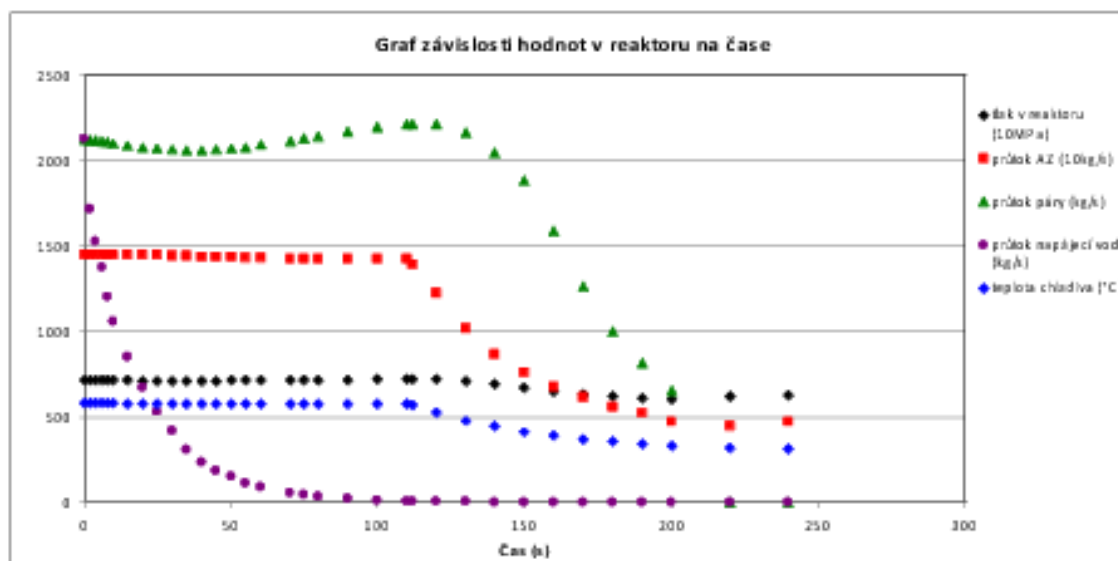
Simulátor

Simulátor je zařízení, jehož účelem je pomocí modelu navodit situaci která se blíží skutečnosti. Simulátorů je několik typů, určujícím faktorem je jejich realističnost fyzikální, druhým faktorem je jejich vzhled. Velice dokonalé simulátory jsou trenažéry, které slouží jednak k tomu, aby se pracovníci seznámili s prostředím, ve kterém budou pracovat, ale také k nácviku reakcí a pracovních postupů v jednotlivých situacích.

My jsem se podrobněji seznámili se simulátorem elektrárny s reaktorem ABWR. Na jednotlivých obrazovkách je kombinace grafické části ve které se zobrazují aktuální údaje, z nichž některé můžeme samozřejmě měnit ručně či nechat jejich řízení automatické. K dispozici jsou také grafy, které nám umožňují sledovat, jak se která hodnota kde mění a dle toho případně podniknout určité kroky. Mezi nejdůležitější údaje, které musíme sledovat patří výkon reaktoru a turbíny, průtok aktivní zónou, průtok páry, průtok napájecí vody, tlak v reaktoru, hladina v reaktoru, teplota chladiva reaktoru a suchost páry. Každá z těchto hodnot je závislá na těch dalších a naším úkolem je udržet optimální hodnoty, aby nedocházelo k nežádoucím výkyvům, bylo tedy vše používáno jak bylo neoptimálněji navrženo a tím se zaručila dlouhá životnost a nízká poruchovost.

Ztráta napájecí vody - obě pumpy selžou

Tato havárie je celkem závažná. Její příčinou je porucha obou pump, které se starají o přísun vody do reaktoru. Průběh této havárie je představen v podobě sledování několika údajů. Z grafu je vidět příčina - prudké snížení přítoku vody do reaktoru. Po 112s, kdy se většina hodnot pohybuje okolo normálu dojde vlivem zvýšeného tlaku v reaktoru k jeho odstavení. Následně začne klesat jeho tepelný výkon a postupně tedy i výkon turbíny, a klesají i další hodnoty.



Havarijní odstavení reaktoru

Při havarijním odstavení reaktoru se zasunou řídicí tyče které začnou pohlcovat neutrony a tím se během asi 3 sekund sníží neutronový výkon reaktoru ze 100% pod 5% a dále klesá. Postupně se také snižuje tepelný výkon reaktoru (ochlazuje se) a ještě s větším zpožděním i výkon generátoru, protože se vypařuje méně páry. Velice pomalu se snižuje tlak v reaktoru i průtok vody aktivní zónou.

Selhání regeneračního ohřevu vody na přívodu do reaktoru

Při jakékoli poruše tohoto systém se ze začátku zdánlivě nic neděje, postupně dochází k pomalému zvyšování výkonu díky tomu že chladnější voda v reaktoru=kladnější reaktivita, automatické regulační systémy nastavené, aby držely výkon na 100%, udržovaly pomocí regulačních tyčí výkon okolo nastavené hodnoty a při dosažení 105%výkonu zasáhly a zabránily přetížení.

Shrnutí

Vyzkoušeli jsme si možnosti simulátoru jak v automatickém, tak v manuálním režimu řízení. Automatika je mnohem přesnější a dokáže regulovat několik věcí najednou a to i skokově, což manuálně možné nebylo. Automatika také v jakémkoli režimu při překročení stanovených limitů nekompromisně ukončí reakci a tím dojde k postupnému poklesu výkonu. Jak automatika funguje a co vše mohou operátoři nastavit, jsme si vyzkoušeli na simulátoru pro jaderné elektrárny typu ABWR, simulátor VVER 1000 nám tentokrát bohužel nebyl k dispozici. Ovládání elektrárny není jednoduché a automatika vám zhatí všechny pokusy způsobit velkou havárii, což je důležité pro bezpečnost nás všech.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za organizaci fyzikálního týdne a KJR za poskytnutí výpočetní techniky a programového vybavení. Děkujeme také našemu supervizorovi Ing. Dušanovi Kobylkovi, Ph.D. za teoretickou přípravu a ochotu věnovat nám svůj čas na konzultace, rady a odpovídání dotazů.

Reference:

http://cs.wikipedia.org/wiki/Jaderný_reaktor

<http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/reactors.html>

http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=3531&id_c=98945

<http://www.jaderna-energie.cz/jaderny-reaktor.htm>

Prezentace o reaktorech na FJFI

Všechny internetové stránky jsme viděli dne 3. června 2008

Únavové poruchy letadel

řádkovací elektronová mikroskopie

Radka Kolářová
Gymnázium Štenberk
Raduska.kolarova@gmail.com

Pavel Čupr
Gymnázium Brno Křenová
Pavel.Cupr@seznam.cz

Milan Kolomazník
Střední škola průmyslová a hotelová Uherské Hradiště
mkolomaz@centrum.cz

Abstrakt:

Pomocí metod kvantitativní fraktografie byla provedena rekonstrukce šíření únavové trhliny v integrálním panelu se dvěma podélníky. Výsledky analýzy byly srovnány se stávajícími výsledky z archivu Kmat-FJFI-ČVUT a byl zkoumán vliv operátora. Provedený experiment potvrdil, že je nutné věnovat pozornost vlivu operátora při stanovení rozteče striací.

1 Úvod

Únava materiálu je proces změn strukturního stavu materiálu a jeho vlastností vyvolaný kmitavým (cyklickým) zatěžováním.

2 Fraktografie

Fraktografie je vědní disciplína zkoumající procesy porušování na základě morfologie lomových ploch. Kvalitativní fraktografie zkoumá mechanismy, které vedou ke vzniku lomové plochy. Kvantitativní fraktografie vyhodnocuje uplatnění jednotlivých mechanismů při vzniku lomové plochy. Výstupem kvantitativní analýzy únavově porušeného tělesa je tzv. růstová křivka, t.j. závislost délky únavové trhliny na počtu zatěžovacích cyklů, důležitým výsledkem je stanovení lokální rychlosti šíření únavové trhliny v závislosti na její délce.

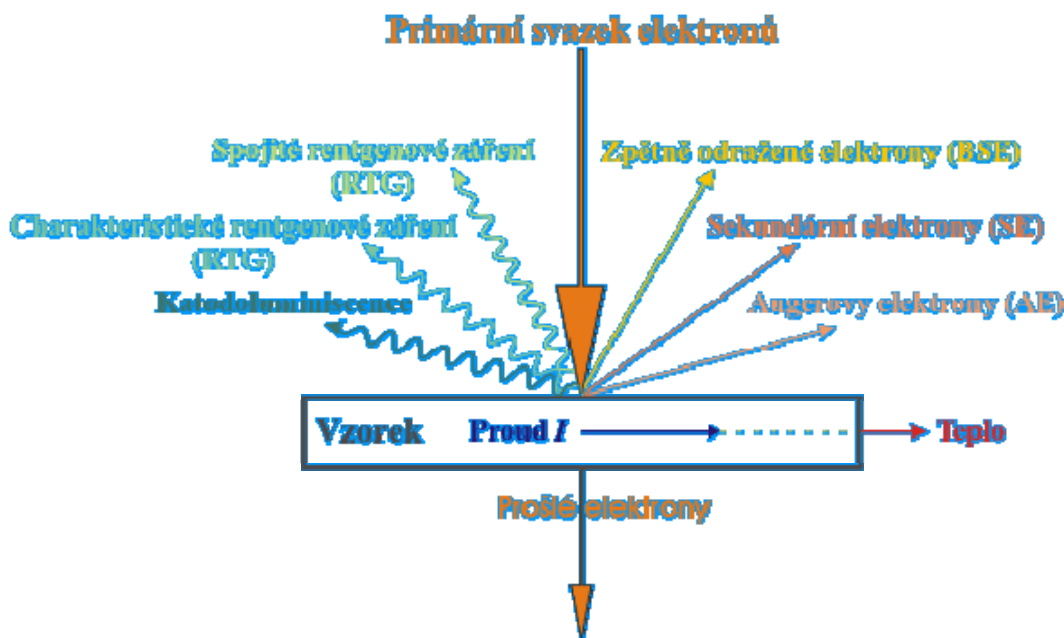
Při stanovení rychlosti šíření únavové trhliny se opíráme o měření rozteče striací na lomové ploše. Striace jsou periodické útvary, které vznikají při cyklickém zatěžování v důsledku plastické deformace před čelem trhliny a jejich rozteč s charakterizuje mikroskopickou rychlost šíření únavové trhliny s pomocí multiplikativního faktoru

$$v = D(s) \cdot s.$$

Faktor $D(s)$ je stanoven pro daný materiál na základě laboratorního měření délky únavové trhliny v průběhu zkoušky jednoduchého tělesa.

Experiment

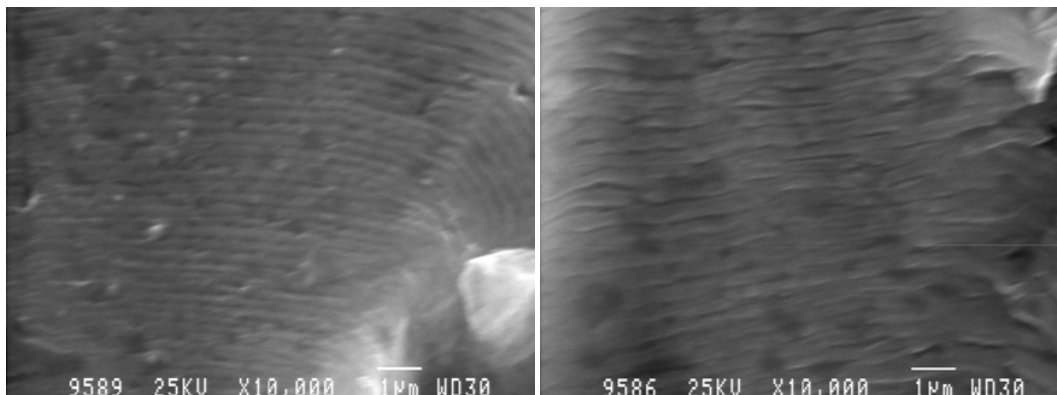
Analýzovali jsme integrálně vyztužený panel vyrobený vysokorychlostním obráběním. Panel byl monotónně cyklicky zatěžován ve zkušebně CLKV Brno. Maximální napětí $\sigma_{\max} = 110 \text{ MPa}$ a parametr asymetrie cyklu $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 0.5$. Lomová plocha byla zkoumána pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu Jeol JSM-840. Obraz lomové plochy vzniká na základě interakce elektronového svazku a zkoumaného vzorku. Elektronový svazek vzniká emisí elektronů z vlákna o vysoké teplotě, které jsou urychlovány vysokým napětím. Svazek je fokusován elektromagnetickým polem, aby bylo dosaženo co nejmenší stopy svazku na povrchu vzorku. Požadovaného zvětšení se dosahuje volbou oblasti rastrované elektronovým svazkem.



Obr. 1 - Interakce elektronového svazku se vzorkem.

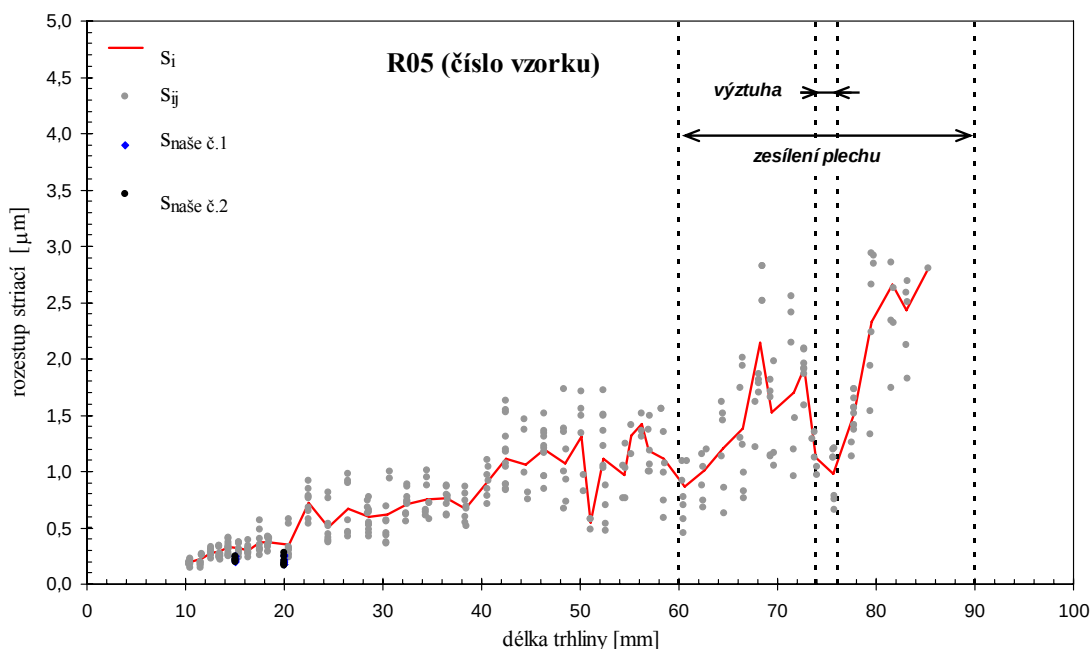
Výsledky

Pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu byly pořízeny 4 fotografie lomové plochy (Obr. 2) ve dvou různých vzdálenostech od středu vrubu (lomově mechanická délka trhliny). Na každém snímku byla změřena průměrná rozteč tří skupin striací.



Obr. 2 – mikromorfologie lomové plochy únavového lomu pozorované v řádkovacím elektronovém mikroskopu.

Naměřené výsledky byly vyneseny do stávajícího (referenčního) grafu $s(a)$ a statisticky zpracovány. Ukazuje se, že střední hodnota naměřených dat pro danou délku trhliny činí asi 60% referenční hodnoty z archive KMAT. Zjištěný rozdíl prokazuje vliv operátora na hodnotu změřené rozteče striací. Je tedy vhodné, aby též operátor stanovoval i závislost $D(s)$.



Obr. 3. – grafické znázornění rozteče striací s na délce trhliny a

Diskuse

Vyzkoušeli jsme si základní obsluhu řádkovacího elektronového mikroskopu a pochopili princip fungování tohoto zařízení. Následně jsme provedli měření rozteče striací, jehož výsledky jsou uvedeny na Obr. 3.

3 Shrnutí

Rekonstrukce šíření únavové trhliny na základě měření striací umožňuje stanovit vazbu mezi délkou trhliny a počtem letových hodin. Proto je jedním z podkladů pro stanovení intervalu mezi prohlídkami draku letadla. Pomáhá tak předcházet, katastrofám které by mohly vzniknout únavovým porušením za letového provozu.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat našemu supervisorovi Ing. Ondřejovi Kováříkovi, Ph.D a také Ing. Janu Siegelovi, CSc a Ing. Janu Adámkovi, kteří nám zprostředkovali další informace. Závěrem děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, především potom organizátorům Fyzikálního týdne 2008.

Reference:

- [1] Kovářík, O., Siegl, J., Kunz J.: Fractographic Reconstitution of Fatigue Crack Growth in Integrally Stiffened Panels, výzkumná zpráva
- [2] http://home.pf.jcu.cz/~bilyto00/bak/2_1.htm
- [3] Únavové poruchy letadel, Fyzikální týden 2007

Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla

J. Kákona¹, F. Batysta², P. Švéda³

¹SPŠ Strojní a Elektrotechnická, České Budějovice kaklik@mlab.cz

²Gymnázium. J.V. Jirsíka, České Budějovice; batyf@seznam.cz

³Gymnázium, Brno – Řečkovice; svedapetr@email.cz

Abstrakt:

Práce se zabývá dávkovou rychlostí (intenzitou) ionizujícího záření na palubě letadla v závislosti na poloze a výšce nad zemským povrchem, a dále množstvím záření, jakému je vystavena posádka letadel. K měření absorbované dávky záření jsme použili scintilační detektor NB3201 a k měření výšky GPS. Po zpracování naměřených dat jsme došli k závěru, že intenzita nejprve klesá (asi do výšky 1000 m.n.m) a pak opět roste. Pokles je způsoben vzdálením od zemského povrchu, který obsahuje radon a jiné látky způsobující ionizující záření.

1 Cíle práce

Naším cílem je zjistit závislost dávkové rychlosti [Gy/s] na výšce nad zemským povrchem, určit efektivní absorbovanou dávku posádky letadla a přibližně určit výšku, kde je dávková rychlost nejnižší.

2 Kosmické záření

Kosmické záření je tvořeno především galaktickými protony (88%) a alfa částicemi (11%), pohybujícími se rychlostí blízkou rychlosti světla napříč galaxií. Galaktické záření se mění jen málo s časem, avšak v blízkosti slunce někdy dochází v důsledku interakce se slunečním větrem k výrazným změnám. Vlivem nepředvídatelných slunečních erupcí však může dojít až k několikanásobnému zvýšení nebo snížení intenzity kosmického záření. Při vstupu relativistického protonu do atmosféry Země dochází k četným srážkám, při nichž vzniká "sprška" částic tzv. sekundárního kosmického záření, které (již značně utlumené) dopadá na povrch Země.

Odkud pochází

Původ kosmického záření není přesně znám, protože, na rozdíl od světla šířícího se přímočaře, je toto záření tvořeno nabitými částicemi, které jsou ovlivnitelné magnetickými poli táhnoucími se vesmírem. Magnetická pole zakřivují trajektorii částic do složitých tvarů, a tak v naprosté většině případů není možné zjistit místo původu částice.

Historie

Kosmické záření objevil rakouský vědec Viktor F. Hess, když se snažil přijít na příčinu ionizace vzduchu, která způsobuje samovolné vybíjení elektroskopu stíněného vrstvou olova. Při pokusu roku 1912, kdy vystoupal z Ústí n. L. s balónem plněným vodíkem do výšky 5,5km, zjistil, že intenzita záření roste se zvyšující se výškou. Z toho vyvodil závěr, že ionizující záření nepochází ze Země, ale z vesmíru. Za objev kosmického záření získal Hess Nobelovu cenu. Jelikož je kosmické záření tvořeno proudem rychle letících částic s velkou energií, proniknou i skrze stínící vrstvu olova. Proto bylo v minulosti označováno za „pronikavé záření“.

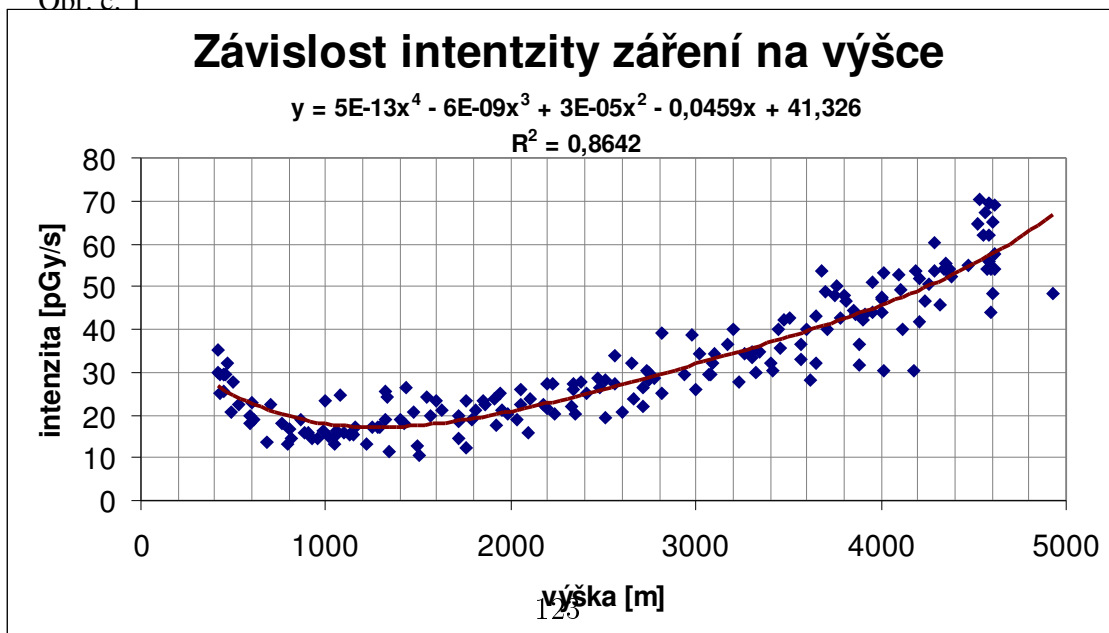
2 Měření

Nejprve jsme ještě před startem letadla změřili několikrát výšku pomocí GPS a intenzitu záření pomocí scintilačního detektoru NB3201. V průběhu dvou přibližně dvacetiminutových letů na palubě letadla L 410 Turbolet jsme prováděli vlastní měření. Každých deset sekund jsme ze scintilačního detektoru zapisovali zobrazené hodnoty a společně s nimi i jim odpovídající výšku. Paralelně probíhalo stejné redundantní měření automaticky na supervisorem zkompletované jednotce.

4 Výsledky

Obrázek č. 1 představuje graf závislosti dávkové rychlosti na výšce. Tento graf je výsledkem našich měření a je z něj patrné, že dávková rychlost klesá do výšky asi 1km. Tento pokles je způsoben vzdalováním se od zemského povrchu, který obsahuje látku způsobující ionizující záření. Jedná se především o izotopy radonu a další radioaktivní prvky rozpadových řad uranu. Přesnější výpočet minima regresní křivky odhalí nulovou derivaci funkce závislosti dávkové rychlosti na nadmořské výšce v bodě 1065.0052959238380402449292629376 m.n.m, kde je intenzita radiace minimální. Od této hraniční výšky nahoru již je podíl záření pocházejícího ze země nižší a převládá, již ne tolik tlumené, záření kosmické. Tento graf jsme proložili regresní křivkou (červená), která zobrazuje ideální průběh závislosti dávkové rychlosti na výšce. Průběh této křivky je popsán rovnicí pod názvem grafu.

Obr. č. 1



5 Shrnutí

V průběhu experimentu se podařilo změřit závislost dávkové rychlosti na nadmořské výšce. Ukázalo se, že kosmické záření začne převažovat zářením nad pozemského původu již ve výšce několika set metrů nad Zemí. Naměřená dávková rychlost na palubě letadla ve výšce 4 km nad zemí je sice asi 2x vyšší než přirozené pozadí na zemském povrchu, zdaleka však nepřekračuje povolené limity a je tedy zdravotně zcela nezávadná.

Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, za to, že nám umožnila tento projekt vůbec uskutečnit a našemu supervisorovi Jakubu Kákonovi za jeho pomoc, odborné rady a velkou trpělivost.

Reference:

- [1] KILENER, V. – KOLEKTIV AUTORŮ, *Principy a praxe radiační ochrany*, Azin cz, 2005, 546-555
- [2] <http://www.astro.cz/clanek/3188> [02.06.2008]
- [3] <http://www.auger.org/qa/qa.html#what> [02.06.2008]
- [4] <http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm> [02.06.2008]
- [5] <http://www.mlab.cz/Server/GenIndex/GenIndex.php?lang=cs&path=/Designs> [02.06.2008]

Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením

Vendula Kucharčíková*

Zuzana Šiková**

Štěpán Timr***

*Gymnázium Šternberk

**Gymnázium Plasy

***Gymnázium J. V. Jirsíka, České Budějovice

Abstrakt:

Studium komplexace uranu U(VI) v přírodních podmínkách vyžaduje nedestruktivní a zároveň dostatečně citlivou metodu, umožňující detekci velmi nízkých koncentrací (10^{-12} - 10^{-9} M). Časově rozlišená laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie splňuje tyto požadavky. Pro seznámení se s metodikou byl zkoumán uranylový kation UO_2^{2+} v roztoku chloristanu sodného, který byl popsán jak ve vlnové délce pomocí charakteristických spekter, tak v čase závislostí poklesu fluorescenční intenzity. Metodou nelineární regrese byly stanoveny vlnové délky fluorescenčních emisních pásů a doba života. Výsledky odpovídají hodnotám uvedeným v literatuře.

1 Úvod

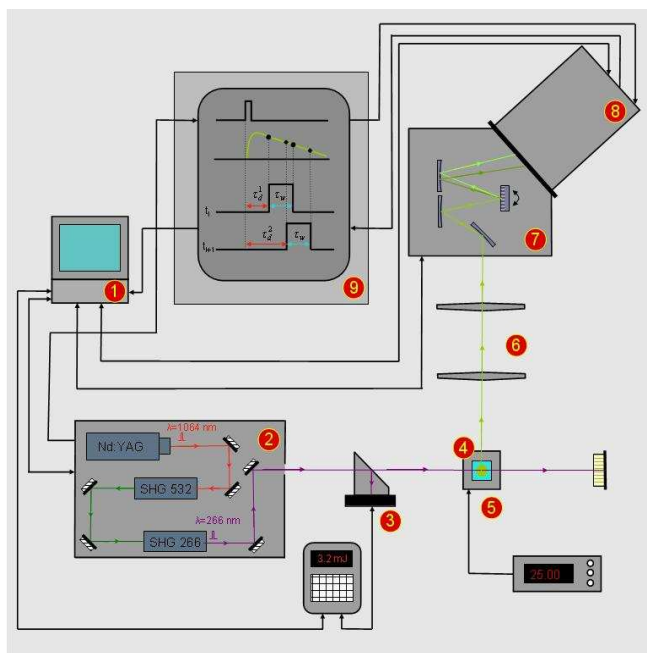
Zjišťování zastoupení jednotlivých forem uranylu UO_2^{2+} ve spodních vodách má velký význam pro plánování úložišť jaderného odpadu. Korozí ocelových plášťů dojde postupem času k difúzi vyhořelého paliva do okolního prostředí a následně k tvorbě komplexů, které se difúzním a konvektivním pohybem dostávají na zemský povrch.

Časově rozlišená laserem indukovaná fluorescenční spektroskopie (time-resolved laser-induced fluorescence spectroscopy – TRLFS) je pokročilá spektroskopická metoda umožňující studium forem různých prvků v roztocích a na povrchu pevné fáze. Metoda je založena na laserové excitaci následované časovým rozlišením fluorescenčních spekter.

Pro úspěšnou detekci fluoreskujících forem uranu je nutno určit jejich charakteristická spektra z roztoků, v nichž se vyskytuje pouze daná forma. V našem miniprojektu jsme zjišťovali fluorescenční charakteristiky uranylu UO_2^{2+} .

2 Materiály a metody

Pro náš experiment jsme použili $4 \cdot 10^{-8}$ M roztok UO_2^{2+} v NaClO_4 (0.1 M). Roztok jsme umístili do křemíkové kyvety o objemu 3.5 ml. Fluorescence v kyvetě byla vybuzena laserovými pulsy o vlnové délce 266 nm a době trvání 4 ns. Pulsy byly generovány s frekvencí 10 Hz laserovým systémem VIBRANT™ 355 II (2), který je buzen Nd:YAG laserem.



Pro účely korekce nestability výkonu laseru jsme výstupní energii pulsu paralelně monitorovali digitálním měřičem energie (3). Kyveta se zkoumaným vzorkem (4) byla udržována při konstantní teplotě 20°C (5). Kolmo na budící paprsek bylo fluorescenční a rozptýlené záření z kyvety soustředěno pomocí čoček (6) na vstupní štěrbinu spektrografu (7). Rozložené spektrum jsme detekovali ICCD kamerou (8). Okamžik emise pulsu a počátek snímání spektra byly synchronizovány prostřednictvím impulsů generovaných laserovým systémem; časového rozlišení jsme dosáhli postupným zpožděním počátku snímání (9). Rychlost zpoždění

byla nastavena parametrem délka kroku (gate step). Celý systém jsme ovládali pomocí PC (1). Zaznamenanou kinetickou sérii fluorescenčních spekter jsme normovali vzhledem k naměřeným energiím pulsů a dále analyzovali pomocí programového a grafického prostředí MATLAB®.

Zkoumaný vzorek obsahoval pouze jednu fluoreskující formu, a to uranylový kation UO_2^{2+} . Proto lze detekovanou intenzitu fluorescence $I(\lambda, t)$ vyjádřit jako

$$I(\lambda, t) = \Lambda(\lambda)T(t), \quad (1)$$

kde λ označuje vlnovou délku a t čas. Funkce vlnové délky $\Lambda(\lambda)$ matematicky modeluje spektrum - v našem případě jsme ji vyjádřili jako součet pěti Voightových profilů. Funkce času $T(t) = A_0 e^{-t/\tau}$, kde τ označuje dobu života, představuje exponenciální pokles fluorescenční intenzity v čase [2]. Parametry těchto funkcí byly získány metodou nelineární regrese, tj. hledáním minima funkce

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^n \frac{(Y_k^0 - Y_k)^2}{\sigma_k^2}, \quad (2)$$

kde Y_k^0 představuje vypočítané hodnoty z funkce $\Lambda(\lambda)$, resp. $T(t)$ a Y_k odpovídající naměřené hodnoty. σ_k jsou standardní odchylky, jejichž hodnoty jsme získali pomocí následujícího experimentu: Provedli jsme dvě měření s nulovou délkou kroku a s minimálním a maximálním zpožděním. Obě se skládala ze 100 opakování (Tabulka 1, Měření 1,2). Ukázalo se, že pro měřené vlnové délky a rozsah intenzit v daném časovém intervalu je σ_k úměrná odmocnině z intenzity. Proto jsme v rovnici (2) uvažovali $\sigma_k^2 = Y_k$.

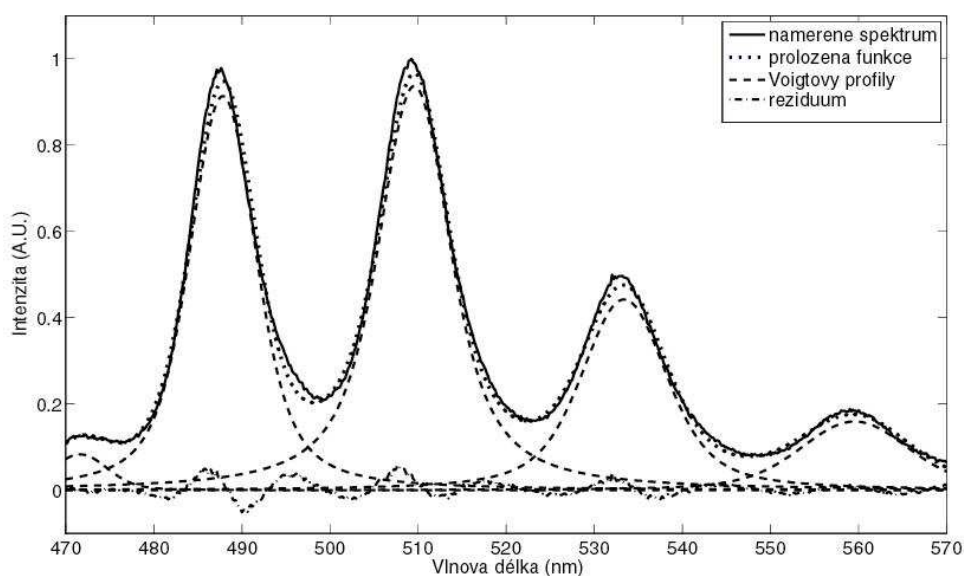
Dobu života jsme získali z dat třetího měření, ve kterém byly použity stejné parametry jako v měření 1 s výjimkou délky kroku. Pro vyloučení systematické chyby jsme měření opakovali dvakrát a vyhodnotili jejich průměr.

Tabulka 1: Vybrané parametry nastavení spektrografu a ICCD kamery

	Počet akumulací	Počet kroků	Zpoždění 1. kroku (ns)	Doba expozice (ns)	Délka kroku (ns)
Měření 1,2	100	100	180, 5000	2000	0
Měření 3	100	100	180	2000	50

3 Výsledky

Vlnový rozsah použité mřížky nám umožnil detekovat pět ze šesti známých emisních píků UO_2^{2+} (Obrázek 2). Zjištěné polohy jejich středů jsou uvedeny v Tabulce 2, kde jsou porovnány se známými hodnotami.

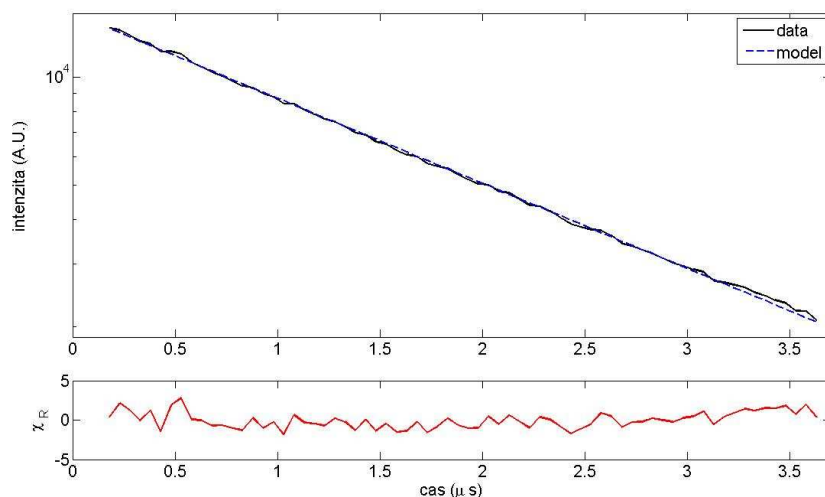


Obrázek 2: Naměřené fluorescenční spektrum UO_2^{2+} spolu s jeho matematickým modelem

Tabulka 2: Spektroskopické charakteristiky UO_2^{2+} a jejich srovnání s literaturou

	Polohy středů píků (nm)	Doba života (μs)
Tato práce	472, 488, 510, 533, 560	1.8 ± 0.1
Publikováno v [1]	470, 488, 509, 533, 559	2 ± 0.1

Na Obrázku 3 jsou v semilogaritmickém měřítku zobrazeny naměřené monoexponenciální pokles fluorescenční intenzity v závislosti na čase a modelovaná funkce $T(t)$. Vypočítaná doba života je uvedena v Tabulce 2.



Obrázek 3: Porovnání naměřené závislosti fluorescenční intenzity na čase s matematickým modelem

4 Shrnutí

Při provádění experimentu a jeho následném zpracování jsme se seznámili s principy laserem indukované fluorescenční spektrometrie, vyzkoušeli si ovládání Nd:YAG laseru a ICCD kamery. V prostředí Matlab jsme pomocí nelineární regrese stanovili parametry fluorescenčního spektra uranylového kationtu a délku života fluorescence. Získané výsledky se dobře shodují s hodnotami popsanými v [1].

Poděkování

V první řadě děkujeme našemu supervisorovi Mgr. Aleši Vetešníkovi, PhD. za projevenou ochotu a trpělivost. Dále bychom rádi poděkovali vytrvalým organizátorům Fyzikálního týdne, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a konečně rektorátu ČVUT za finanční podporu této akce.

Reference:

- [1] MOULIN, C. - LASZAK, I. - MOULIN, V. - TONDRE, C.: *Time-resolved laser-induced fluorescence as a unique tool for low-level uranium speciation*. Applied Spectroscopy, vol. 52, 1997, pp.528-535.
- [2] LAKOWITZ, J.R.: *Principles of Fluorescence Spectroscopy*. 3rd ed., Springer Science, New York, 2006

Stanovení délky optického vlákna metodou optické reflektometrie

O. Perutka
SŠPH Uherské Hradiště
daemonx@centrum.cz

P. Maroušková
Gymnázium Plasy
pmarouskova@seznam.cz

Abstrakt:

Naše práce se věnuje stanovení délky optického vlákna metodou optické reflektometrie. Optická vlákna se používají především v telekomunikacích a s tím vzniká i potřeba čas od času zjišťovat místo přerušení opt. vlákna (např. z důvodů oprav vedení atp.). Dospěli jsme k závěru, že tato metoda se dá použít pro optická vlákna, jejichž délky se pohybují v řádech kilometrů, protože s rostoucí vzdáleností klesá i odchylka měření.

1 Úvod

V našem pokusu se věnujeme stanovení délky optického vlákna metodou optické reflektometrie. Na počátku jsme byli seznámeni s problémem samotného měření a důvodu použití této metody. Tato metoda se využívá především v případech, kdy je potřeba zjistit v jakém místě je vlákno přerušeno.

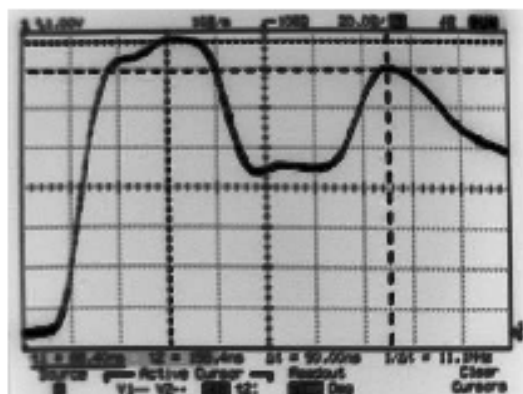
2 Seznamování s měřicí technikou

K měření jsme použili přístroj OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), osciloskop a optické vlákno dlouhé 8m. Přístroj OTDR pracuje na principu odrazu optického impulsu od konce optického vlákna zpět do přístroje. Pomocí prodlevy mezi vyslaným a přijatým impulsem se později vypočítá délka optického vlákna.

3 Průběh měření

Nejprve jsme připojili optické vlákno k OTDR, ten jsme pak propojili s osciloskopem. Měření jsme prováděli opakovaně, pokaždé s jiným časovým nebo napětíovým měřítkem osciloskopu nebo z opačného konce vlákna. Naměřili jsme následující hodnoty (pro výslednou délku optického vlákna uvažujeme $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ a $n = 1,475$):

	$\Delta t [\text{ns}]$	$l = \frac{c \cdot \Delta t}{2n} [\text{m}]$
	80	8,14
	80,1	8,15
	79	8,03
	81,4	8,28
	79,6	8,09
	78,6	7,99
	78,8	8,01
	79,6	8,09
	80,4	8,18
	80,5	8,19
Průměr:	79,8	8,12



Obrázek 1 - Obrazovka osciloskopu

4 Shrnutí

Vzhledem k tomu, že skutečná délka optického vlákna je 8,8m, nám vyšla průměrná odchylka měření 8,4%. Tato odchylka je způsobena tím, že měřené optické vlákno je příliš krátké na to, aby se dala spolehlivě použít tato metoda. Tento způsob měření je tedy určen pro optická vlákna, jejichž délky jsou v řádu kilometrů.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze za organizaci celého Fyzikálního týdne a našim dvěma supervizorům Ing. Rudolfu Klepáčkoví a Ing. Janu Aubrechtovi za ochotnou spolupráci.

Identifikace neznámého zářiče pomocí gama spektroskopie

O. Jan*, M. Bekrová**, M. Zábranský***

*: Katolické gymn., Otmarova 22, Třebíč**: gymn. Trutnov,
Jiráskovo nám. 325***: gymn. Litoměřická 726, Praha 9 - Prosek
thomas.ondrej@gmail.com

Supervisor: Ondřej Huml, KJR - FJFI ČVUT

Abstrakt:

Gama spektroskopie je nedestruktivní analytická metoda využívající měření energetického spektra γ -záření pro identifikaci zářiče. Touto metodou se zabývá RNDr. Vojtěch Ullmann v publikaci Jaderná a radiační fyzika. Lze ji úspěšně použít k identifikaci nestabilních nuklidů prvků (radionuklidů). Metoda může být také použita při zjišťování složení vzorků látek o neznámém složení po jejich ozáření (neutronová aktivační analýza).

1 Radioaktivní rozpad

Některá jádra vyskytující se přirozeně v přírodě podléhají rozpadu na jiná jádra, která se také dále mohou rozpadat. Kaskáda jednotlivých rozpadů probíhá podle rozpadových řad. Existují čtyři rozpadové řady, těmi jsou řada uranová, aktinouranová, thoriová a neptuniová. Radioaktivní rozpad může být také navozen uměle, a to ozářením stabilního nuklidu ionizujícím zářením. Dojde tak k přeměně jeho jádra na jádro nestabilní. Samotný proces rozpadu jádra se skládá obecně ze dvou fází. Nejprve dojde ke korpuskulárnímu rozpadu, při kterém se mateřské jádro přemění na excitované dceřiné jádro a přitom je generováno korpuskulární záření (α , β^- , nebo β^+). Vzniklé excitované jádro přechází na stabilnější stav vyzářením fotonů záření gama. Záření α sestává z jader ${}^4_2\text{He}$, záření β^- je pak elektronem vycházejícím z jádra a záření β^+ je pozitronem vycházejícím z jádra. Současně s e^- jsou při rozpadu β^- emitována elektronová antineutrína ($\bar{\nu}$), e^+ při β^+ rozpadu pak doprovází elektronová neutrína (ν). Neutrína jsou však velice lehké částice a není proto snadné je detekovat. Děj, ke kterému dochází v jádře při rozpadech β lze zjednodušeně zapsat následujícími rovnicemi:

$$\beta^- : n^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$$

$$\beta^+ : p^+ \rightarrow n^0 + e^+ + \nu$$

Rozpad β^- pak probíhá hlavně u jader s nadbytkem neutronů, rozpad β^+ pak u jader s nadbytkem protonů. Způsob, jakým se jádro rozpadne, ovlivňuje energetické spektrum γ -záření, jehož emitací se vzniklé dceřiné jádro postupně stabilizuje. Toto spektrum je pak také charakteristické pro každý izotop.

Kinetika radioaktivního rozpadu se řídí rovnicí $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t)$, kde λ je rozpadová konstanta daného radionuklidu, t je čas a N je aktuální počet jader. Pro počet jader

N potom platí: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, kde N_0 je počáteční počet jader. Další důležitou veličinou pro rozlišení jednotlivých radionuklidů je poločas rozpadu: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

2 Identifikace neznámého radionuklidu

Zachycením a analýzou γ -záření určitého zářiče tedy lze přesně určit tento zářič na základě porovnání získaných dat s tabelovanými hodnotami. K zachycení gama záření zdroje je třeba použít správného typu detektoru v závislosti na předpokládané intenzitě záření. Vysokoenergetické fotony γ -záření totiž mohou projít detektorem o malé velikosti a zanechat v něm pouze část své energie.

Princip detekce ionizujícího záření

Při průniku γ -záření hmotou toto záření interaguje jak s elektronovými obaly atomů, tak s atomovými jádry. Jelikož jsme pracovali s polovodičovým detektorem, jsou pro naši práci důležité právě interakce s atomovými obaly a následné uvolňování volných elektronů, které mohou být urychlovány elektrickým polem za vzniku elektrického proudu. Těmito interakcemi jsou fotoefekt, Comptonův rozptyl a generování elektron-pozitronových párů.

Fotoefekt spočívá v interakcích fotonu γ -záření s elektronem at. obalu, který je následně vyražen z obalu a je urychlován velkým elektrickým polem detektoru. Na energetickou hladinu uvolněnou tímto elektronem následně sestoupí elektron z vyšší hladiny za vyzáření kvanta Röntgenova záření. Toto může dále obdobně interagovat s hmotou detektoru až do absorpce vši energie původního fotonu γ -záření. Tato interakce je ve výsledném grafu znázorněna tzv. fotopeakem.

Při Comptonově rozptylu se foton γ -záření srazí s volným nebo volněji vázaným (například valenčním) elektronem, který je následně odražen (získá od fotonu část jeho energie). Zároveň je vyzářeno kvantum rozptýleného záření γ , které může dále interagovat s hmotou detektoru. Tato interakce je ve výsledném grafu znázorněna tzv. Comptonovou hranou.

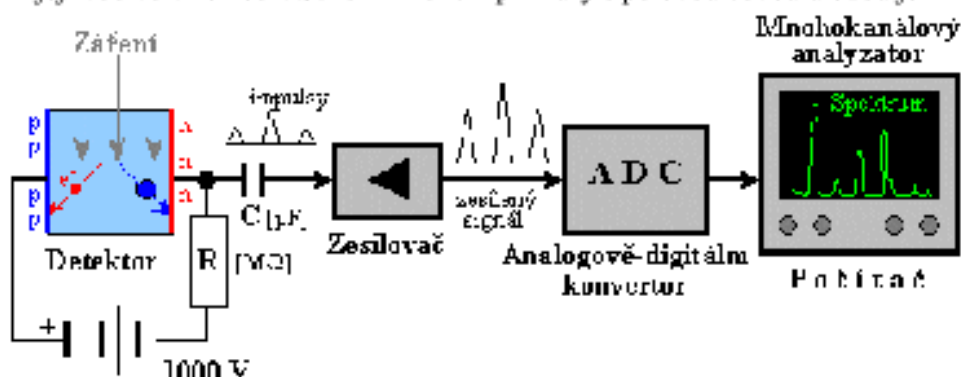
Dalším významným dějem je vznik e^-e^+ párů. K tomuto jevu dochází pouze v blízkosti atomových jader a to v případech fotonů s energií vyšší nežli 1022 keV (tato mezní hodnota souvisí s klidovou energií elektronu). Energie fotonu γ -záření se zde zcela přemění na e^- a e^+ . Pozitron anihiluje s některým z elektronů detektoru. Elektron může být opět urychlen napětím obvodu.

Detektory ionizujícího záření

Detektory ionizujícího záření lze rozdělit podle průběhu sběru dat a jejich zpracování v čase na detektory kontinuální a kumulativní. Kontinuální detektory odesílají data z pozorování průběžně a je tak možné získat výsledky průběžně. Měření kumulativních detektorů jsou vyhodnoceny najednou. Podle způsobu získávání dat lze tyto detektory rozdělit na fotografické, elektronické a materiálové. Fotografické detektory využívají k měření osvětlení filmu pomocí záření. Elektronické pak k detekci využívají změn proudu v obvodu s detekčním prvkem, jehož odpor závisí na energii absorbovaného záření (např. polovodičové detektory). Materiálové detektory pak využívají určitého materiálu, se kterým interaguje ionizující záření za vývoje signálu, který lze dále zpracovávat (např. scintilační detektory).

Fotografické detektory obsahují speciální film, který je exponován ionizujícím zářením. Jednou za čas je tento film vyvolán a z míry jeho expozice je možné získat spektrum γ -záření, které expozici vyvolalo.

Polovodičové detektory pracují na základě elektrického obvodu, do kterého je zapojena polovodičová dioda v závěrném směru. Při interakci ionizujícího záření s materiálem diody dojde k vyražení e^- z atomového obalu atomu diody. Tak vznikají nosiče elektrického náboje (elektrony a díry), které v důsledku vysokého napětí způsobují průchod proudu obvodem. Tyto výkyvy proudu, jejichž amplituda je přímo úměrná celkovému generovanému náboji a tak i celkové energii, kterou foton γ -záření předal detektoru, jsou odfiltrovány kondenzátorem a přes zesilovač vedeny do analogově-digitálního konvertoru, jehož data jsou předávána mnohakanálovému analyzátoru a zde zpracována příslušným softwarem. Diodu detektoru je nutné chladit kapalným dusíkem, a to z důvodu vlivu teploty na její vodivé vlastnosti. Schema měřicí aparatury s polovodičovou diodou je na obr. 1.



Obr. 1

Scintilační detektory pracují na základě luminiscenční látky, která při interakci s ionizujícím zářením generuje záblesky o frekvencích viditelného světla. Intenzita těchto záblesků je zesílena fotonásobičem, dále jsou převedeny na elektrický signál zpracovávány obdobně jako v případě polovodičového detektoru.

Výhodou polovodičových detektorů oproti scintilačním je lepší rozlišení výsledného spektra. V případě scintilačního detektoru jsou energetické peaky roztáhlé do Gaussovských křivek. Scintilační detektor má ale větší účinnost detekce.

Na osu x výsledného grafu je pak nanášena energie v jednotkách keV. Na osu y je nanášena intenzita záření (počet impulsů za dobu měření).

Přesnost měření

Přesnost měření je ovlivněna rozlišením spektra, předchozí kalibrací a podmínkami, za kterých byla tato provedena. Spektrografy jsou podrobovány účinnostní a energetické kalibraci podle určitých standardních zářičů. Energetická kalibrace je nutná k přesnému stanovení energie záření o určité frekvenci. Účinnostní kalibrace je nutná z důvodu přesného určení počtu impulsů v daném peaku. Další nepřesnosti mohou být způsobeny například rozptýleným zářením – toto je produkt interakcí původního γ -záření produkovaného vzorkem s okolní hmotou, který se vrací do detektoru a je zaznamenán. Toto rozptýlené záření pak ve výsledném grafu zapříčiňuje například přítomnost peaku zpětného rozptylu. I přirozené pozadí a změny podmínek měření ovlivňují výsledek.

3 Postup měření

Do měřené komory aparatury popisované na obr. 1, obložené olovem jsme vložili na připravený nástavec detektoru vzorek radionuklidu. Poté jsme započali měření. Po uplynutí dostatečného času (cca 500s) pro nashromáždění množství impulsů, které bylo dostatečné na vytvoření grafu s peaky, jejichž velikost byla nad úroveň pozadí, jsme měření ukončili a analyzovali získané spektrum. Při měření jsme využívali polovodičový detektor od firmy

Canberra s příslušnou vyhodnocovací elektronikou. Ke sběru dat byl použit software Genie 2000 od stejné firmy.

4 Naměřená data

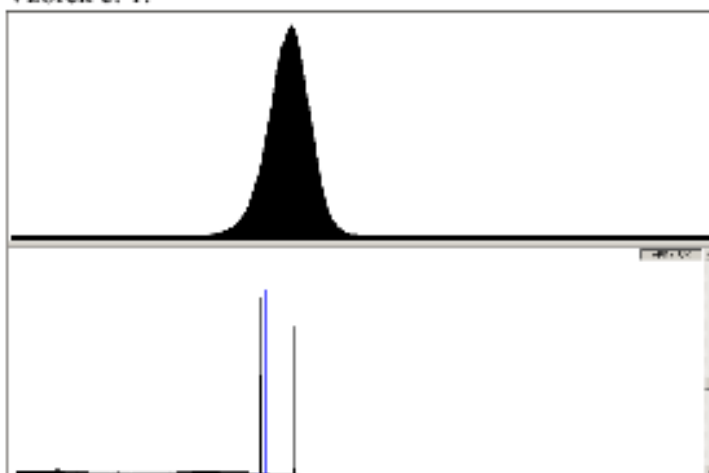
Měřili jsme spektra γ -záření celkem 3 vzorků nuklidů.

Na spektru získaném z 1. vzorku jsou patrné dva fotopeaky. První fotopeak má energii 1177,2 keV, druhý pak 1336,4 keV. Je patrné, že záření odpovídající tomuto spektru má v oblasti energií kolem druhého peaku menší intenzitu, než v oblasti peaku prvního.

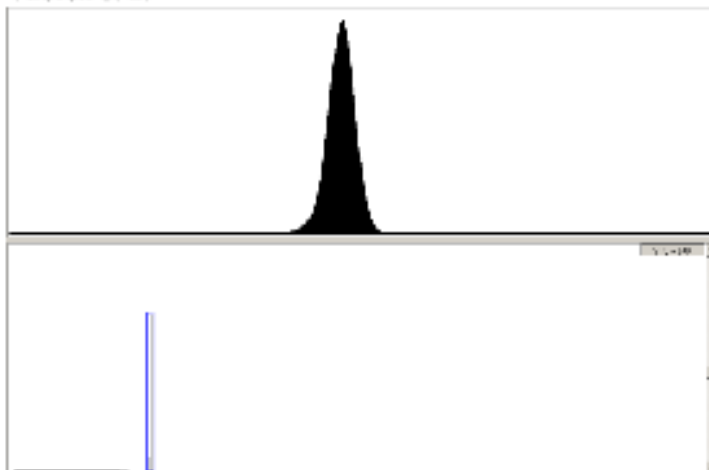
Na spektru získaném z 2. vzorku je patrný pouze jeden fotopeak. Tento má energii 663,6 keV.

Na spektru získaném z 3. vzorku jsou patrné tři větší fotopeaky a řada menších. Při analýze jsme se však zaměřili především na tři největší peaky. První fotopeak má energii 121,5 keV, druhý pak 244,9 keV a třetí 344,9 keV. Je patrné, že záření odpovídající tomuto spektru má v oblasti energií kolem druhého fotopeaku menší intenzitu, než v oblasti peaku prvního a intenzita záření o energiích kolem 345 keV leží mezi dvěma diskutovanými.

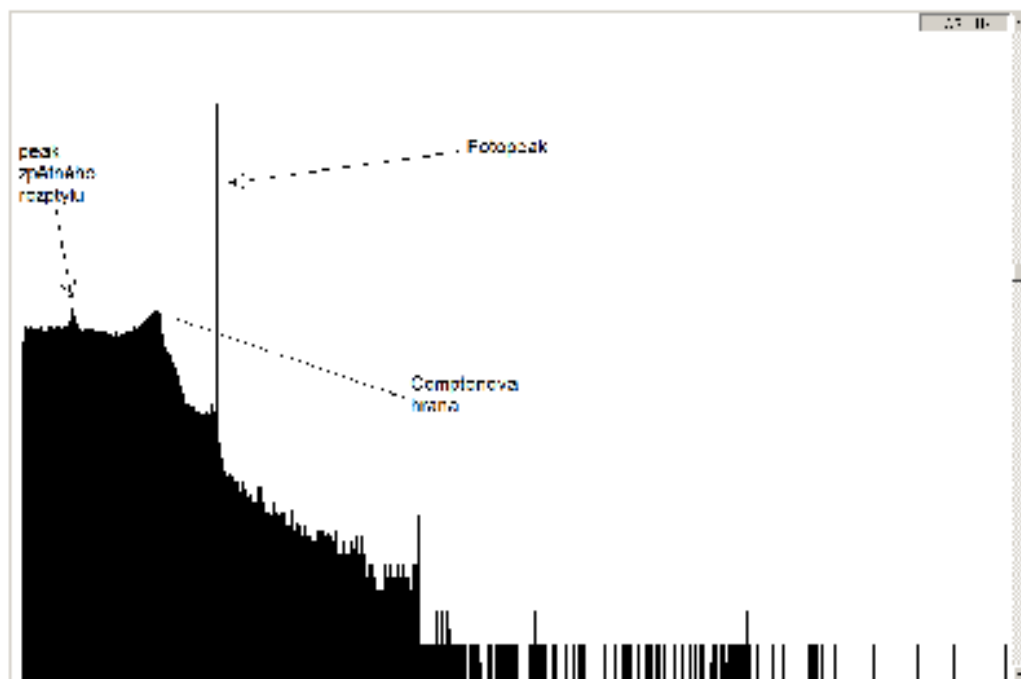
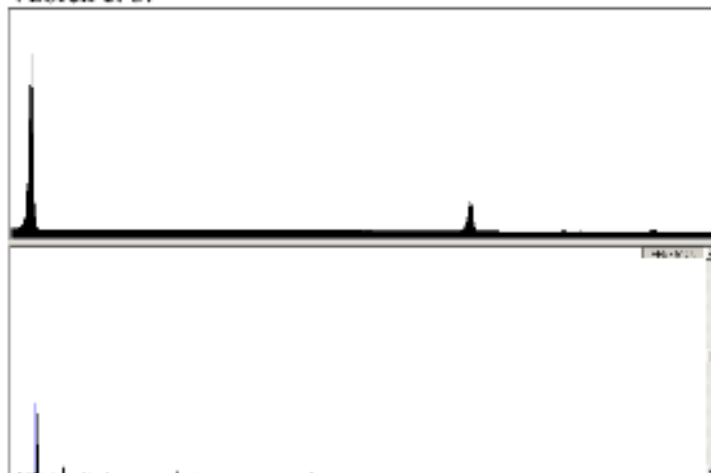
Vzorek č. 1:



Vzorek č. 2:



Vzorek č. 3:



Obr. 2

Na obrázku obr. 2, který zachycuje spektrum vzorku č. 2 v logaritmickém měřítku, je dobře patrný jak peak zpětného rozptylu, Comptonova hrana, tak fotopék.

5 Závěr

Po porovnání naměřených dat s katalogovými hodnotami postupnými na internetové adrese http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/indx_dec.jsp jsme zjistili, že vzorku č. 1 odpovídá jádro ^{60}Co . Tabelované hodnoty pro β^- rozpad tohoto nuklidu jsou: pro 1. peak: 1173.23 keV; 99.85 % a pro 2. peak: 1332.49 keV; 99.98 %, kde procentuelní hodnoty jsou v poměru předpokládaných intenzit.

Vzorku č. 2 odpovídá jádro ^{137}Cs . Tabelovaná hodnota pro fotopék β^- rozpadu tohoto nuklidu je 661,66 keV.

Vzorku č. 3 odpovídá jádro ^{152}Eu . Tabelované hodnoty pro tento nuklid jsou: pro 1. peak: 121.78 keV 28.67 %, pro 2. peak: 244.70 keV; 7.61 % a pro 3. peak: 344.30 keV; 26.60 %.

Na výsledcích měření je patrné, že jsou oproti tabelovaným hodnotám většinou menší. To je pravděpodobně způsobeno změnou laboratorních podmínek měření od poslední kalibrace (laboratorní teplota). Z tabelovaných poměrných hodnot intenzit dvou peaků u kobaltu vyplývá to, že by druhý měl být vyšší nežli první. V našem měření je tomu však naopak. Toto pozorování je zapříčiněno relativně vysokou energií fotonů, které reprezentuje druhý peak. Tyto fotony tedy spíše prolétaly detektorem (diodou), aniž by v něm zanechaly všechnu svou energii.

V případě Europia přibližně velikosti peaků odpovídají standardním hodnotám. Zajímavé však je, že první dva fotopeaky náleží spektru rozpadu β^+ , kdežto třetí pak spektru pro rozpad β^- . Toto jádro se rozpadem β^+ rozkládá z 72 % a rozpadem β^- pak z 28 %.

6 Shrnutí

Gama spektroskopie je užitečná metoda jak pro zjišťování zdrojů ionizujícího záření (kupříkladu v životním prostředí), tak pro zjišťování dávky γ -záření, kterou obdržely objekty vystavené tomuto záření. Metoda dokáže určit radionuklid s velkou přesností. U intenzivnějších zářičů je také velice rychlá. Tato výhoda však odpadá, pokud je zkoumán radionuklid, který emituje radioaktivní záření s menší intenzitou.

Významná je také možnost využití této metody při zjišťování složení látek bez podmínky jejich předešlé radioaktivity. Tuto lze uměle vyvolat jejich ozářením neutrony. Stabilní nuklidy se tak absorpcí n^0 přemění na nestabilní nuklidy daného prvku, které lze dále pomocí gama spektroskopie identifikovat.

Poděkování

Tímto děkujeme pořadatelům Fyzikálního týdne 2008 za výbornou organizaci a FJFI ČVUT za poskytnutí prostoru. A především děkujeme našemu supervizoru Ondřeji Humlovi za poskytnutí výkladu problematiky a odborné konzultace a také KJR za umožnění realizace našeho miniprojektu.

Reference

- [1] http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/indx_dec.jsp
- [2] RNDr. Vojtěch Ullmann: Jaderná a radiační fyzika; *kap 1.0 -1.6*
<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>

Pozn.: Internetové zdroje byly nalezeny 3. VI. 08 z připojení na KJR FJFI ČVUT

Gama záření z přírodních zdrojů

M.Necid^a
J.Maryáš^b
D.Brožek^c

^aStřední škola stavební Jihlava
^bGymnázium Jana Pivečky, Slavičín
^cGymnázium Trutnov

^amilosnecid@seznam.cz
^burl58ji@centrum.cz
^cd.brozek@seznam.cz

Abstrakt:

Článek se zabývá rozbořem dvou vzorků z oblasti Černobylu: rašeliny a medu. V uvedených vzorcích bylo provedeno měření radioaktivity spektrometrií, pomocí polovodičového detektoru. Byly zde nalezeny prvky z rozpadových řad thoria a uranu. Například ^{214}Bi , který je součástí rozpadové řady uranu a ^{212}Pb , které je součástí rozpadové řady thoria.

1) Úvod

Účelem naší práce bylo zjistit jaké radionuklidy se ve vzorcích z Černobylu vyskytují.

Radioaktivita neboli radioaktivní rozpad je samovolná přeměna jader nestabilních nuklidů na jiná jádra, při níž vzniká radioaktivní záření. Rozlišujeme tři základní typy záření: alfa, beta, gama.

Alfa je korpuskulární záření jader helia.

Záření beta jsou částice (elektrony nebo pozitrony), které jsou vysílány radioaktivními jádry.

Záření při , kterém se v jádře atomu přemění neutron na proton, elektron a antineutrino, nebo obráceně.

Záření gama je vysoce energetické elektromagnetické záření vznikající při radioaktivních a jiných jaderných a subjaderných dějích. Záření gama je často definováno jako záření o energii fotonů nad 10 keV, což odpovídá frekvencím nad 2,42 EHz či vlnovým délkám kratším než 124 pm.

Spektrometrie je fyzikální obor zabývající se vznikem a vlastnostmi spekter. Je to metoda založená na interakci elektromagnetického záření se vzorkem.

2) Princip měření

K měření jsme používali polovodičový detektor. Gama záření produkované vzorkem z Černobylu vytvoří pomocí polovodiče elektrický náboj, který vyvolá elektrický impulz, který je následně zesílen v zesilovači a je mu přiřazen určitý kanál. Pomocí kalibrace přiřadíme každému kanálu určitou energii. Ke kalibraci jsme použili ^{40}K a ^{208}Tl .

Kalibrační rovnice

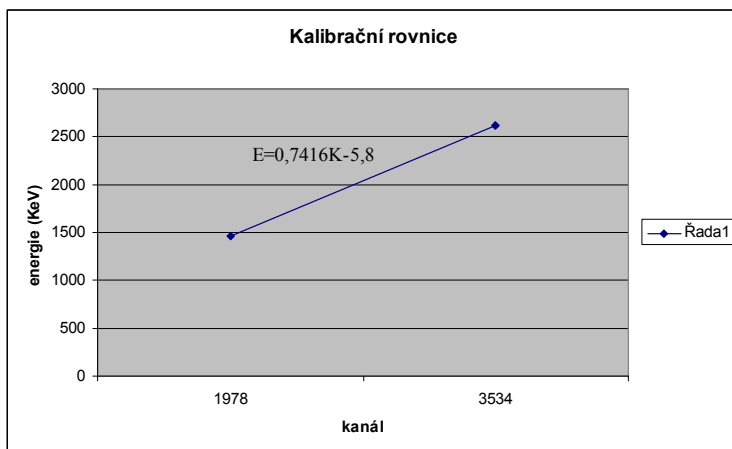
$$E - E_0 = m(K - K_0)$$

$$E = m(K - K_0) + E_0$$

E- energie

K- kanál

m- směrnice



3) Postup práce

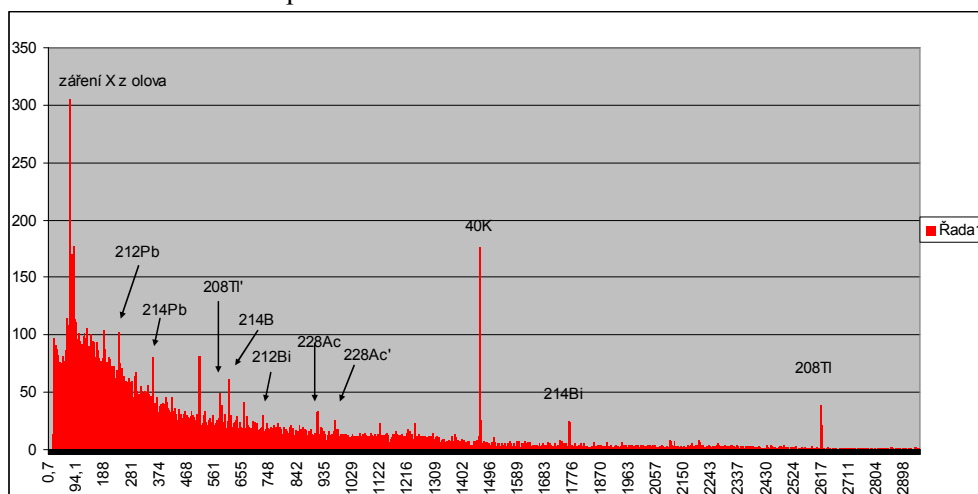
Materiály: HPGe polovodičový detektor, analyzátor, PC se softwarem Maestro (pro komunikaci s detektorem)

Vzorky: kobalt ^{40}K a cesium ^{208}Tl pro kalibraci, rašelina z oblasti Černobylu, med z r.1988 z oblasti Černobylu

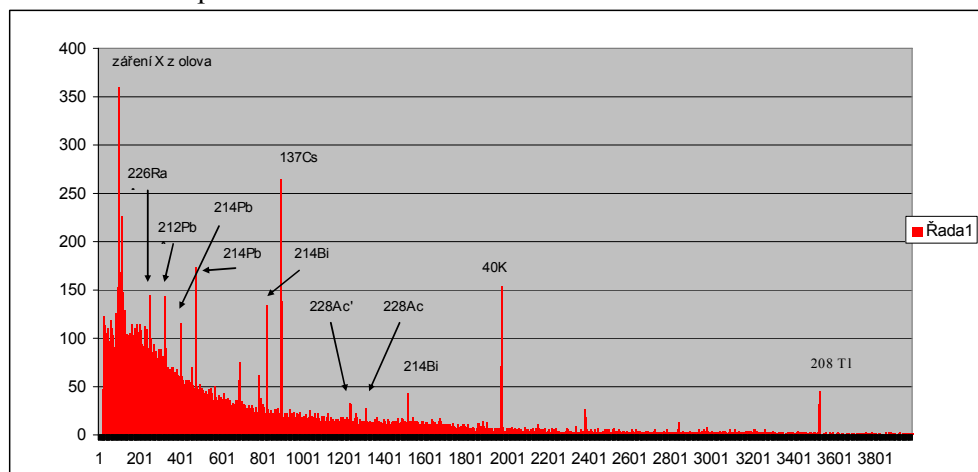
Metoda: kalibrace detektoru pomocí ^{40}K a ^{208}Tl , dále provedení měření pro dva vzorky a zpracování do grafu. Čas měření jednoho vzorku byl 120 minut.

4) Výsledky

Spektrum - med



Spektrum - rašelina



Z grafů je patrné, že vzorky obsahují prvky rozpadových řad uranu a thoria. Přítomnost těchto prvků je způsobena výbuchem jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986. Zjistili jsme přítomnost ^{40}K a ^{137}Cs , které pocházejí z přírodních zdrojů.

5) Závěr

Cílem našeho pokusu bylo zjistit přítomnost radionuklidů ve vzorcích. Měření prokázalo zvýšenou aktivitu gama záření. Zařízení detkovalo mimo jiné také nebezpečný radionuklid ^{214}Bi , který vzniká rozpadem uranu a jehož výskyt je pravděpodobně způsoben havárií Černobylu v r. 1986. Dále vzorky obsahují ^{214}Pb a ^{208}Tl . Byl také zjištěn ^{40}K , který pochází z přírodních zdrojů.

6) Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat Ing. Gonzalu Cabalovi za pomoc při projektu, jaderné fakultě ČVUT za uspořádání fyzikálního týdne.

7) Zdroje

http://cs.wikipedia.org/wiki/Gama_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD

http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1%C5%99en%C3%AD_beta

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Radioaktivita>

<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm>

Úvod do chaotické dynamiky

Jakub Dohnal, Střední škola stavební Jihlava, jakudon@centrum.cz
Kristýna Onderková, gymnázium Budějovická, Praha, padawanka@gmail.com
Libor Šeda, gymnázium Vysoké Mýto, Oromis.E@seznam.cz

Abstrakt:

Pod pojmem chaos si většina lidí představí něco naprosto neuspořádaného a neorganizovaného. Zjistili jsme, že to není úplně pravda. Zabývali jsme se studiem a rozpoznáváním chaotických dějů a podmínek, které vedou k jejich vzniku. Zvláštností chaosu je možnost aplikovat tyto poznatky na jevy vyskytující se v životě, jako jsou např. dopravní zácpa, populační vývoj, chování davu atd. a částečnému předvídání možného vývoje soustavy a jejích krajních mezí.

1 Úvod

Stačí pouhé tři nelineární diferenciální rovnice. O tom se přesvědčil už Lorenz, když jeho model počasí právě o třech rovnicích byl tak nepředvídatelný, že jeho kolegové uzavírali sázky, co udělá příště. Když je to tak jednoduché, tak proč se na to nepřišlo už dříve? Ono se na to přišlo (Lorenzův objev byl vlastně náhodný), ale vědci zabývající se chaosem museli překonat mnoho obtíží - jejich závěry si odporovaly s tehdejší fyzikální vnímáním světa, naznačovaly omezení snahy člověka ovládnout přírodu, a také de facto ustanovily mez pro počítače.

V minulosti byla tendence připisovat malé nevysvětlitelné nepravidelnosti pozorovaných jevů nepřesnosti přístrojů, šumu, náhodným vlivům... Myslelo se, že malá změna počátečních podmínek vyvolává malé změny chování systému v budoucnu. Předpokládala se prediktabilita chování systému. Počátkem 19.století francouzský vědec Laplace došel k názoru, že všechny události jsou jednou provždy určeny - determinovány. Domníval se, že existuje soubor vědeckých zákonů, jejichž znalost nám umožní předpovědět všechno, co se ve vesmíru v budoucnosti odehraje. Stačí k tomu dokonale poznat stav vesmíru v určitém časovém okamžiku.

Poincaré jako první ve svých spisech naznačil jistou nepředvídatelnost dynamiky. V 60.letech 20.století objevil E. Lorenz jev, který byl později pojmenován jako efekt motýlích křídel: pokud někde na planetě existuje stav počasí takový, že možnost bouřky a klidu je naprosto stejná, stačí malé zamávnutí motýla křídly k tomu, aby se situace přiblížila k jedné nebo ke druhé možnosti => i pro velmi malé rozdíly v počátečních podmínkách jsou výsledné stavy diametrálně odlišné. Analogický je příklad psa, který vybírá ze dvou naprosto stejných misek granulí. Chování psa zobrazuje Lorenzův atraktor. Termínem *chaos* je označena taková vlastnost nějakého dynamického a současně i deterministického systému, při jejíž platnosti je nemožné vypočítat budoucí stav systému. Chaos nastává zejména u těch dynamických systémů, které vykazují velkou citlivost na počáteční podmínky. V takových systémech se při volbě minimálně dvou nekonečně blízkých počátečních bodů (reprezentujících počáteční podmínky systému)

tyto dva body posléze exponenciálně vzdalují, takže budoucí stav systému není možné žádným způsobem předpovědět.

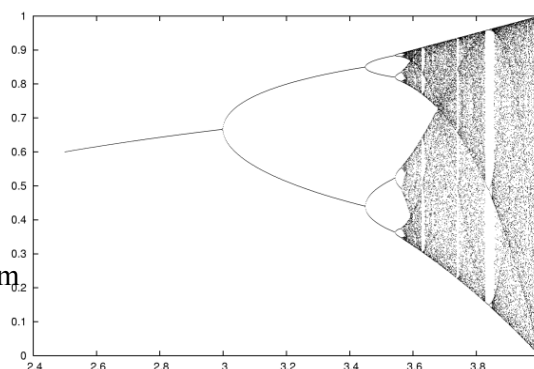
Dalším systémem citlivým na počáteční podmínky je systém složený z kužele a kuličky postavené na vrcholu tohoto kužele. V závislosti na nekonečně malých změnách počátečních podmínek kulička spadne do libovolného směru, a může tak dramaticky ovlivnit další chování systému. U obou zmíněných systémů dokonce platí věta, že stav systému není možné změřit naprosto přesně, protože již samotné měření chování systém ovlivňuje.

2 Slovník

Chaos znamená neperiodické deterministické chování, které je velice citlivé na počáteční podmínky. Odvozuje z řeckého $\chi\alpha\omicron\varsigma$ a typicky označuje nepředvídatelnost [1].

Bifurkace (obr č.1) označení pro bod zvratu na vývojové linii, kdy v důsledku nerovnováhy negativních a pozitivních zpětných vazeb dojde k rozdělení trajektorie vývoje původní kvality v několik nových struktur, které se kvalitativně liší.

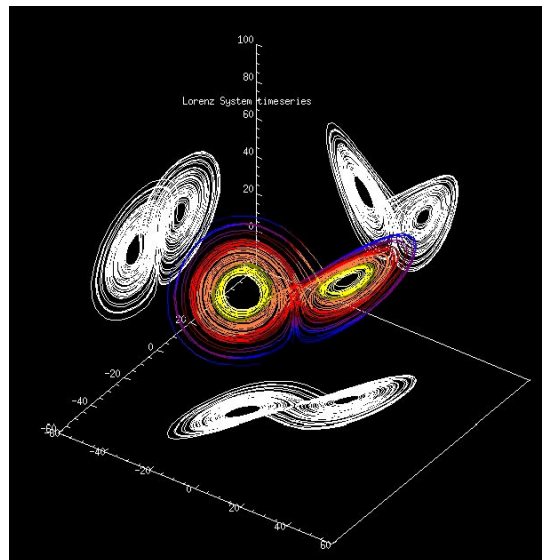
Obr. č.1
Bifurkační diagram



Atraktor (obr č.2) je konečný stav systému. Například pro reálné kyvadlo platí, že atraktorem je stav, kdy kyvadlo nemá kinetickou energii a potenciální energie je nejmenší, tedy kdy se přestane houpat. Naproti tomu atraktorem pohybu planety (Země) je uzavřená elipsa. Některé systémy mají podivný atraktor, vykazují chaotické chování. Všechny chaotické atraktory jsou fraktály. Rozeznáváme tedy tři druhy atraktorů:

- Bodové
- Cyklické (kruh, osmička...)
- Podivné (nekonečné)

Obr. č.2
Lorenzův atraktor
[2]



Poincarého řez Zachycení vlastností fázového portréту v prostoru nižší dimenze je projekce nebo řez vícerozměrného útvaru obecnou plochou. Zjednodušeně je Poincarého řez podmnožina fázového portréту, v němž má jedna nebo více stavových proměnných konstantní hodnotu (viz. Chaotické kyvadlo).

3 Naše měření

K zkoumání chaosu jsme použili chaotické kyvadlo, generátor chaosu napojený na osciloskop a počítačové programy Billiard, Chaosgen a DoublePendulum.

3.1 Populace zajíců na ostrově

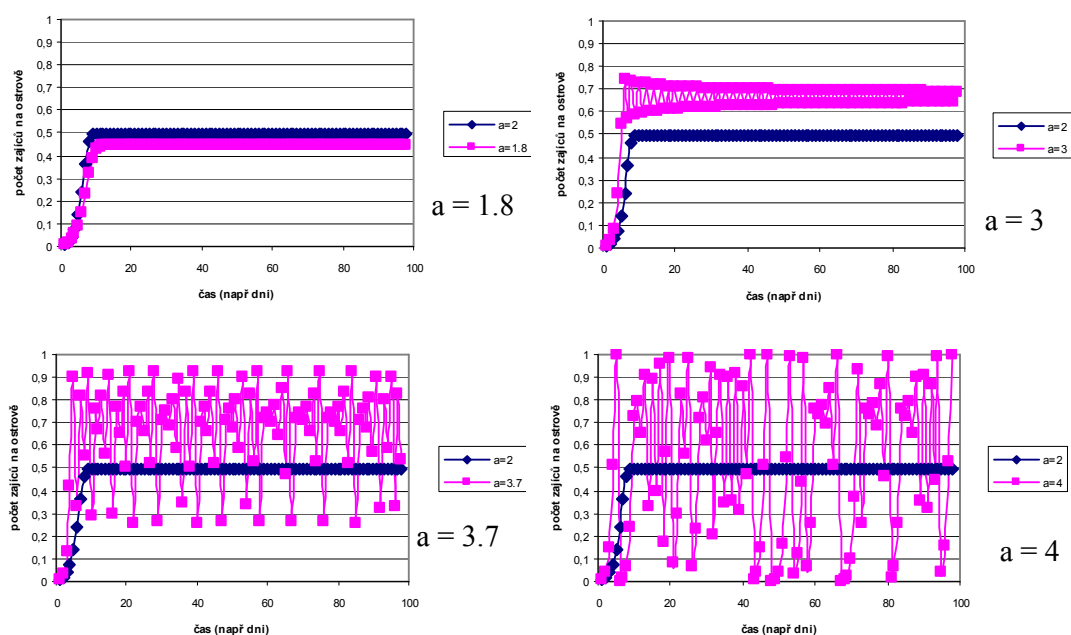
Představme si vývoj populace zajíců na ostrově. Začnou se mezi sebou množit a vytvářet kolonie až do doby, kdy se přemnoží. Počet jedinců se ustálí nebo osciluje okolo nějaké hodnoty v závislosti na přirozeném přírůstku a úmrtnosti.

Systém lze popsat rovnicí $x_2 = a \cdot x_1 \cdot (1 - x_1)$, kde $a \cdot x_1$ je množení zajíců a $(1 - x_1)$ je úmrtnost. (Graf 1)

$a < 2$ ustálený systém

$2 < a < 3,7$ ustálený systém s periodickým střídáním počtu jedinců n-té generace

$3,7 < a < 4$ ¹⁾ systém se chová chaoticky

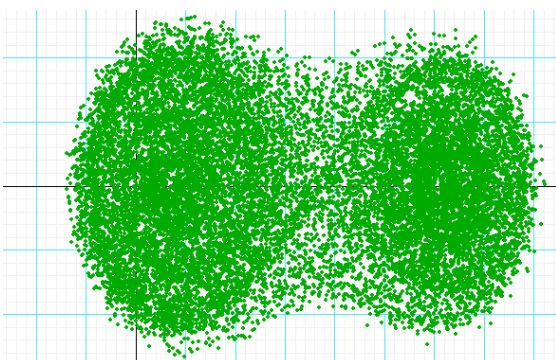
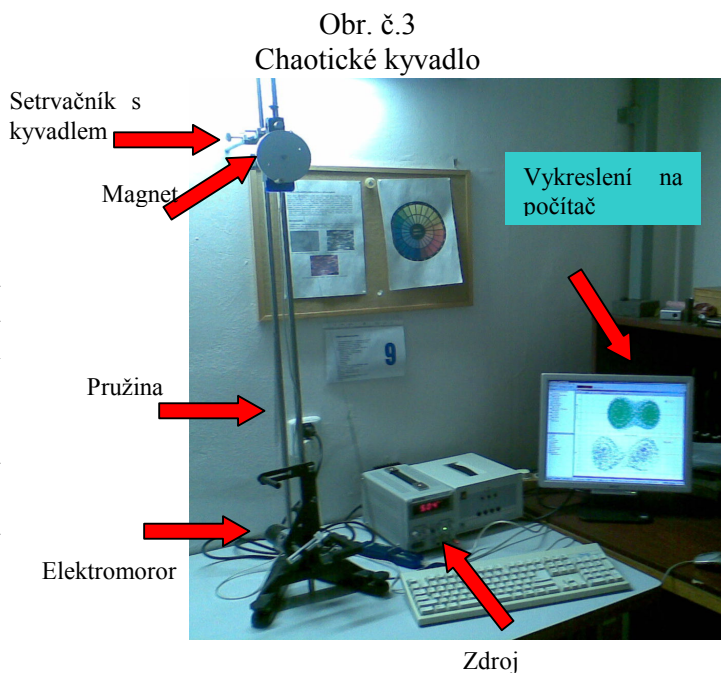


Graf 1:
Vývoj populace zajíců

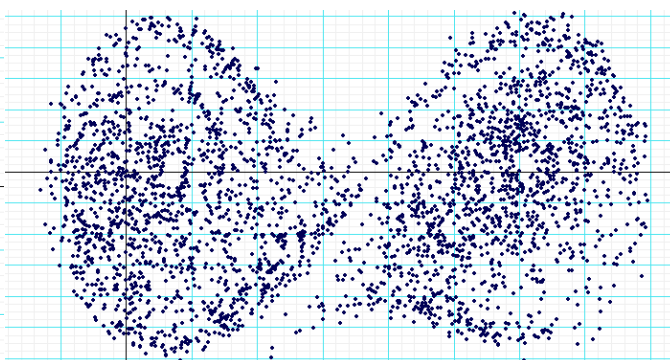
¹⁾ Excel nedokáže dále počítat

3.2 Chaotické kyvadlo

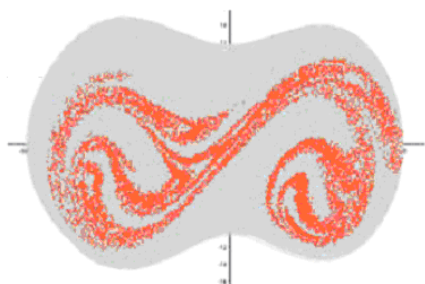
Elektromotor nepřímo pohání kyvadlo přes táhlo, na kterém je umístěno čidlo a provázek. Na provázku je umístěna pružinka. Na vrchu stojanu je umístěn setrvačnick s kyvadlem a magnetem (nelineární člen), který brzdí masivní setrvačnick. Z druhé strany pružinka upevněna přímo k podstavci. Na podstavci se nacházejí čidla, ze kterých jsou data snímána do počítače (obr. č.3).



Obr. č.4
Závislost úhlové
rychlosti na poloze



Obr. č.5
Poincarého mapa

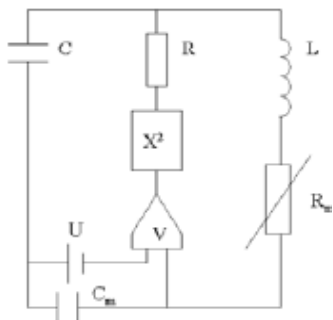


Obr. č.6
Poincarého
mapa (vzorová)

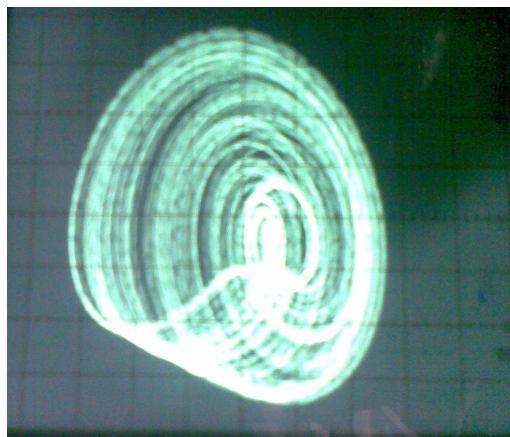
Zachytili jsme pohyb chaotického kyvadla (obr. č.4) a dále jsme vykreslili Poincarého mapu (obr. č.5). Naše výsledky se mírně liší od vzorového obrázku (obr. č.6) od výrobce kyvadla.

3.3 Generátor chaosu zapojený na osciloskop

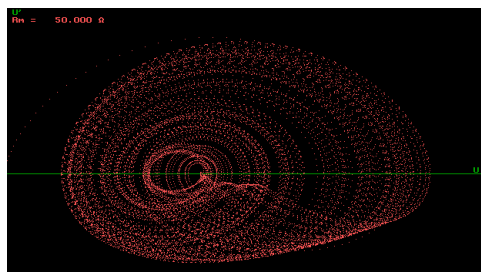
Generátor se skládá z jednoduchého (nelineárního) RLC obvodu (Obr. č.7), u kterého sledujeme výstupní napětí U a U' (analogie polohy a hybnosti). Změnou hodnoty ladícího odporu R_m lze ukázat přechod od stabilního systému s jedním řešením přes systém s více řešeními až k chaotickému chování. Chování systému jsme zkoumali jak na elektrickém modelu (Obr. č.8), tak s pomocí počítačové simulace (Obr. č.9).



Obr. č.7
RLC obvod generátoru



Obr. č.8
Elektrický model

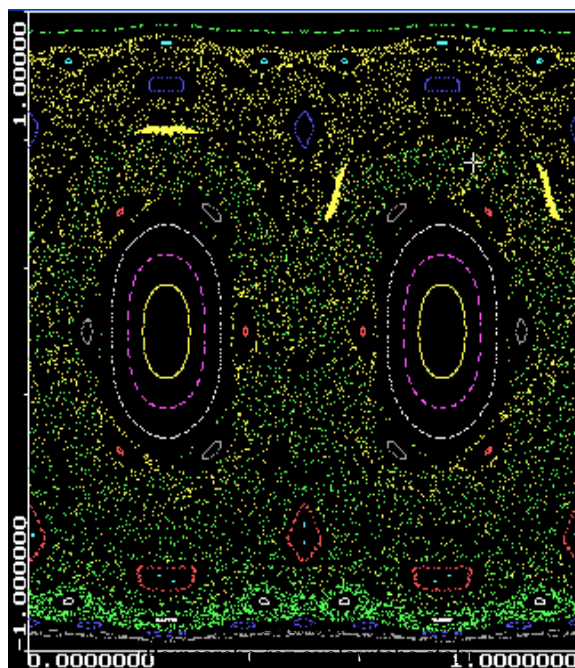


Obr. č.9
Počítačová simulace
generátoru

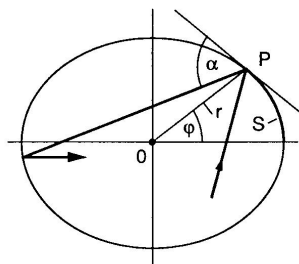
3.4 Billiard

V programu jsou nadefinovány různé typy stolů, po kterých se bude „koule“ pohybovat. My jsme zvolili ovál (Obr. č. 10), protože jsou v něm velice dobře patrné zóny, kde se bude koule pohybovat zcela chaoticky. Tyto místa jsou znázorněna tečkami, zatímco místa s předvídatelným pohybem jsou znázorněna křivkami. Dále jsou zde na výběr kruh a elipsa, které ale nejsou chaotické útvary, tzn. ve všech místech jejich vnitřní plochy je dráha koule předvídatelná.

Protože fázový prostor takového systému je 4-rozměrný (2x poloha, 2x rychlost), použijeme Poincarého řez fázovým prostorem a sledujeme pouze dva parametry (Obr. č.11) – obloukovou délku v horizontálním směru a tečnou komponentu rychlosti koule v okamžiku odrazu ve vertikálním směru ($p = \cos \alpha$). Volbou těchto podmínek lze také vyšetřovat chování systému.



Obr. č.10
Poincarého mapa



Obr. č.11
Schéma odrazu koule

4 Diskuse

Výsledky našich měření s chaotickým kyvadlem byly ovlivněny několika faktory jako je třeba zahřívání elektromotoru, prodloužení pružin v důsledku opotřebení, nedostatečné ukotvení stojanu či nevodorovnost podložky. U takto citlivého experimentu ovlivňují měření i zdánlivě nepodstatné skutečnosti jako např. proudy vzduchu, pohyb stolu atd. Veškerá měření byla dozajista ovlivněna i vysokou teplotou v laboratoři.

5 Shrnutí

Zkoumali jsme základy chaotické dynamiky a snažili jsme se ji lépe poznat. Seznámili jsme se elektrickým generátorem chaosu, chaotickým kyvadlem a několika programy. Všem se nám to velice líbilo a užili jsme si hodně chaosu.

Poděkování

Děkujeme našim školám a učitelům, že nám dovolili se účastnit této skvělé akce. Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům FT za poskytnutí prostředků k „badatelské“ činnosti, našemu supervizorovi panu Ing. Ondřejovi Svobodovi za trpělivost a pomoc.

Reference:

- [1] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Chaos> (2.6.2008)
- [2] http://bp3.blogger.com/_xoBIPoObedw/Rw3Re17Zwbl/AAAAAAAAAxs/Ox8LrFWqY-E/s1600-h/chaos-theory02.jpg (2.6.2008)
- [3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Mot%C3%BDI%C3%AD_efekt (2.6.2008)
- [4] <http://www.sweb.cz/chaos.fraktaly/> (2.6.2008)
- [5] Svoboda O.: Úvod do chaotické dynamiky – příprava na FT2008

Kritický stav jaderného reaktoru

Autoři:

L. Homolová¹, L. Jahodová², J. B. Hejduková³
Gymnázium Václava Hlavatého Louny¹, Purkyňovo gymnázium
Strážnice², SPŠ Stavební Plzeň³
jadracka@centrum.cz

Abstrakt:

Naším úkolem bylo zjistit, za jakých fyzikálních podmínek (teplota moderátoru i paliva, hustota moderátoru, geometrie paliva) je jaderný reaktor kritický. Pro celý výpočet tohoto stavu se používá metoda Monte-Carlo, na které je založen výpočetní program MCNP5. V tomto programu byl modelován zjednodušený model tyčového paliva v nekonečné mříži. Tento model nám umožnil sledovat změny koeficientu násobení v závislosti na proměnlivosti výše zmíněných fyzikálních parametrů. Výsledkem bylo srovnání stability provozu jaderného reaktoru v podmoderovaném či přemoderovaném stavu.

1 Úvod

Naším úkolem bylo vypočítat, za jakých fyzikálních podmínek bude jaderný reaktor kritický. Kritičnost jaderného reaktoru je vlastnost reaktoru, udržet štěpnou řetězovou reakci bez vnějšího neutronového zdroje. Určuje se koeficientem násobení, který vyjadřuje podíl počtu neutronů v současné a předcházející generaci. Model zahrnoval pouze palivo ve formě tyčí obklopených moderátorem.

Nejprve byl hledán ideální poměr paliva a moderátoru – v této části byl měněn „krok“ mříže (vzdálenost mezi jednotlivými palivovými tyčemi v pravidelné mříži). Následovaly výpočty předpokladů pro stabilní provoz jaderného reaktoru v různých podmínkách. Nevhodně zvolené parametry mohou vést k nestabilnímu provozu a kladné teplotní zpětné vazbě reaktivity.

2 Průběh experimentu

Náš experiment byl založen na modelu, který obsahoval palivové tyče a okolní moderátor. Palivo bylo modelováno ve formě tyčí o průměru 9,2 mm. Celkový model byl zjednodušen a vsazen do nekonečné mříže. Tento předpoklad umožnil plynulou změnu vzdálenosti palivových tyčí, bez změny celkového množství paliva.

Palivo

Použito bylo oxidické uranové palivo s 3% obohacením U235. Střední teplota paliva byla stanovena na 900°C. Jeho hustota byla $10,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Moderátor

Světově nejrozšířenější typ jaderného reaktoru, který použit i v podmínkách České republiky v elektrárnách Dukovany a Temelín vyžaduje moderátor. Ten je nezbytný pro řízenou štěpnou reakci v reaktoru. Při štěpení jsou generovány velmi rychle letící neutrony, které ovšem nejsou schopny dalšího štěpení. U235 je štěpitelný pouze při energii řádově o 10^8 krát menší. Ke snížení energie neutronů se používá moderátor. Jako moderátor byla použita lehká voda. Teplota vody se měnila v rozmezí od 280°C po 330°C. K těmto teplotám při tlaku 15MPa (podmínky jako v temelínském reaktoru) přísluší hodnoty hustoty od 773 kg/m³ po 637 kg/m³.

Použitý program

MCNP neboli *Monte Carlo Neutron Particles Code*. Výpočetní kód, vyvinutý v Los Alamoské Národní Laboratoři (USA). Celosvětově uznávaný výpočetní kód pro analýzu transportu neutronů a γ záření. Aktuální verze je MCNP5 z roku 2005. Výpočet je založen na technice Monte-Carlo. Ta spočívá v generování náhodných čísel a přímém modelování dějů probíhajících v analyzované geometrii. Vazbou mezi modelem a reálným systémem je databáze knihoven jaderných dat.

```
uvodni kometar
1 1 -10.4 -1 6 -7 tmp=1.0341E-07 imp:n=1
2 2 -0.7310 1 2 -3 4 -5 6 -7 tmp=4.8817E-08 imp:n=1

1 cz 0.46
*2 px -0.55
*3 px 0.55
*4 py -0.55
*5 py 0.55
*6 pz -50
*7 pz 50

m1 92235.24c 0.010124
    92238.24c 0.323209
    8016.24c 0.666667
m2 1001.04c 2
    8016.04c 1
mt2 lwtr.62c
kcode 50000 1.0 10 150
c ksrc 0 0 0
```

Ukázka vstupního souboru pro MCNP5, **tučně** jsou vyznačeny hodnoty, které byly měněny.

Koeficient násobení

Koeficient násobení jaderného reaktoru se vyjadřuje pomocí následující rovnice:

$$k_{\text{ef}} = \eta \epsilon p f P$$

k_{ef} – koeficient násobení

η – regenerační faktor (vznik neutronů ze štěpení)

ϵ – koeficient rozmnožení rychlými neutrony (štěpení U238 rychlými neutrony)

p – pravděpodobnost úniku rezonančního zachytu (neutron projde bez zachytu zpomalením až na energii, kdy je schopen štěpit U235)

f – koeficient využití tepelných neutronů (poměr absorpce tepelných neutronů v palivu a v ostatních materiálech – moderátor, konstrukční materiály)

P – pravděpodobnost, že neutron neunikne ze soustavy

Každá z uvedených dílčích proměnných vyjadřuje děje probíhající v jaderném reaktoru. Pomocí koeficientu násobení lze vyjádřit tři základní stavy reaktoru:

$k_{\text{ef}} < 1$ reaktor podkritický

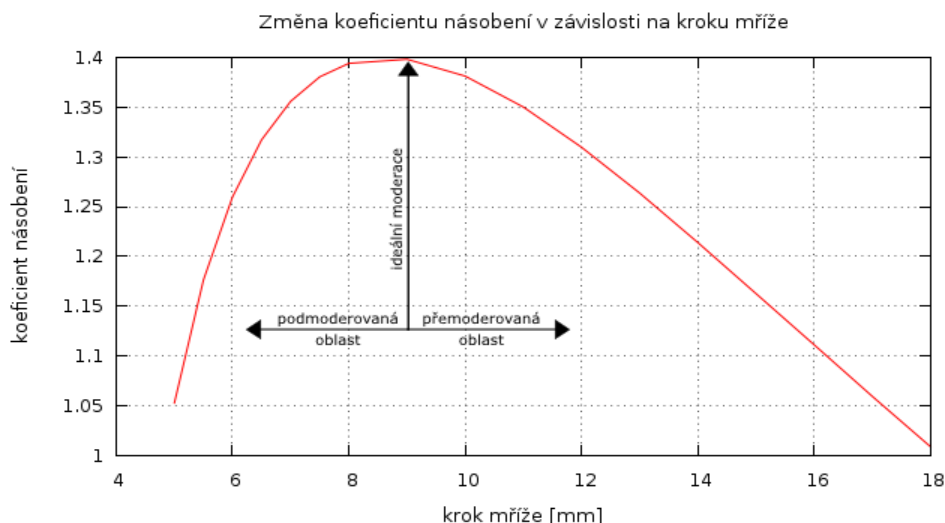
$k_{\text{ef}} = 1$ reaktor kritický

$k_{\text{ef}} > 1$ reaktor nadkritický

Počet neutronů se v podkritickém reaktoru snižuje. Nadkritický reaktor zvyšuje množství neutronů. Pouze v kritickém reaktoru se počet neutronů a tedy i výkon nemění.

Stanovení ideálního poměru paliva a moderátoru

Prvním výpočtem bylo hledání ideálního poměru paliva a moderátoru. Výpočet spočívá ve změně vzdálenosti palivových tyčí. Změny byly prováděny v rozmezí 5 – 18 mm.



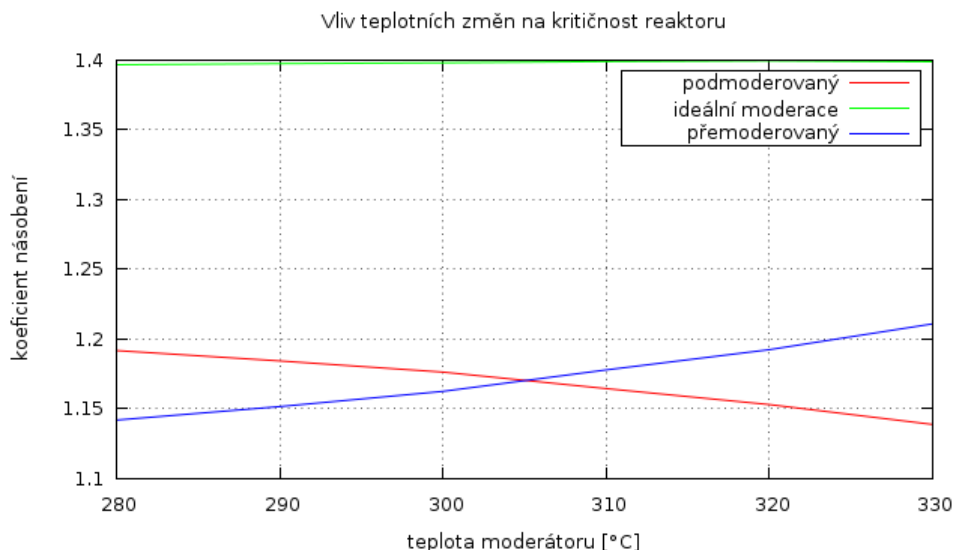
Obr. 1: Změna koeficientu násobení v závislosti na kroku mříže - vyznačení oblasti ideální moderace

Z grafu lze vyčíst ideální poměr paliva a moderátoru. Tento graf je pro konkrétní teplotu moderátoru 300°C a jí odpovídající hustotu. Teplota paliva byla 900°C.

Reaktor může být obecně provozován ve 3 stavech. Podmoderovaném, přemoderovaném a stavu ideální moderace. Například ve stavu podmoderovaném je poměr paliva k moderátoru větší než v ideálním stavu.

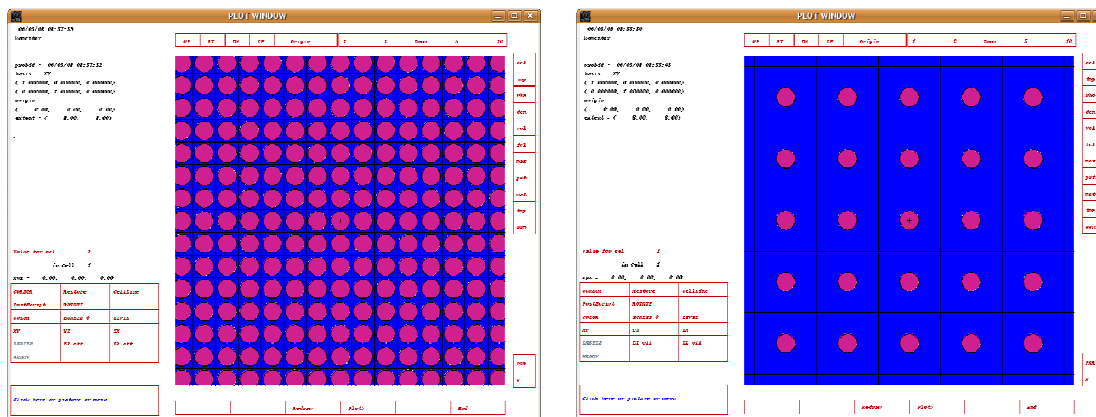
Další úloha je založena na změnách hustoty moderátoru, teplot paliva a moderátoru. Sledovány byly 3 případy. Podmoderovaný stav byl dosažen nastavením kroku mříže na 5,5 mm. Optimální moderaci odpovídá krok mříže 9 mm. Přemoderovaný stav byl simulován krokem mříže 15 mm (viz. Obr. 1;3).

Určení vlivu teplotních změn na koeficient násobení



Obr. 2: Vliv teplotních změn na koeficient násobení, v podmoderovaném, přemoderovaném a ve stavu ideální moderace

Z grafu jasně vyplývá, jak se reaktor chová za zvyšování teploty. Reaktor lze stabilně provozovat pouze v podmoderovaném stavu, protože v tomto stavu působí v reaktoru záporná zpětná teplotní vazba. Koeficient násobení závisí nepřímo úměrně na teplotě moderátoru a paliva. Dojde-li ke zvýšení výkonu, tedy i teploty, dochází k útlumu štěpné reakce. V přemoderovaném stavu je zpětná vazba kladná. Ve stavu optimální moderace je odezva reaktoru na teplotní změny minimální.



Obr. 3: Vlevo je podmoderovaný stav, vpravo přemoderovaný stav v grafickém výstupu MCNP5.

3 Shrnutí

Dokázali jsme, že fyzikální veličiny jako teplota, hustota a geometrie paliva mají zásadní vliv na koeficient násobení reaktoru. Pro dané fyzikální charakteristiky paliva a moderátoru lze nalézt jejich optimální uspořádání, které maximalizuje koeficient násobení. Provoz reaktoru v takovém uspořádání by ovšem nebyl stabilní a bezpečný. Stejná je situace pro přemoderovaný reaktor, kdy je poměr moderátoru k palivu vyšší, než v optimálním stavu. Ukazuje se, že reaktor je možné stabilně provozovat pouze v podmoderovaném stavu, kdy působí záporné zpětné teplotní vazby.

Tento výpočet slouží jako základní demonstrace konstrukce palivových mříží, například temelínského typu. Palivová mříž je vždy konstruována jako podmoderovaná. To je základním předpokladem bezpečného a stabilního provozu.

Poděkování

Naše poděkování směřuje především k našemu supervizorovi Ing. Janu Frýbortovi, za neuvěřitelnou trpělivost, ochotu, výdrž s námi, za všechny rady a nápady.

Dále bychom chtěli poděkovat organizačnímu týmu FT 2008 za přípravu a realizaci FT.

Reference:

- [1] ZEMAN, J.: *Reaktorová fyzika* ČVUT v Praze 1999
- [2] BRIESMEISTER, J. F. *MCNP - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code* Los Alamos National Laboratory 1999

Doutnavý výboj

J. Řehák
Střední Průmyslová Škola Hronov
vrtacek.j@seznam.cz

Abstrakt:

Motivace, výsledky, závěr. Měřil jsem hlavně průrazné napětí výbojky, tedy stav kdy dojde k ionizaci plynu a vytvoří se vodivé prostředí. Doutnavka je skleněná nízkotlaková trubice (asi 1-1000Pa). Po zapálení vzniká pěkný výboj. Měřil jsem tzv. Paschenovu křivku a napětí, kdy zhasne výboj.

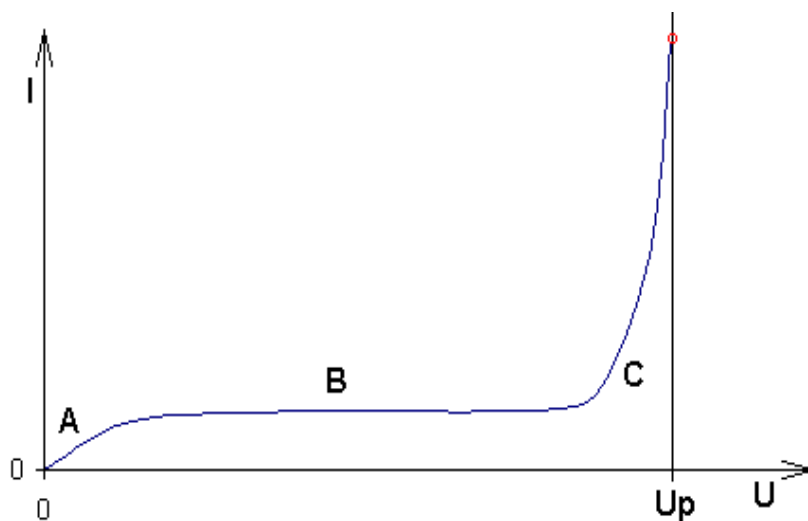
1 Úvod

Tento miniprojekt jsem si vybral, protože si rád hraji s vyšším napětím, mám rád elektronky (mám i zesilovač s EL34kami) a rád pozoruji blesky, jiskry a další vizuální efekty, které vznikají elektrickým proudem. Dnes se doutnavý výboj využívá hlavně v zářivkách (ty se zapalují jinak), ale občas někdo ještě má na schodišti ve vypínači pravou doutnavku. Bývá také ve vadaskách a podobných zařízeních na zjištění přítomnosti fázového napětí.

2 Jak vzniká doutnavý výboj

Předem chci říct, že před doutnavku se dává odpor, aby se nezničila. Tento odpor se v následujících pár řádcích neuplatňuje. V plynu doutnavky dochází k ionizaci atomů vlivem kosmického záření a přírodní radioaktivity. Po přiložení napětí na elektrody jsou tyto částice přitahovány k elektrodám. V počtu úměrném přiloženému napětí. To znamená, že přibližně platí ohmův zákon (v grafu 1 část A). Procházející proud je tvořen převážně elektrony. Při dalším zvětšování napětí je pak proud konstantní, protože kosmického záření a přírodní radioaktivity je určité množství a všechny ionty dojdou k elektrodám (graf 1, část B). Pokud je napětí na elektrodách dostatečně velké, tak elektrony k anodě letí dostatečně velkou rychlostí, aby molekuly plynu při nárazu ionizovali. Počet srážek poté s napětím roste geometrickou rychlostí (část C grafu 1). V této oblasti vzniká Townsendův výboj (slabé namodralé světlo). Kladné ionty vzniklé srážkou elektronu s molekulou jsou přitahovány na katodu, po dopadu pak vyvolají emisi sekundárního elektronu. Pokud ionty vzniklé z původního elektronu vybudí alespoň jeden sekundární výboj začne samovolně hořet. Napětí, při kterém výboj začne hořet se nazývá průrazné napětí (U_p). V tuto dobu je prostředí již značně ionizováno a prochází jím několikanásobně větší proud než při Townsendově výboji (také o hodně více svítí). Od této doby se začne uplatňovat předřadný odpor. Jelikož přes ionizované prostředí prochází celkem

vysoký proud, tak se na odporu objeví úbytek napětí a napětí na doutnavce poklesne. To přispívá ke stabilitě výboje.

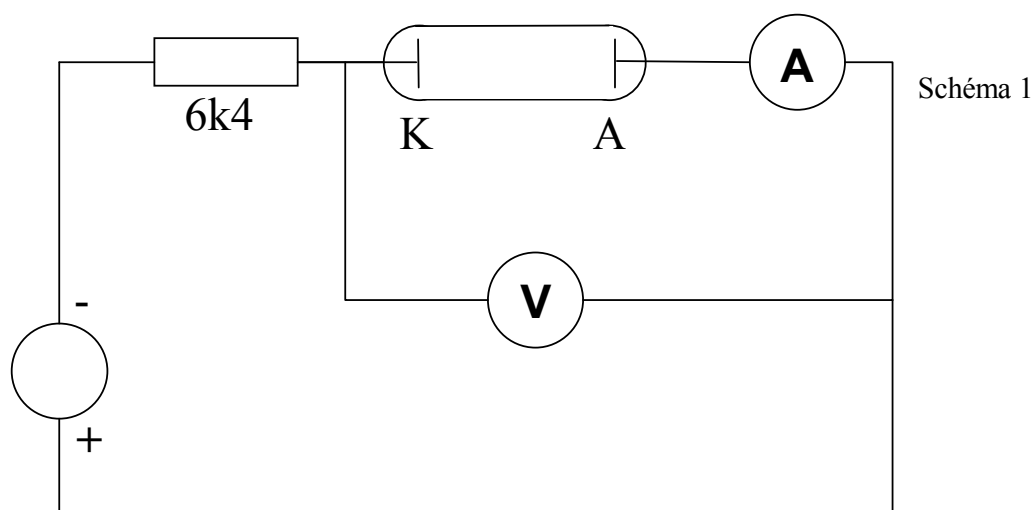


graf 1
AV charakteristika
zapálení výboje, pro
různé plyny a tlaky je
velikost proudu a
napětí rozdílná

3 Měření průrazného napětí

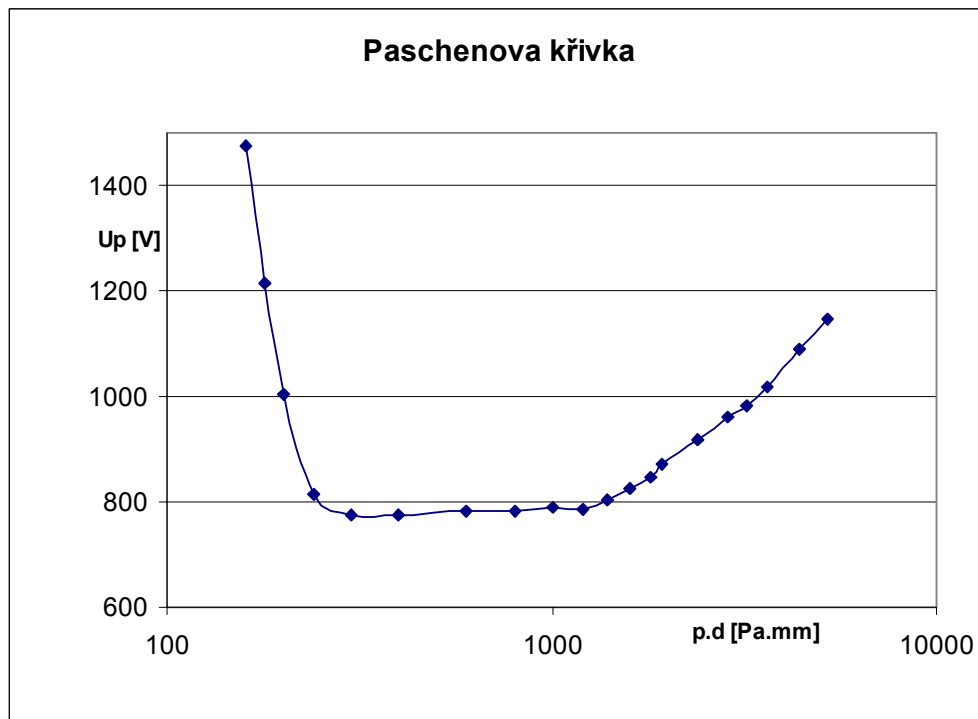
Měřil jsem tzv. Paschenovu křivku. Ta udává závislost průrazného napětí na součinu tlaku a vzdálenosti elektrod.. Měl jsem k dispozici zdroj, voltmetr, skleněnou trubici s měděnými elektrodami, vývěvu a další zařízení.

Zde uvádím schéma zapojení:



Paschenovu křivku jsem měřil tak, že jsem na zdroji plynule přidával napětí a sledoval, kdy na voltmetru skočí ručička níž. Dolů, protože když došlo k ionizaci začal procházet větší proud a

na odporu se objevil úbytek napětí. Tím pádem šla ručička na nižší hodnotu. Hodnoty jsem zadal do excelu a vyšel mi graf 2. Průrazné napětí bylo pro tlak 20Pa a vzdálenosti elektrod 10-260mm asi od 800V výš.

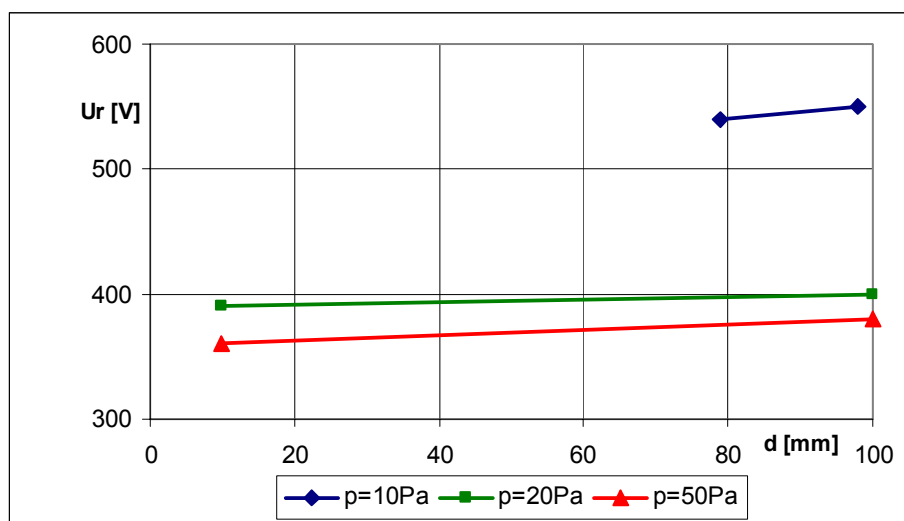


graf 2

Při nízkých tlacích a nízkých vzdálenostech potřebujeme na zapálení výboje značně vysoké napětí, ale když zvýšíme tlak zápalné napětí bude nižší. Naopak při velkých vzdálenostech elektrod a požadavku nízkého zápalného napětí musíme tlak snížit. Neoptimálnější zápalné napětí bylo pro součin tlaku a vzdálenosti elektrod asi 250-1400Pa.mm. Zajímavé je, že při tlaku 50Pa bylo nejnižší zápalné napětí 470V ale i to bylo v součinu tlaku a vzdálenosti 250-1400Pa.mm. Naopak pro 10Pa je zápalné napětí ještě vyšší ale pořád nejnižší pro součin 250-1400Pa.mm.

4 Měření napětí, kdy zhasne výboj

Dále jsem měřil napětí, kdy výboj zhasne. Měření probíhalo tak, že jsem změřil zápalné napětí a snižoval napětí zdroje za současného sledování výbojky. Když výboj zhasl odečetl jsem napětí na voltmetru. Toto měření jsem prováděl při tlaku 10Pa, 20Pa a 50Pa. Vyšel mi z toho graf 3. Z grafu je vidět, že pro vyšší tlaky výboj zhasíná při nižším napětí. Je také pozorovatelný mírný nárůst napětí při zvětšení vzdálenosti elektrod, ale rozdíl 10-20V na 370V pro jednu vzdálenost elektrod 1cm a druhou 10cm je zanedbatelný.



graf 3

Závislost napětí, kdy zhasne výboj na vzdálenosti elektrod. Měřeno pro různé tlaky.

5 Shrnutí

Z měření vyplývá, že když chceme dlouhý výboj a co nejnižší zápalné napětí, musíme volit součin tlaku a vzdálenosti okolo 1000Pa.mm. Na druhou stranu zápalné napětí roste s nižším tlakem. Barvu je možno měnit tím, že výbojku napustíme různým plynem.

Po absolvování miniprojektu jsem zjistil, jak se výboj zapaluje, podíval se jak pěkně svítí. Dnes jsou zářivky hojně používány pro svou poměrně vysokou účinnost 21%. Oproti žárovce je to docela rozdíl. Dnes je však pomalu začínají vytlačovat LED diody, které mají účinnost ještě vyšší.

Poděkování

Poděkování patří především, FJFI ČVUT za pořádání Fyzikálního Týdne. Poté bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefu Voltrovi, CSc. za cenné rady v průběhu miniprojektu. Dále že mi fyzikář Dr. Ing. Oto Štirand CSc. poslal doporučení na Fyzikální Týden a všem sponzorům Fyzikálního Týdne

Reference:

- [1] KUBIČ, M.: *Measurement of glow discharge parameters by Langmuir probes* ČVUT Praha, studentská práce 2008
- [2] *Structure og Glow Discharge* http://science-education.pppl.gov/SummerInst/SGershman/Structure_of_Glow_Discharge.pdf
- [3] KRÁL, J.: *Materiály pro přednášky o doutnavém výboji*
- [4] *Doutnavka* <http://cs.wikipedia.org/wiki/Doutnavka> 2008

Je bezpečněji v podzemí nebo u Temelína?

Marek Kovář*

Jiří Šálek**

*Gymnázium Karla Sladkovského, Praha 3

**SZŠ a VOŠZ Zlín

*kovar.ma@seznam.cz

**jirisalek8@seznam.cz

Supervizor: RNDr. Lenka Thinová, Ing. Katka Rovenská

Abstrakt:

V miniprojektu jsme se pokusili o změření radiační situace ve štolě sv. Josefa, spočítání dávky pro průvodce a porovnání naměřených a vypočtených výsledků s hodnotami pro obyvatele v okolí jaderné elektrárny Temelín, které byly získány ze zprávy vytvořené pracovníky KDAIZ.

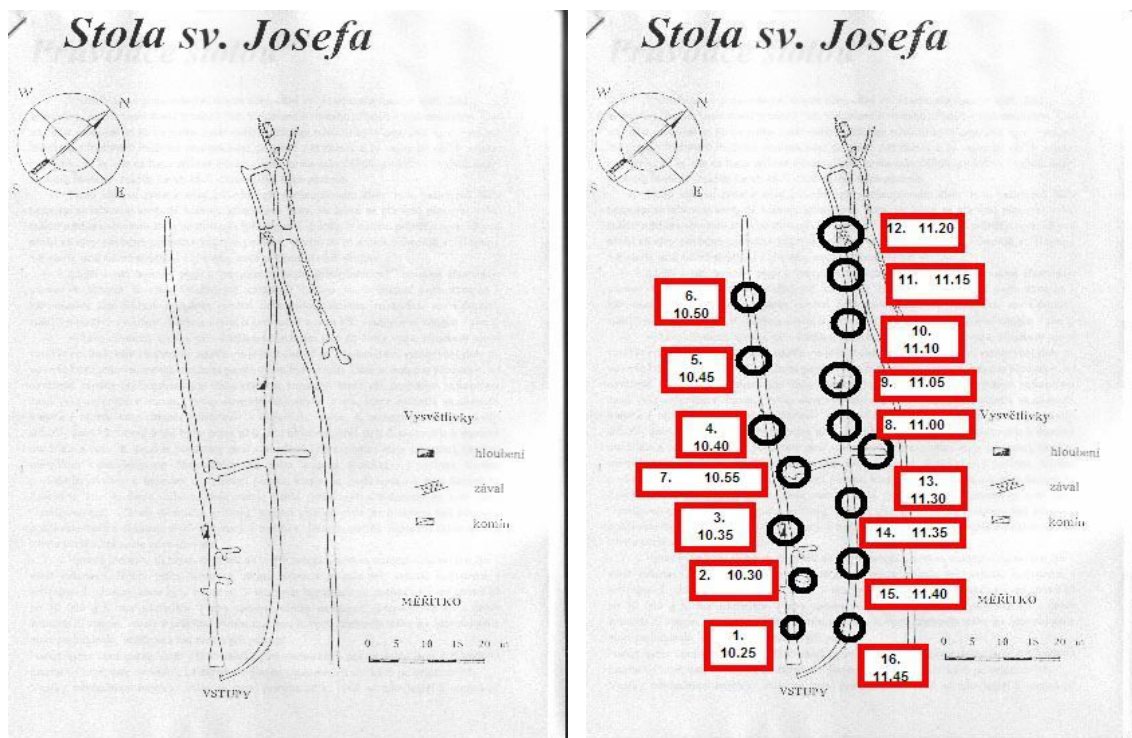
1 Úvod

Navštívili jsme štolu sv. Josefa, která se nachází nedaleko Jílového u Prahy. Změřili jsme objemové aktivity radonu a současně jeho dceřiných produktů ve vzduchu a vodě. Dále jsme naměřili dávkový příkon záření gama ve štolě a provedli jsme gamaspektrometrickou analýzu odebraných vzorků hornin. Na základě výpočtů jsme stanovili roční efektivní dávku pro průvodce ve štolě a tu porovnali s dávkou, kterou obdrží obyvatelé v okolí Temelína.

2 Popis a měření štoly sv. Josefa

Geologická stavba [1]

Štola sv. Josefa (obr. 1) leží v tzv. jílovském pásmu v Českém masivu. Jílovské pásmo geologicky spadá do středočeského plutonu. Petrograficky patří středočeský pluton k nejpevnějším masívům hlubinných vyvřelin a zároveň také do oblastí s nejvyšším výskytem radonu v České republice. V okolí štoly je velká část geologického podloží tvořena metabazity spolu s porfyroidy a mnohačetnými rudnými žilami. Štola v dřívějších dobách sloužila k těžbě zlata, neboť se nachází ve zlatonosné oblasti a nyní je přístupna veřejnosti.



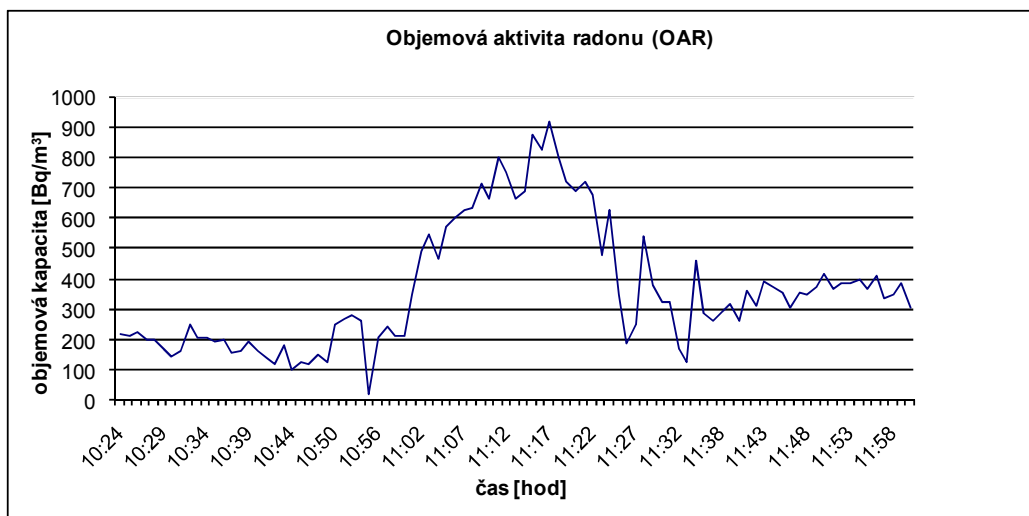
Obr. 1: Štola sv. Josefa (vpravo – místa + čas prováděného měření), [2]

Měření

1. Radon ve vzduchu

K měření objemové aktivity radonu (OAR) posloužil kontinuální monitor Radonic01, který je založen na principu ionizační komory. Radonic01 načerpá do komory okolní vzduch a vlivem přítomných alfa částic pocházejících z Rn dochází k jeho ionizaci. Přístroj zobrazuje hodnotu OAR na display v jednotkách Bq/m^3 .

Nejnižší hodnoty OAR byly naměřeny v chodbách u ústí primární a sekundární chodby na povrch, které nejlépe komunikují s vnějším prostředím. Nejvyšší hodnoty jsme získali v nejméně větrané části štoly, kde se nachází zával tvořen porfyroidy (Graf 1).



Graf 1: Naměřená objemová aktivita radonu

1.1 Objemová aktivita dceřiných produktů měřená přístrojem PSDA:

V bodech 7 a 8 (viz. obr. 1) jsme měřili objemovou aktivitu dceřiných produktů radonu přístrojem PSDA (polovodičový detektor). Nejprve jsme 5 minut čerpali pumpou vzduch přes filtr, poté během 30 vteřin jsme museli filtr přesunout do přístroje a dále jen odečítali hodnoty (po 10 min, 20 min. a 55 min.). Pomocí následujících rovnic jsme vypočítali objemovou aktivitu dceřiných produktů (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi).

Zpracování :

$$N_1 = n_1 \quad N_2 = n_2 - n_1 \quad N_3 = n_3 - n_2$$

Objemové aktivity dceřiných produktů radonu :

$$a_A (\text{RaA} - ^{218}\text{Po}) = 1.(\text{Q}\varepsilon\tau)^{-1} \cdot (3,4576 N_1 - 2,6188 N_2 + 0,3674 N_3) [\text{Bq/m}^3]$$

$$a_B (\text{RaB} - ^{214}\text{Pb}) = 1.(\text{Q}\varepsilon\tau)^{-1} \cdot (0,0226 N_1 - 0,6205 N_2 + 0,3577 N_3) [\text{Bq/m}^3]$$

$$a_C (\text{RaC} - ^{214}\text{Bi}) = 1.(\text{Q}\varepsilon\tau)^{-1} \cdot (-0,564 N_1 + 1,207 N_2 + 0,2189 N_3) [\text{Bq/m}^3]$$

$$\varepsilon = 0,159 \quad \tau = 0,95 \quad k = 2,2068$$

Oblast č.8 (jeskynní studna)

$$N_1 = 114 \quad N_2 = 277 \quad N_3 = 802 \quad Q = 3 [\text{l/min}]$$

$$a_A (\text{RaA} - ^{218}\text{Po}) = 354 \text{ Bq/m}^3$$

$$a_B (\text{RaB} - ^{214}\text{Pb}) = 197 \text{ Bq/m}^3$$

$$a_C (\text{RaC} - ^{214}\text{Bi}) = 170 \text{ Bq/m}^3$$

Oblast č.7 (průchod mez štolami)

$$N_1 = 114 \quad N_2 = 277 \quad N_3 = 802 \quad Q = 2 [\text{l/min}]$$

$$a_A (\text{RaA} - ^{218}\text{Po}) = 283 \text{ Bq/m}^3$$

$$a_B (\text{RaB} - ^{214}\text{Pb}) = 256 \text{ Bq/m}^3$$

$$a_C (\text{RaC} - ^{214}\text{Bi}) = 253 \text{ Bq/m}^3$$

2. Radon ve vodě

I přesto, že je radon plyn, rozpouští se ve vodě, a proto je velmi důležité také stanovit jeho množství v potenciálně kontaminované vodě v jeskynním jezírku. Námi odebrané vzorky ze dvou jeskynních jezírek a jeskynní studny byly podrobeny detailnímu zkoumání kontinuálním monitorem RADIM 4 (Tab.1). Voda, jež se měřila tímto přístrojem, musela být nabrána do lahvíček, aniž by při odběru probublávala, aby radon nevypřchal.

Lokalita	Změřená aktivita radonu [Bq/l]
Štola sv. Josefa (jezírka)	0,2
Štola sv. Josefa (studna)	2,1

Tab.1: Naměřená aktivita radonu v odebrané vodě

Aktivita radonu v odebraných vzorcích vody je velmi nízká v porovnání s limitní hodnotou objemové aktivity radonu ve vodě, jež činí 300 Bq/l. Pokud je aktivita větší než 300 Bq/l, voda nesmí být použita ve veřejných vodovodech.

3. Měření dávkového příkonu záření gama

Stanovení dávkového příkonu záření gama bylo prováděno scintilačním detektorem NB 3201 - číslo měření odpovídá číslu na mapě štol (Obr. 1 a Tab. 2). Výsledky v tabulce 2 jsou vyjadřovány jednotkami nGy/s.

Číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
1.	37,9	17,5	10,7	9,54	12,3	13,2	13,3	7,88	8,42	13	10	18,9	10,7	12,7	49	17,6
2.	45,2	17,5	12,6	8,7	14,2	14	11,9	7,65	10,2	9,53	11,1	21,6	12,5	10,5	52,1	16,1
3.	47,7	16,8	11	7,64	11,5	15	12,1	8,09	9,59	8,3	9,44	24,1	10,9	13,1	49,4	20,7
4.	44,3	15,1	9,39	7,91	12	14,3	13,8	6,45	8,2	9,78	9,5	23	11,2	10,1	47,6	14,6
5.	47,1	16,4	10	9,27	12,3	15	14	8,19	8,05	10,1	10,6	23,4	11,9	10,6	49,2	14,9
Průměr	44,44	16,66	10,74	8,612	12,46	14,3	13,02	7,652	8,892	10,14	10,13	22,2	11,44	11,4	49,46	16,78

Minimum	6,45
Maximum	52,10
Průměr	16,77

Tab. 2: Dávkový příkon gama

4. Gamaspektrometrie horninových vzorků

Vzorky horniny jsme podrobili laboratornímu zkoumání spektrometrem (Tab.3). Gamaspektrometrie analyzuje energie záření gama a umožňuje stanovení množství jednotlivých radionuklidů ve vzorku. Výsledky jsou uvedeny v Bq/kg.

	⁴⁰ K	ch	²²⁸ Th	ch	²²⁶ Ra mat.	ch
zasyp 1	230,5	9,1	2,4	0,4	12,0	2,1
porfyr2A	194,2	8,7	19,7	0,6	34,4	3,5
kalcit 1	312,2	10,2	39,6	0,9	26,5	2,1

Tab. 3: Gamaspektrometrie odebraných vzorků

3 Roční efektivní dávky

Provedli jsme srovnání roční efektivní dávky, kterou obdrží průvodce ve štolě a obyvatelé v okolí Temelína. Efektivní dávka E (mSv) se vypočítá jako součin konverzního faktoru (h_p) jedince (pro obyvatelstvo = 2,4 nSv/Bq.h/m³; pro pracovníka = 3,1 nSv/Bq.h/m³), objemové aktivity radonu (Bq/m³) a času, který jedinec tráví v daném prostředí.

$$E = h_p * OAR * T$$

Průvodce ve štolě: $E_1 = 3,1 \cdot 364,6 \cdot 2000$
 $E_1 = 2,26 \text{ mSv/rok}$

- Tento výsledek uvádí efektivní roční dávku po průvodce ve štolě
- K tomuto výsledku však musíme přičíst další vlivy působící na průvodce mimo štolu. Součástí je expozice radonu v pobytových prostorách po dobu cca 7000 hodin a průměrné koncentraci Rn v ČR 118 Bq/m³
- $E_2 = 2,4 \cdot 118 \cdot 7000$
 $E_2 = 1,98 \text{ mSv/rok}$

- Další skutečnost, kterou musíme zohlednit je ta, že roční efektivní dávka pro člověka činí ještě dalších asi 1,54 mSv/rok, pro které jsou zdrojem lékařské aplikace, spad, inhalace radioaktivních prvků v ovzduší, atp.
- Celková roční efektivní dávka pro průvodce tedy činí:
 - $E = E_1 + E_2 + E_3 = 2,26 + 1,98 + 1,545 = \underline{\underline{5,79 \text{ mSv/rok}}}$

Roční efektivní dávka					
hodnoty obecné		hodnoty specifické		hodnoty neuzavřené	
lékařské aplikace	0,8	ingesce 137Cs	0,008	výpustě JZ	0,001
ingesce 40K	0,17	kosmické záření	0,35	inhalace mimo Rn a Th	0,006
pracovní ozáření	0,002	terestrické externí	0,12	ingesce př. rad.	0,1
spotřební zboží	0,005	inhalace Rn uvnitř	2,6	spad	0,007
inhalace thoron	0,1				
terestrické uvnitř	0,4				
inhalace Rn venku	0,06				
Kosmogenní radionuklidy	0,01				
celkem	1,547		3,078		0,114
<u>4,74 mSv/rok</u>					

Tab. 4: Hodnoty pro výpočet dávky pro obyvatele v okolí Temelína, [3]

4 Shrnutí

Z výsledků měření vyplývá, že dávka od radonu pro průvodce ve štole nepřekračuje předepsané limity pro pracovníky 20 mSv/rok. Roční efektivní dávka od radonu pro pracovníka ve štole činí 2,26 mSv/rok. Srovnáním celkových efektivních dávek z jednotlivých zdrojů pro pracovníka ve štole a obyvatele v okolí Temelína bylo zjištěno, že pracovník ve štole obdrží o 1,05 mSv/rok více při zachování stejných hodnot pro ozáření plynoucí z lékařských aplikací atp.

Poděkování

Poděkování patří především organizátorům Fyzikálního týdne 2008, dále pak RNDr. Lence Thinové za důvěru a trpělivost při měření radiační situace v terénu a v neposlední řadě také Ing. Katce Rovenské za odborný výklad a pomoc při zpracování naměřených výsledků.

Reference:

- [1] MORÁVEK, P. – LITICHLEB, J.: *Jílovské zlaté doly*, Regionální muzeum v Jílovém u Prahy, 2002, 187 stran.
- [2] PODKLADY K MINIPROJEKTU Z KATEDRY DOZIMETRIE
- [3] THINOVÁ L.: *Posouzení ozáření obyvatel v zájmové oblasti v okolí JE Temelín z přírodních a umělých zdrojů: Dílčí zpráva – etapa 1*

Modelování fyzikálních dějů pomocí metody Monte Carlo

A. Slávik, D. Šafránek, Š. Kubašta

3. června 2008

Abstrakt

Cílem práce je vyšetřit distribuci dopadů projektilu po průletu prostředím s odporem a vlivem nahodných sil. Pomocí metody Monte Carlo byly provedeny opakované simulace (10000 opakování), ze kterých jsme získali údaje o dopadech v závislosti na velikosti fluktuací a koeficientu odporu. Závislost variance souřadnic dopadu na velikosti fluktuací se pro pevně zvolený koeficient odporu ukázala jako lineární a byl stanoven přibližný vztah pro x -ovou varianci $\sigma_x(f, r) \approx \frac{C}{\sqrt{r}} \cdot f$, kde C je konstanta.

1 Úvod

Prolétá-li vystřelený projektil atmosférou, kromě deterministických sil (např. tíhová, odporová) na něj působí i síly stochastické, které nelze přesně určit a považujeme je tedy za náhodné (např. vzdušné proudy). Z důvodu této náhodnosti můžeme operovat pouze se statistickými výsledky, k jejichž získání slouží metoda Monte Carlo. Jedná se o numerickou výpočetní metodu založenou na využití náhodných veličin a teorii pravděpodobnosti. Její podstatou je opakovaná realizace zkoumaného děje pomocí počítače. My jsme použili tuto metodu právě k modelaci působení výše zmíněných stochastických sil.

2 Průběh a výsledky

Simulovali jsme šikmý vrh pod elevačním úhlem 45 v prostředích s různým odporem pomocí Eulerovy iterační metody. Výslednice sil působících na projektil je dána jako

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_g + \mathbf{F}_o + \mathbf{F}_s, \quad (1)$$

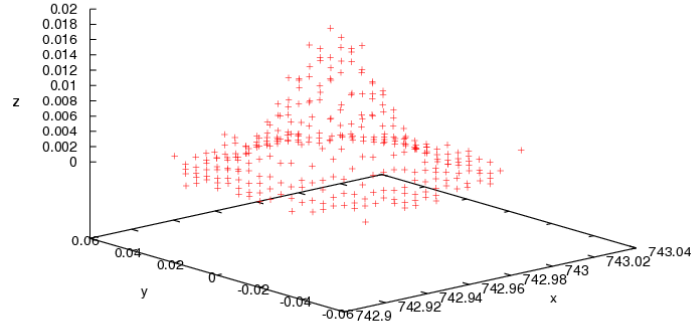
kde $\mathbf{F}_g$ je tíhová síla, $\mathbf{F}_o$ odporová a $\mathbf{F}_s$ výsledná stochastická. Tíhová a odporová síla jsou deterministické a jsou dány vztahy

$$\mathbf{F}_g = m\mathbf{g} \quad (2)$$

$$\mathbf{F}_o = -\frac{1}{2}CS\rho|\mathbf{v}|\mathbf{v} = -\frac{1}{2}r|\mathbf{v}|\mathbf{v} \quad (3)$$

kde C je součinitel odporu, S obsah průřezu tělesa, ρ hustota okolního prostředí a $\mathbf{v}$ rychlost tělesa. Zvolili jsme Newtonův model odporové síly, protože je pro naše rychlosti nejvhodnější. Působení stochastických sil jsme aproximovali působením jedné síly, jejíž velikost se ve všech třech rozměrech vybírala náhodně z pevně zvoleného rozsahu. Pravděpodobnost

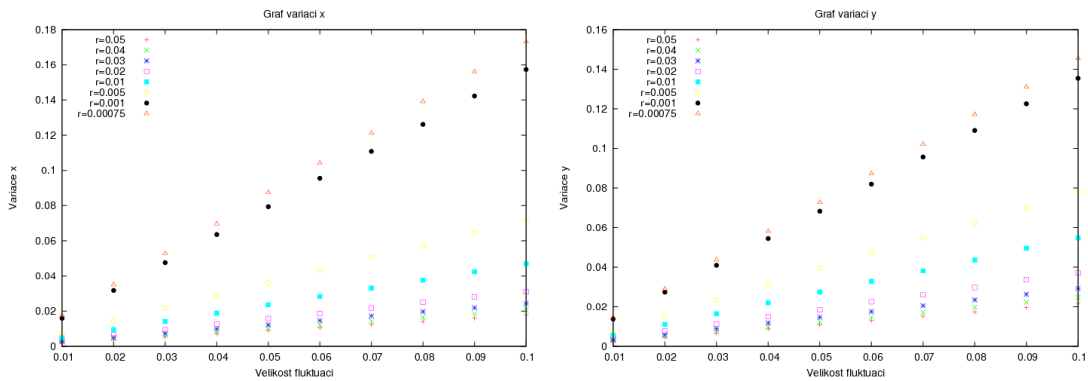
Rozložení pravděpodobnosti dopadu



Obrázek 1: Typická distribuce pravděpodobnosti dopadu projektilu. Vstupní hodnoty $f = 0,01 \text{ N}$, $r = 0,001 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$

těchto sil byla rozdělena uniformně. Všechny možné takovéto síly byly stejně pravděpodobné. Výsledné zrychlení urychlující těleso se pak určí podle 2. Newtonova zákona $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$.

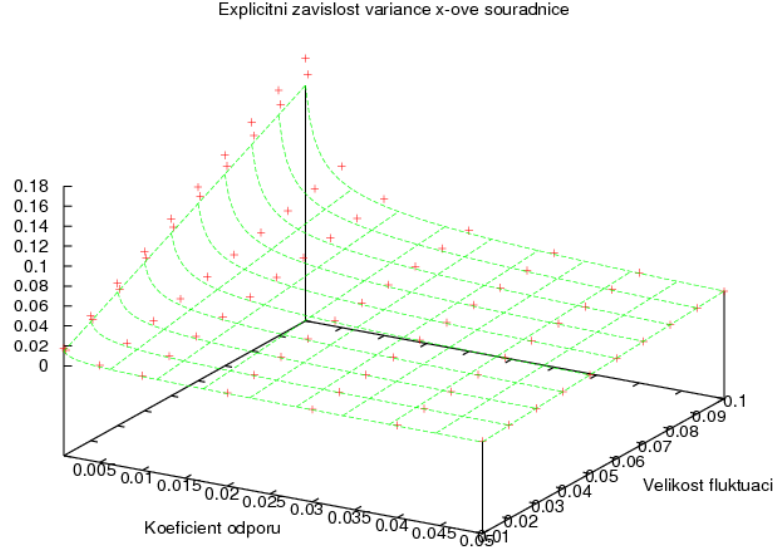
V našich simulacích jsme vzali jako konstantní tyto hodnoty: $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $m = 1 \text{ kg}$, $v = 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zkoumali jsme výsledné rozložení bodů dopadu projektilu v závislosti na dvou parametrech, a to $r = C\mathcal{S}\rho$ a f , které představuje maximální velikost stochastické síly v jednom rozměru (celkově je tedy max. velikost této síly rovna $\sqrt{3}f$). Za r jsme dosazovali hodnoty 0,00075; 0,001; 0,005; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ a za f hodnoty od 0,01 po 0,1 N. V závislosti na těchto hodnotách jsme zkoumali variaci σ_x -ové a y -ové souřadnice dopadu, která je dána vztahem $\sigma_x^2 = \langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle$, resp. $\sigma_y^2 = \langle (y - \langle y \rangle)^2 \rangle$ ¹. Pro každou kombinaci hodnot r a f jsme provedli 10000 simulací pomocí metody Monte Carlo.



Obrázek 2: Grafy závislostí variancí souřadnic místa dopadu (σ_x , σ_y) na velikosti fluktuací (f)

Výsledky dost zřejmě ukazují, že variance obou dopadových souřadnic jsou na velikosti

¹zde $\langle X \rangle$ značí střední hodnotu veličiny X .



Obrázek 3: Graf závislosti variance x -ové souřadnice místa dopadu (σ_x) na velikosti fluktuací (f) a koeficientu odporu (r), zelená síť je vypočítána pomocí přibližného vztahu $\sigma_x(f, r) \approx \frac{C}{\sqrt{r}} \cdot f$

fluktuací (max. možné velikosti $\mathbf{F}_s$ v jednom směru) závislé lineárně, platí tedy

$$\frac{\partial \sigma_x(f, r)}{\partial f} = a(r) \quad (4)$$

(parciální derivace σ_x není závislá na f). Dále vidíme, že pro vyšší hodnoty koeficientu r nejsou nárůsty tak markantní, což nás vedlo k předpokladu, že existuje vztah mezi nárůstem variance v závislosti na velikosti fluktuací a tímto odporovým koeficientem. Pomocí lineární regrese jsme stanovili směrnice všech závislostí variací x -ové polohy dopadu na velikosti fluktuací a tyto směrnice jsme vynesli do grafu v závislosti na r . Následnou mocninnou regresí byl stanoven přibližný vztah

$$\frac{\partial \sigma_x(f, r)}{\partial f} \approx \frac{C}{\sqrt{r}} \quad (5)$$

kde hodnotu konstanty C jsme stanovili přibližně na 0,04.

Tímto jsme našli přibližný vztah pro výše uvedenou funkci $a(r)$. Pokud budeme předpokládat, že platí přesně, můžeme ho řešit jako parciální diferenciální rovnici, kde obecným výsledkem budeme

$$\sigma_x(f, r) = \frac{C}{\sqrt{r}} \cdot f + K, \quad (6)$$

přičemž aby bylo splněno $\sigma_x(0, r) = 0$, bereme $K = 0$. Výsledný přibližný vztah má tedy podobu

$$\sigma_x(f, r) \approx \frac{C}{\sqrt{r}} \cdot f. \quad (7)$$

3 Závěr

Pomocí metody Monte Carlo jsme stanovili distribuci dopadů projektilu po průletu prostředím s odporem a působením stochastické síly. Ukázali jsme, že pro pevně zvolený koeficient u odporové síly závisí variance souřadnice místa dopadu lineárně na velikosti fluktuací. Navíc se nám podařilo nalézt přibližný vztah, který varianci x -ové souřadnice explicitně určí v závislosti na koeficientu odporu a velikosti fluktuací. Nakonec jsme ověřili, že metoda Monte Carlo je pro takovéto simulace za účelem získání statistických dat vhodná.

Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli poděkovat především Ing. Hynkovi Lavičkovi, Ph.D., za odborné vedení naší práce a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za poskytnutí svých prostor i vybavení nezbytných pro provedení simulací.

Použitá literatura

- [1] Rektorys, K. a spolupracovníci: *Přehled užití matematiky I*, Prometheus, Praha 1996. ISBN 80-85849-92-5.
- [2] *gnuplot homepage*, dostupné z URL: <http://gnuplot.sourceforge.net/>

Termoluminiscenční dozimetrie

V.Munzar
Gymnázium Trutnov
NicolasDenver@gmail.com

J.Ponert
SPŠSE České Budějovice
J.Ponert@seznam.cz

T.Peták
Gymnázium Karla Sladkovského
T.Petak@seznam.cz

Abstrakt

Cílem naší práce bylo změřit množství emitovaného světla, které vyzařují dozimetry za zvýšené teploty po vystavení ionizujícího záření. Měření jsme prováděli na TLD readeru Toledo M2000. Naměřené hodnoty byly posléze vyhodnoceny, pomocí nich jsme vytvořili kalibrační křivku. Po dosazení do této křivky jsme určili dávku, kterou byly ozářeny dvě skupiny neznámých vzorků.

1 Úvod

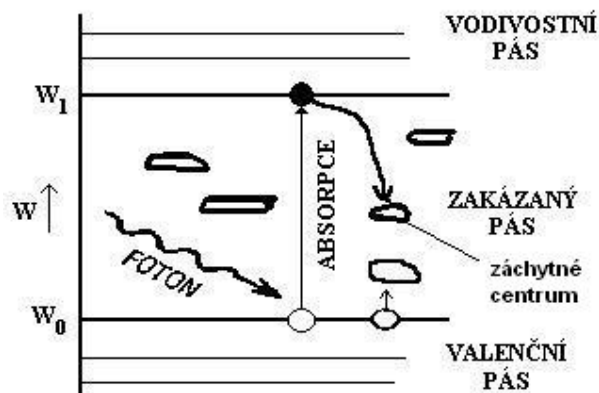
Některé látky mohou, jsou-li vystaveny ionizujícímu záření, uchovat určitou informaci (kumulovat energii). Po zahřátí (stimulací teplem) na určitou teplotu tuto energii emitují ve formě viditelného světla. Tato vlastnost se nazývá termoluminiscence.

Termoluminiscenční dozimetrie se zabývá množstvím vyzařovaného světla (odezvy) a vypočítává dávku záření. Používají se k tomu tzv. dozimetry, u kterých známe poměr mezi dávkou a odezvou. Vzhledem k těmto daným poznatkům, můžeme určit dávku ionizačního záření, kterému byly vystaveny neznámé látky.

2 Teorie

Termoluminiscence lze vysvětlit na tzv. pásovém modelu krystalu. Energetické hladiny se skládají ze tří pásů: vodivostní,

zakázaný a valenční energetický pás. Vystavujeme-li krystal určitému záření, mohou se elektrony volně pohybovat ve vodivostním pásu. Při dosažení určité hodnoty energie, elektrony proniknou do zakázaného pásu, kde se zachycují v tzv. pastích (záchytných centrech). Podle dodaného tepla a hloubky pastí elektrony vyskakují ven z elektronových pastí, mohou být zachyceny lumiscenčními centry, kde se rekombinují s kladnými náboji (děrami), při rekombinaci tyto ionty vyzařují světlo, které posléze měříme.



obr.1

3 Měření

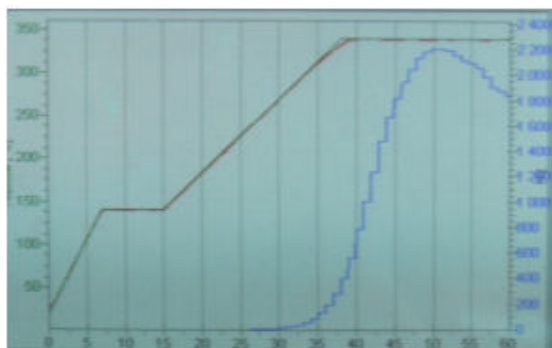
Měřili jsme 9 sad TLD dozimetrů (aluminofosfátové sklo) po 10 kusech (mimo skupinu 0) ozářených ^{60}Co dávkami:

Skupina	Dávka mGy
0	0
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500
6	600
N1	neznámá
N2	neznámá

tab. 1

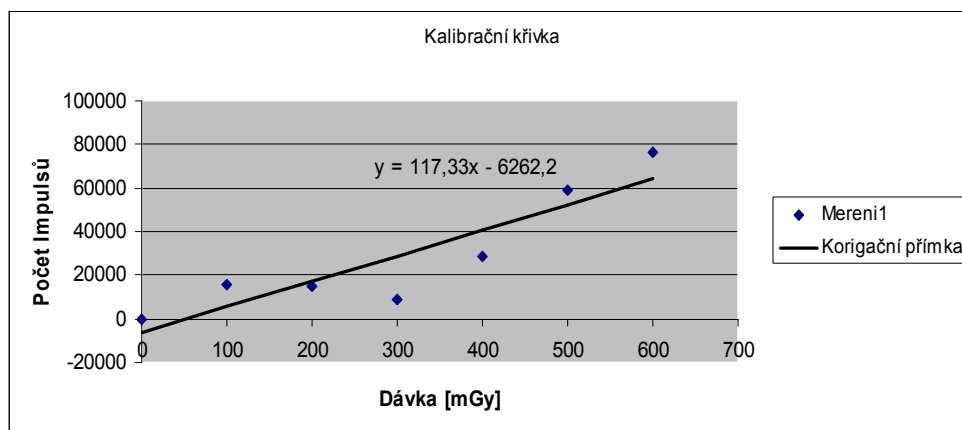
Před začátkem měření jsme dozimetr zahřáli, a tím jsme vyprázdnili mělké pasti, které by se mohli uvolnit i při pokojové teplotě, a tím by vznikaly nepřesnosti (šumy). Během předohřevu se tedy nezaznamenává emitované světlo. Následuje ohřev materiálu s odečtem světelného signálu. Závislost tohoto

světelného toku na teplotě termoluminiscenčního materiálu v čase se nazývá vyhřívací křivka. (obr. 2)



obr. 2

Během vlastního ohřevu se nevyprázdní všechny pasti, a proto je po měření nutný annealing, neboli ohřev na vysokou teplotu po dlouhou dobu, aby mohl být dozimetr použit znovu. Pomocí naměřených hodnot, které jsme museli vydělit korigačním faktorem (zkorigovat), jsme vytvořili kalibrační křivku.(obr. 3). Pro každý dozimetr má jiný faktor.



obr. 3

Každý bod na obrázku znázorňuje průměrnou hodnotu každé skupiny. Výsledky byly nepřesné kvůli nedokonalé sterilním podmínkám. Poté jsme změřili odezvu neznámých látek a dosazením do kalibrační rovnice $y = 117,33x - 6262,2$. Látka N1 obdržela dávku 132 ± 56 mGy, N2 260 ± 68 mGy. Skutečná dávka N1 je 200 mGy a N2 500 mGy, proto jsme upravili vstupní data grafu a tím jsme se přiblížili ke skutečné dávce.

Shrnutí

Naučili jsme se pracovat s TLD readerem TOLEDO M2000. Vytvořili jsme kalibrační křivku a zjistili jsme tak dávku záření, kterému byly vystaveny neznámé látky.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat panu Ing. Vojtěchovi Svobodovi, Csc. z FJFI ČVUT v Praze, díky kterému se vůbec můžeme fyzikálního týdne účastnit. Rádi bychom také poděkovat našemu supervizorovi Ing. Jiřímu Martinčíkovi, který nám celou dobu pomáhal a vůbec všem lidem, kteří se podíleli na organizaci fyzikálního týdne.

Reference:

[1] <http://www.sujb.cz/docs/Audit.pdf>

[2]

<http://buon.fjfi.cvut.cz/fyzport/FT/2005/rentgvys/TLDuvod.doc>

Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie

Jakub Neužil *

Jan Fábera **

Jiří Havlíček ***

* Gymnázium Sokolov, jakub.neuzil@seznam.cz

** SPŠ Hronov, icarosai@seznam.cz

*** Gymnázium Český Brod, jiri.pc@gmail.com

Abstrakt

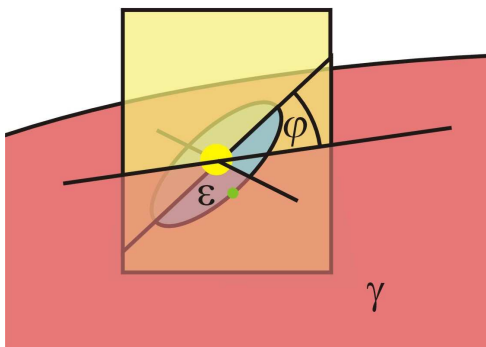
Podstatou našeho projektu bylo změřit a spočítat odchylku roviny ekliptiky (planetární roviny, v níž obíhají planety kolem Slunce) od roviny Galaxie. Počítali jsme s údaji změřenými improvizovaně vyrobeným sextantem a s údaji z astronomického katalogu. Z naměřených údajů jsme spočítali velikost odklonu roviny oběhu planet kolem Slunce od roviny Galaxie a jeho směr vzhledem ke středu Galaxie. K výpočtu jsme využili goniometrické funkce a pravidla pro počítání s vektory a rovinami.

1. Úvod

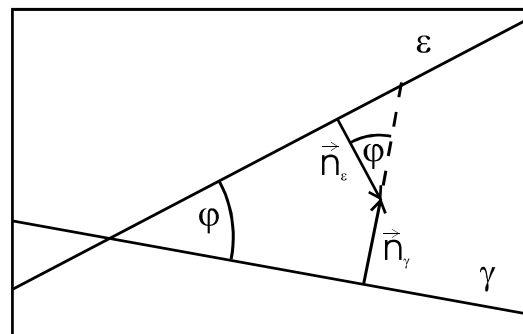
Pokud chvílku přemýšlíme nad naší Galaxií a Sluneční soustavou, jistojistě nás napadne i otázka, kde to vlastně v té Galaxii jsme, nebo jak jsme vzhledem ke Galaxii položeni, respektive nakloněni, a kam tento úhel odklonu míří vzhledem ke středu galaxie. Oba tyto údaje jsme se rozhodli změřit, a poté spočítat, abychom měli dnes večer na tuto otázku již odpověď, a tím pádem klidné spaní s vědomím, že víme, kde v Galaxii vlastně spíme.

2. Teorie

Odchylka dvou rovin je úhel, který svírají průsečnice těchto rovin s rovinou, která je k oběma rovinám kolmá. Každou rovinu R^3 můžeme vyjádřit jedním bodem a dvěma směrově odlišnými vektory (směrové vektory $\mathbf{u}$, $\mathbf{v}$), které v této rovině leží, nebo jedním bodem a jedním vektorem normálovým. Normálový vektor je kolmý ke všem přímkám roviny, proto ho vypočteme jako vektorový součin směrových vektorů roviny. Rovinu ekliptiky označíme ε , rovinu Galaxie γ .



Obr. 1: odchylka roviny Galaxie (γ) od roviny ekliptiky (ε)



Obr. 2: Odchylka rovin v řezu rovinou úhlu

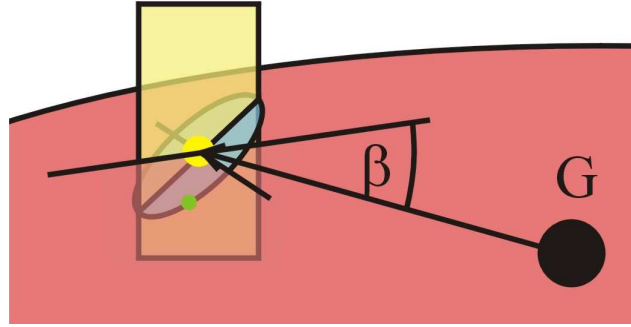
Na obr. 2 zároveň vidíme, že úhel mezi dvěma rovinami je shodný s úhlem, který svírají normálové vektory těchto rovin. Pro výpočet úhlu použijeme skalární součin 2 vektorů:

$$\vec{n}_\varepsilon \cdot \vec{n}_\gamma = |\vec{n}_\varepsilon| |\vec{n}_\gamma| \cos \varphi$$

Po dosazení vyjádříme φ :

$$\varphi = \arccos \left| \frac{\vec{n}_\varepsilon \cdot \vec{n}_\gamma}{|\vec{n}_\varepsilon| |\vec{n}_\gamma|} \right| = \arccos \left| \frac{(\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon) \cdot (\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma)}{|\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon| |\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma|} \right| \quad (1)$$

kde φ je velikost odchylky ekliptiky od roviny Galaxie.



Obr. 3: Úhel roviny ekliptiky se spojnicí středu galaxie a pozorovatele

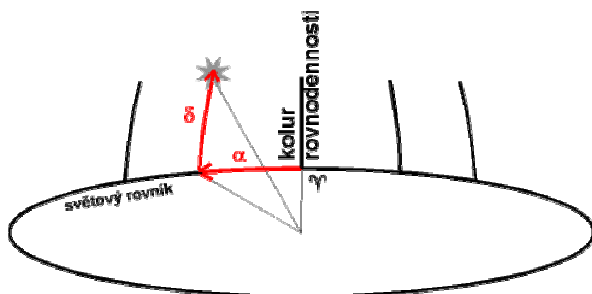
Nyní můžeme vypočítat směr této odchylky. Tento směr můžeme určit jako úhel β , který svírají rovina úhlu φ a přímka spojující pozorovatele se středem Galaxie G. Tento úhel můžeme určit jako doplněk úhlu mezi normálovým vektorem roviny odchylky a polohovým vektorem středu Galaxie $\vec{r}$ do 90° .

$$\beta = 90^\circ - \arccos \frac{\vec{n}_\varphi \cdot \vec{r}}{|\vec{n}_\varphi| |\vec{r}|} = 90^\circ - \arccos \frac{(\vec{n}_\varepsilon \times \vec{n}_\gamma) \cdot \vec{r}}{|\vec{n}_\varepsilon \times \vec{n}_\gamma| |\vec{r}|} = 90^\circ - \arccos \frac{((\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon) \times (\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma)) \cdot \vec{r}}{|(\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon) \times (\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma)| |\vec{r}|} \quad (2)$$

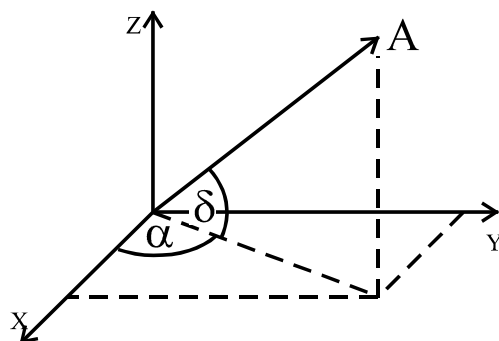
3. Získávání údajů

Souřadnice

Polohu hvězdy nebo jakéhokoliv nebeského tělesa na nebeské sféře určujeme dvěma základními úhly- rektascenze (α) a deklinace (δ). Rektascenze určuje úhel mezi kolurem rovnodennosti a kružnicí procházející hvězdou a je kolmá na světový rovník (deklinální kružnice). Deklinace je úhel měřený mezi hvězdou a světovým rovníkem po deklinální kružnici. Tyto souřadnice nejsou závislé na pozorovacím místě, proto jsou po celé zemi udávány v astronomických katalozích. (Obr.4) Tyto souřadnice musíme převést do kartézské soustavy souřadnic (Obr.5)



Obr. 4: Rovníkové souřadnice



Obr. 5: Převod souřadnicových systémů

K převedení do kartézského systému použijeme následující vzorce:

$$x = r \cos \alpha \cos \delta$$

$$y = r \sin \alpha \cos \delta$$

$$z = r \sin \delta$$

Všechna nebeská tělesa pozorujeme jako jejich průmět na nebeskou sféru. Proto můžeme pro náš účel volit r libovolné a stejné pro všechny body.

Data

Velikosti úhlů α a δ jsme získali z astronomického katalogu dostupného za pomoci programu Hallo Northern Sky. Podle programu SkyMap leží na galaktickém rovníku souhvězdí Cassiopeia a Labuť, s nimiž jsme také výpočetně pracovali. Předpokládáme, že těžiště těchto souhvězdí leží na galaktickém rovníku a proto je použijeme jako směrové vektory roviny galaxie. Pro definování ekliptiky jsme použili planet Saturn a Mars, které jsou v současné době velmi dobře pozorovatelné pouhým okem. Souřadnice středu Galaxie jsme zjistili za pomoci programu Google Earth.

Těžiště souhvězdí vypočteme jako

$$\vec{r} = \frac{\sum_i \vec{r}_i}{n} \quad (3)$$

kde r_i je polohový vektor hvězdy a n je počet hvězd souhvězdí.

4. Výsledky

Dosazením do vzorců (1), (2), (3) vypočteme hledané úhly:

$$\varphi = 63^\circ 1' 44''$$

$$\beta = 1^\circ 31' 48''$$

Kde φ je odchylka roviny ekliptiky od roviny Galaxie a β je směr odchylky.

5. Diskuse

Napadla nás zajímavá myšlenka. Kdybychom se nacházeli v rovině s rovinou Galaxie, na obloze bychom Mléčnou dráhu viděli pod úhlem 90° (to je úhel kolmo na místo, kde se nacházíme na obloze, tedy přesně nahore) minus úhel naší zeměpisné šířky minus

odklon Zemské osy od planetární roviny, tedy přibližně pod úhlem $90^\circ - 50^\circ - 23,5^\circ = 16,5^\circ$. Z toho tedy plyne závěr, že od roviny Galaxie jsme pod určitým úhlem odkloněni, a Mléčnou dráhu vidíme v tomto úhlu plus úhel odklonu roviny ekliptiky od roviny Galaxie, což je v souladu se zjištěnými hodnotami úhlů.

6. Závěr

Tato metoda získávání dat bylo zvolena z důvodu nepříznivých pozorovacích podmínek způsobených nadměrnou vlhkostí ve vzduchu a nedostatku času. Pokoušeli jsme se naměřit hodnoty naším improvizovaným zařízením, avšak zjistili jsme, že v praxi není použitelné pro přesné výsledky.

Poděkování

Děkujeme především našemu supervizorovi za jeho pevné nervy, obrovskou trpělivost a tu spoustu času který s námi strávil, přestože se musel učit na zkoušky. Dále děkujeme FJFI a ČVUT za zorganizování této akce. A také všem, kteří si přečetli tento článek. Doufáme, že vás alespoň trochu zaujal.

Reference

- [1] Aldebaran group for astrophysics, Souřadnice a časomíra, <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/orientace/theory.html>
- [2] SkyMap Pro 11, http://www.skymap.com/smp_eval.htm
- [3] Google, Google Earth, <http://earth.google.com/>
- [4] J. Stránský, Odchylka ekliptiky a roviny Galaxie, Fyzikální seminář 2008, FJFI ČVUT

Plynová chromatografie

Radim Hueber*
Věra Mojžíšová**

* Gymnázium Děčín, Komenského nám. 4

**Gymnázium Dr. A. Hrdličky Humpolec, Komenského 147

Abstrakt:

Seznámení se základy plynové chromatografie a s jejím využitím. Rozčlenění a popis jednotlivých částí chromatografu.

1 Úvod

Jednou z možností, které se využívají pro rozdělení látek nebo pro zjištění složek směsi, je plynová chromatografie. Principem je využití různé rychlosti unášení látek v prostředí. Plynová chromatografie se zaměřuje na látky plynné, případně kapalně, které se dají odpařit.

2 Chromatograf

Skládá se ze tří hlavních částí: injektoru, kolony a detekčního zařízení.

- 1) Injektor: Pomocí injektoru je do chromatografu (do kolony) vháněn inertní plyn se zkoumanou látkou.
- 2) Kolona: Je naplněna látkou, která zpomaluje průchod molekul zkoumané látky. Rychlost je závislá na délce kolony, na tlaku, pod kterým je směs vháněna dovnitř, a na teplotě.
- 3) Detektor: Detektor nepřímo určuje koncentraci látek vystupujících z kolony. Zvýšení koncentrace látek různých od nosného plynu se projeví jako elektrický signál, který se dále zpracovává.

3 Kolony

Kolona je trubice stočená do válcové plochy a vyplněná adsorbentem. Podle materiálu se dělí na kovové kolony, které jsou odolnější, a skleněné, které jsou křehčí, ale průhledné.

Další rozdělení je podle průřezu kolony na kolony náplňové (sypané) a na kapilární (zde je adsorbent nanesen na stěnu kapiláry). Kapilární kolona má vyšší účinnost.

Kolony se také dělí podle specifikace na kolony univerzální a specifické, ty se dělí podle efektu na nepolární a polární látky.

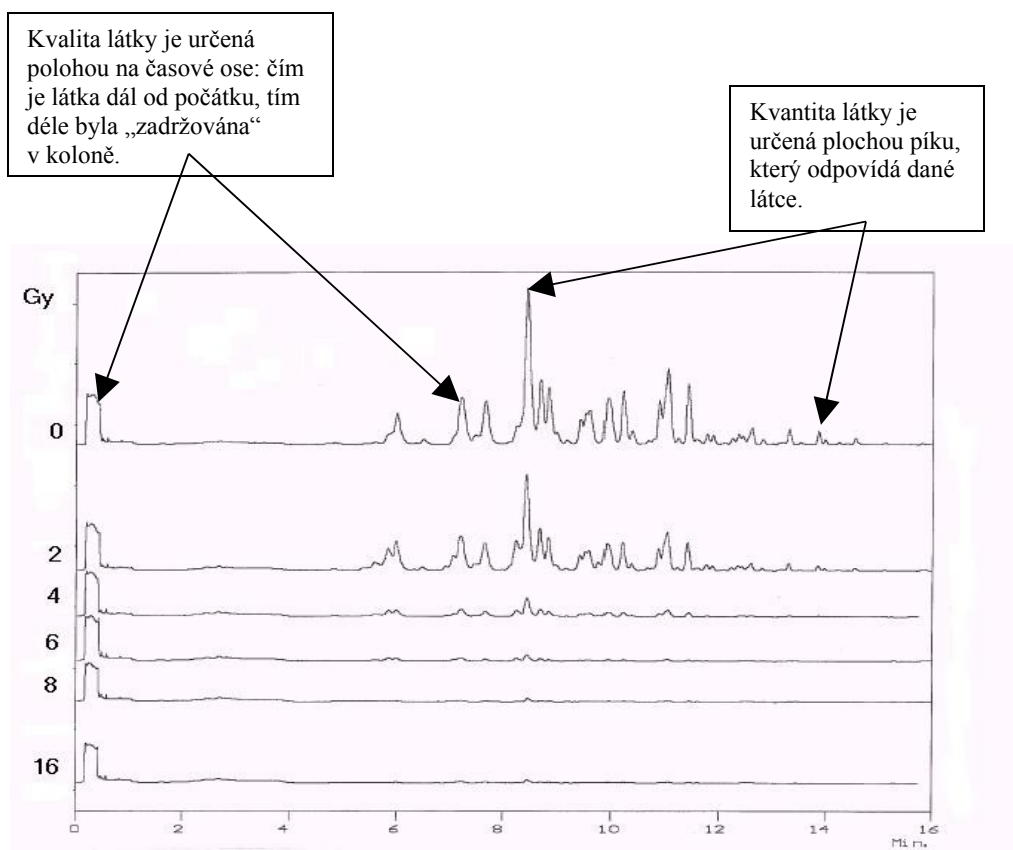
4 Detektory

Existuje mnoho typů detektorů, na FJFI se používají dva způsoby detekce vzorku, FID (Flame Ionisation Detector) a ECD (Electron Capture Detector).

Detekce FID je založena na ionizaci zkoumané látky vodíkovým plamenem. Tyto „zplodiny“ (vzniklé ionty) prochází mezi elektrodami a výskyt iontů se projeví zvýšením vodivosti, a tak vzniká elektrický signál.

Detekce ECD je založena na schopnosti elektronegativních látek (Cl, F, O) zachytit elektrony. Vzorek z kolony prochází mezi plíškem z ^{63}Ni a elektrodou. ^{63}Ni emituje stále β^- záření a v detektoru protéká stálý proud. Při průchodu elektronegativního prvku detektorem dojde k zachycení elektronů atomy a k poklesu proudu. Vzniká tak opačný signál, než u metody FID. Každá metoda má své výhody a nevýhody. Detekce ECD je velmi citlivá, omezuje se ale jen na elektronegativní atomy ve vzorku. Metoda FID má menší citlivost, je ale, co se týče složení vzorku, univerzální.

Výsledkem chromatografické analýzy je chromatogram, který nám udává kvalitu a kvantitu složek zkoumané látky.



5 Shrnutí

Plynová chromatografie je jedna z nejcitlivějších analytických metod sloužících ke sledování stop organických látek ve vzorku.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali všem, kteří nám umožnili se tohoto Fyzikálního týdne zúčastnit, a také lidem, kteří nám pomáhali s miniprojektem – především našemu supervisorovi Ing. Rostislavu Silberovi, CSc.

Reference:

- 1) ŠINGLIAR, M.: Plynová chromatografie v praxi; SVTL
- 2) ZÝKA, J. a kolektiv: Analytická příručka; SNTL/ALFA

Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

T. Doleželová¹, V. Míč²

¹Gymnázium Vyškov, BejuBe@seznam.cz,

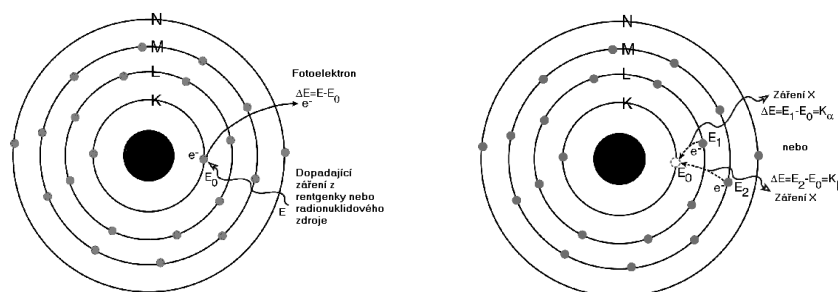
²Gymnázium Brno, Křenová, v.mic@centrum.cz

Abstrakt

Rentgenfluorescenční analýza je analytická nedestruktivní metoda, založená na fotoelektrickém jevu a následném buzení fotonového záření, které je charakteristické pro jednotlivé prvky. Tato metoda má využití v mnoha oborech – od průmyslových aplikací až po zkoumání historických předmětů. V našem miniprojektu jsme provedli měření různých vrstev pigmentů, a zjistili závislost poměru ploch dvou hlavních píků na tloušťce měřené vrstvy.

1 Úvod

Při dopadu fotonu na atom dochází k uvolnění elektronu z vnitřní slupky elektronového obalu. Volné místo je zaplněno elektronem z vnější slupky, a energetický rozdíl je vyzářen ve formě charakteristického záření X. Na následujících obrázcích je znázorněn fotoelektrický jev:



Energie fotonů je funkcí protonového čísla. Tuto závislost vyjadřuje Moseleyův zákon:

$$E = K (Z - b)^2 \quad (1)$$

K, b – konstanty

Z – protonové číslo

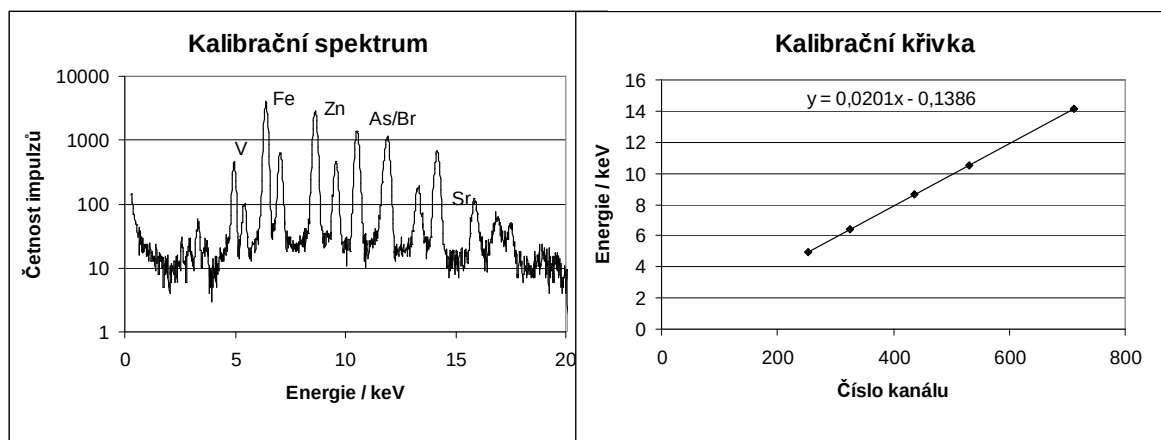
E – Energie charakteristického záření

Na základě spektrometrického měření tohoto záření, jsme schopni určit prvkové složení zkoumaného vzorku.

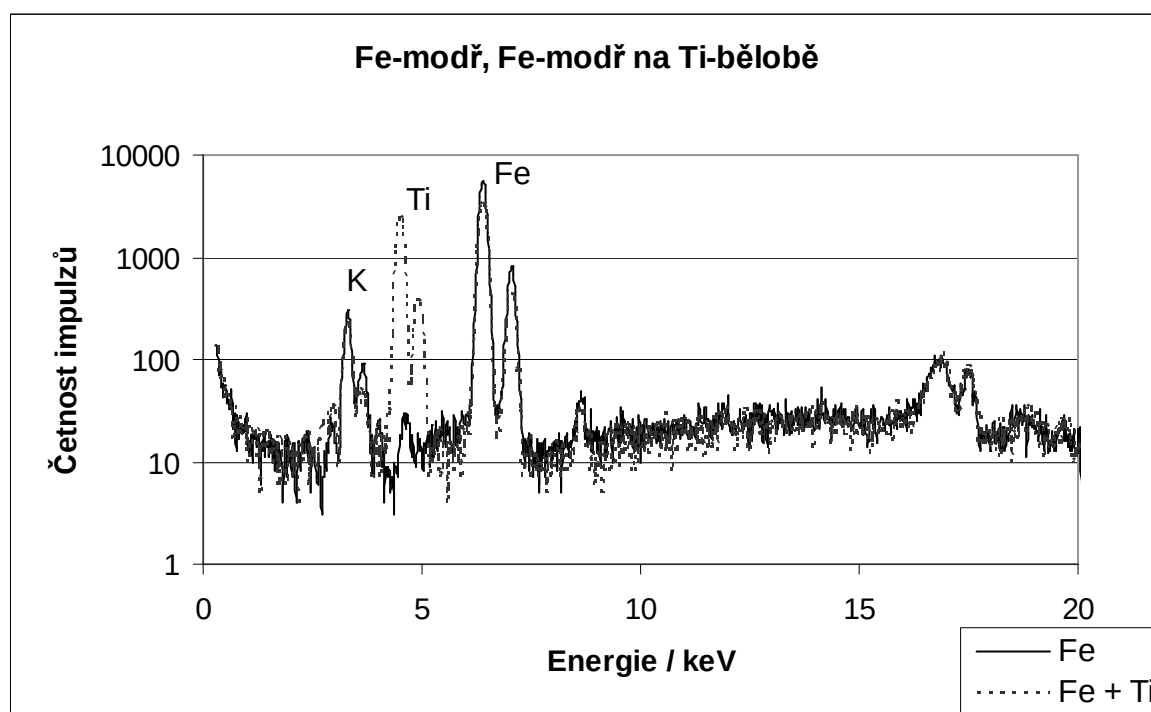
2 Měření a výsledky

Jako primární zdroj fotonového záření byla použita rentgenka (napětí na rentgence bylo 30kV a proud 100μA). Charakteristické záření bylo měřeno polovodičovým Si-PIN detektorem.

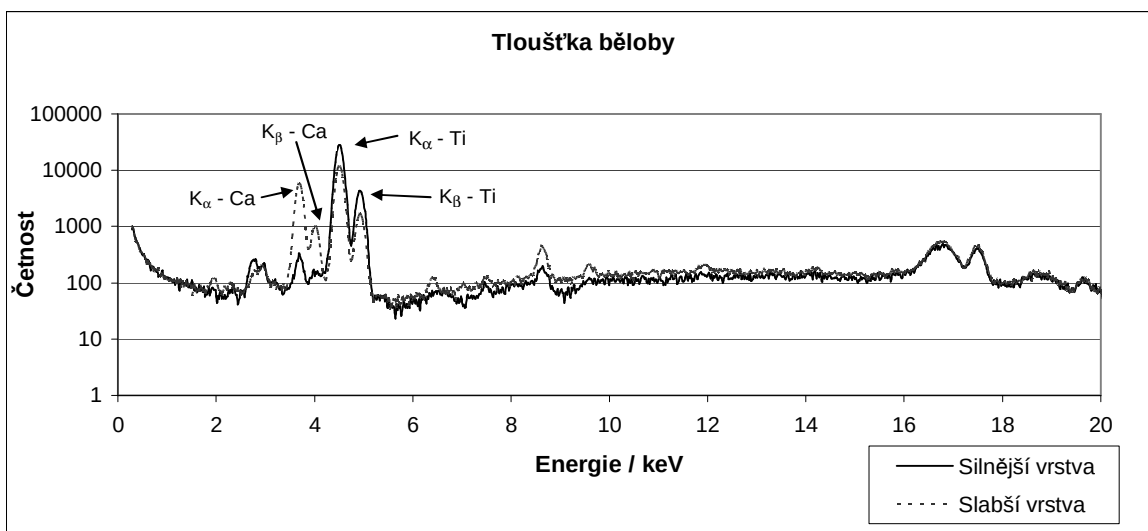
Prvním krokem bylo provedení energetické kalibrace, k čemuž jsme použili kalibrační destičku se známým prvkovým složením. V tabulkách jsme vyhledali energie charakteristického záření těchto prvků a sestavili jsme kalibrační křivku. Získaná kalibrační rovnice vyjadřuje lineární závislost energie na čísle kanálu. Na následujících obrázcích je znázorněno kalibrační spektrum a vynesena kalibrační křivka s kalibrační rovnicí.



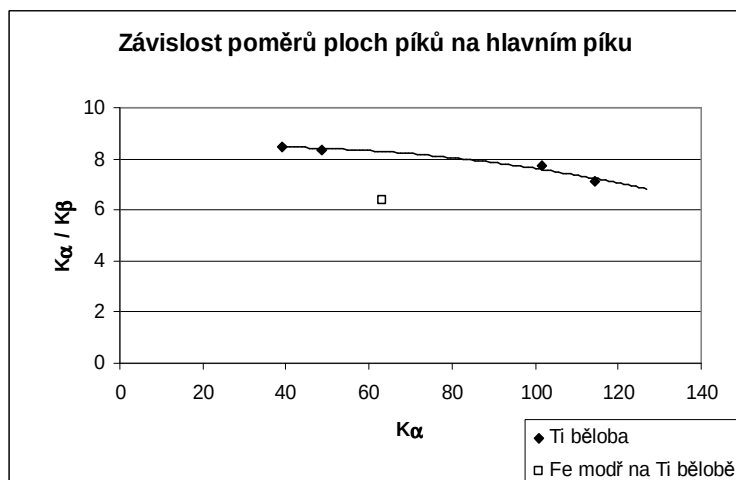
Na základě měření, jsme tedy schopni určit prvkové složení látek. Jako první jsme analyzovali titanovou bělobu a pruskou modř. Následující graf zachycuje spektra pruské modři a modři na vrstvě titanové běloby. Z druhého spektra je zřejmé, že dochází k vybuzení i podkladové vrstvy tvořené bělobou.



Dále jsme provedli měření různých tloušťek titanové běloby. Protože dochází k samoabsorpci záření ve vzorku a fotony s menší energií jsou více zeslabeny než fotony s vyšší energií, je možné na základě poměrů ploch píků K_{α} , K_{β} určit tloušťku měřené vrstvy. Na následujícím obrázku jsou znázorněna spektra dvou různě tlustých vrstev běloby. Ze spekter je dobře patrné, že u tenčí vrstvy dochází k většímu vybuzení vápníku z papíru, na kterém jsou pigmenty nanášeny.



Na posledním grafu je vynesena závislost poměru ploch píků K_{α} a K_{β} na ploše píku K_{α} . (Rostoucí plocha píku K_{α} odpovídá zvětšující se tloušťce pigmentu.) Z grafu je zřejmé, že tato závislost je klesající, tedy že s rostoucí tloušťkou vrstvy, klesá poměr ploch píků. V grafu je také vyneseno měření pruské modři na titanové bělobě. Je patrné, že tento bod neleží na dané křivce, což je způsobeno zeslabením záření v povrchové vrstvě modři.



3 Závěr

Na základě provedených měření jsme si ověřili, že metodou rentgenfluorescenční analýzy lze zjistit prvkové složení látky. Umožňuje také stanovovat různé tloušťky materiálů a rozhodovat, zda-li je prvek přítomen v povrchové vrstvě, nebo ve větší hloubce materiálu. Zkoumání povrchových vrstev a jejich tloušťek je vhodným nástrojem například při studiu maleb.

Poděkování

V první řadě děkujeme našemu supervizorovi Ing. Lence Trnkové. Dále děkujeme FJFI ČVUT a Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. za organizaci Fyzikálního týdne.

Reference

Musílek Ladislav: Využití ionizujícího záření ve výzkumu, Praha, ČVUT 1992
ISBN 80-01-007669

<http://www.amptek.com/xrf.html>

Co se stane, když se na LHC srazí dva protony

V. Novák, Gymnázium Dr. Hrdličky, Humpolec, killream@seznam.cz

J. Lukeš, Gymnázium Českolipská, Praha 9, lukes.jakub@gmail.com

M. Večeřa, Gymnázium Jeseník, Jeseník, mymail.vecera@seznam.cz

Abstrakt:

Práce shrnuje teoretické výsledky, ke kterým může docházet při srážkách dvou částic s vysokou energií v urychlovači částic. Tento urychlovač je stavěn ve vědecko-výzkumném centru CERN nedaleko Ženevy ve Švýcarsku.

1 Úvod

Urychlovač částic má urychlovat dané částice ve dvou prstencových dráhách nad sebou a následně nechat dvě urychlené částice, aby se srazily. Otázkou je, jestli jejich srážka bude podobná například srážce dvou biliardových koulí (tj. vyletí znovu dva protony?). Tato práce shrnuje závěry při pozorování srážek

- proton + proton při 200 GeV
- proton + antiproton při 200 GeV
- proton + proton při 14 TeV

S tím, že $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \rightarrow \text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$, $\text{GeV} = 10^9 \text{ eV}$, $\text{TeV} = 10^{12} \text{ eV}$.

Pro pozorování je třeba si uvědomit, že protony a neutrony nejsou elementární částice, nýbrž se skládají z dalších částic, kvarků a gluonů. Dále existují i jiné částice, například gama záření, gravitony, higgs částice, π mezony, λ částice a také třeba pozitrony. Některých částí existují i více druhů, například π mezonu existují tři druhy a $\pi^0 \pi^+ \pi^-$. Některé částice podléhají samovolnému rozpadu a jiné jsou stabilní.

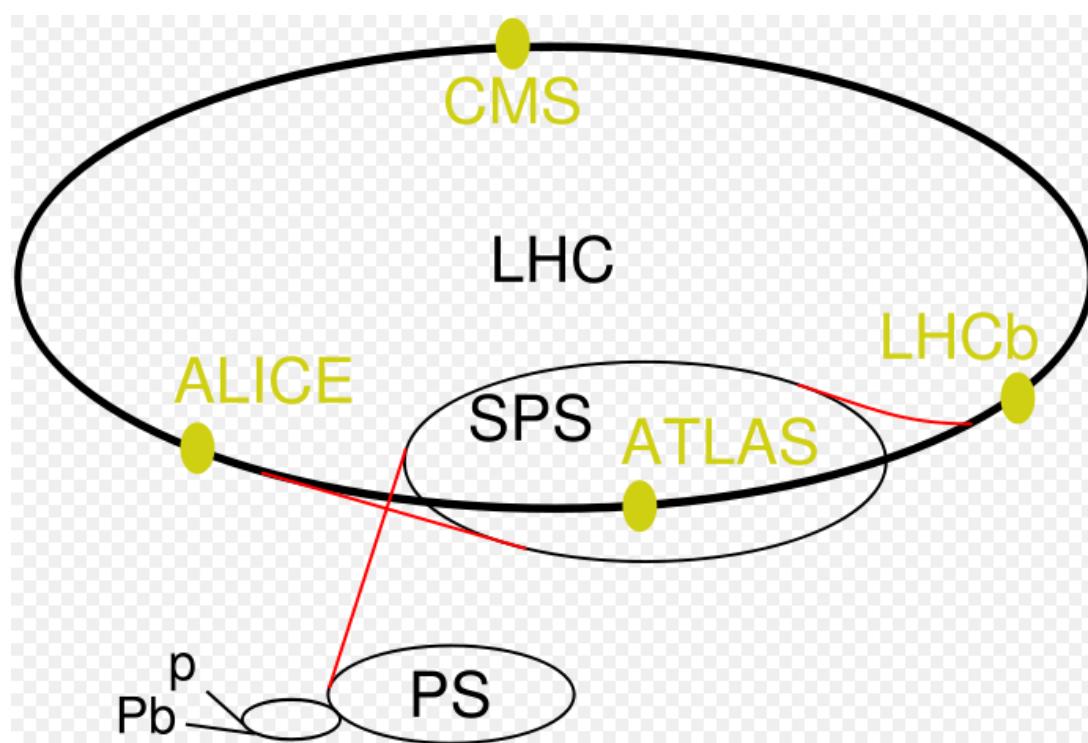
2 Large Hadron Collider

Neboli Urychlovač částic. Toto zařízení se nachází v podzemním komplexu vědecko-výzkumného centra CERN na hranicích Švýcarska a Francie nedaleko švýcarského města Ženeva. Na výrobě a financování LHC se podílí přes 2000 vědců ze 34 zemí. Komplex se nachází 50 – 150 metrů pod zemí a LHC je instalován v kruhovém obvodu 27 km.

Částice budou urychlovány na menších urychlovačích a při dostatečném zrychlení budou vstříknuty do LHC. Při dosažení požadované rychlosti se tyto částice pošlou proti sobě a bude se sledovat, co se při jejich srážce stane. Urychlování se děje na základě změny směru proudu v tunelech, do kterých je částice vpuštěna. Částice je přitahována opačným nábojem a odpuzována nábojem identickým. Díky střídavému elektrickému proudu, lze dosáhnout této změny elektrického pole. V momentě, kdy částice vstupuje do tunelu, tak ji do něj táhne opačný náboj. Po vstupu do tunelu střídavý proud změní elektrické pole tunelu a tak na

začátku je náhle stejný náboj a ten částici odpuzuje a na konci tunelu je náboj opačný a ten tu částici přitahuje. Zakřivování trajektorie částic se děje pomocí magnetického pole a částice během působení tohoto pole nejsou zrychlovány a v našem pokusu zanedbatelně zpomalovány.

V tunelu jsou umístěny čtyři pozorovací stanice, kde se tyto částice budou srážet, a bude se zjišťovat, co se při srážkách děje a jaké nové produkty vznikají. Tyto stanice se nazývají ALICE, ATLAS, LHCb a CMS.



3 Průběh pokusu

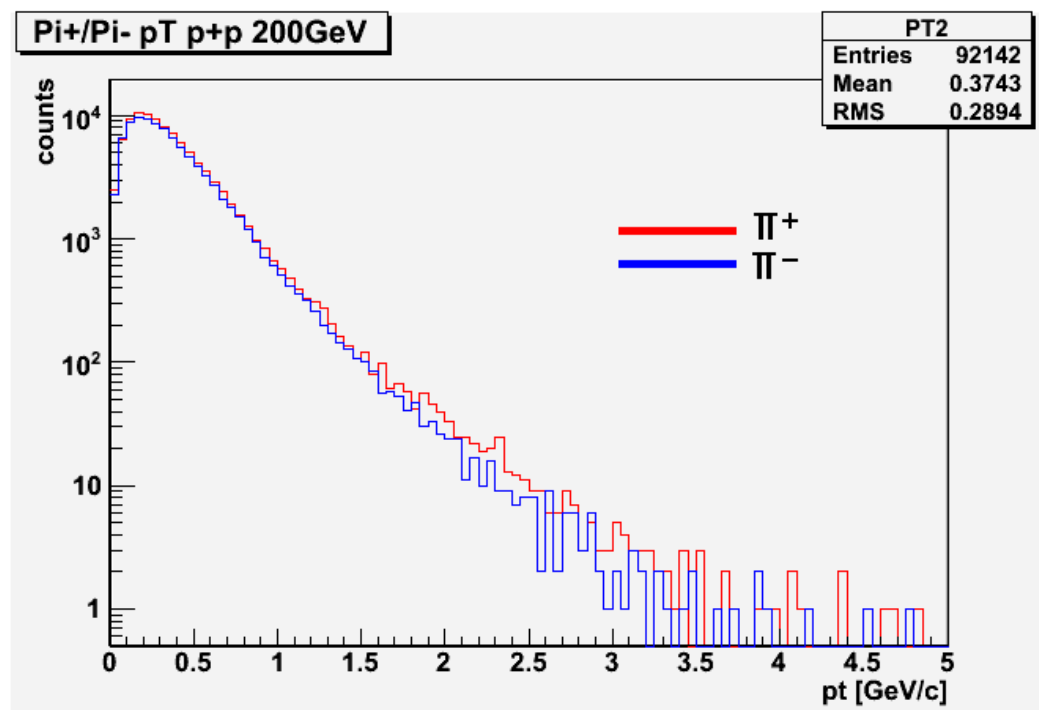
Před započnutím srážení částic, jsme si ukázali, z čeho všeho se skládá hmota. Dále jsme si museli uvědomit, že z energie může vznikat hmota. A na konec jsme si vysvětlili, jak se budou částice urychlovat, a tím tedy získávat energii a jak se bude ovlivňovat jejich trajektorie.

Pro simulaci srážek byl využit program PYTHIA 8.108. Zde jsme zadali potřebné parametry jako typ částice a jejich energii. Program nám vypsal výsledky pokusu při zadaných parametrech. Z těchto údajů jsme zjišťovali další informace, jako například kolik kterých částic vzniklo a které z nich mají největší energii. Následně jsme spočítali, kolik procent energie bylo spotřebováno pro tvorbu pětice nejenergičtějších částic.

Po vyhodnocení některých údajů jsme za použití programu ROOT vytvořili histogramy, každý pro 10 tisíc simulací srážek se stejným parametrem.

Na další stránce následuje výsledek histogramu srážky protonu s protonem při energii 200 GeV a pro srovnání 14 TeV.

Následuje graf srovnávající zastoupení π^+ a π^- pro dané energetické hodnoty ze srážky při energii 200 GeV.



4 Shrnutí

Když se srazí dvě částice, tak se to opravdu nepodobá avizovaným dvou sraženým biliardovým koulím. Protože při srážce dvou biliardových koulí nevznikají nové koule. V našem případě vznikly nové částice. Při našem teoretickém pokusu se nejvíce vyskytovanou částicí stala γ částice, která má pouze energii a žádnou hmotnost. Dále se vyskytovala ve velké míře také π^+ a π^- částice.

Při srážce vzniká velké množství jiných částic, které mají větší či delší dobu trvání, a které se také dále srážejí a produkují další a částice.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Mgr. Jaroslavu Bielčíkovi za podporu, zaškolení a následné osvětlení problematiky. Také ČVUT za organizaci Fyzikálního týdne, za umožnění práce na jejich počítačích a umožnění použití jejich prostor.

Reference:

- [1] Josef Žáček: Úvod do fyziky elementárních částic; Nakladatelství Karolinum 2005; str.11
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Large_Hadron_Collider
- [3] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Particles/quark.html>

Pevnolátkový laser a jeho vlastnosti

Martin Zajíček, SOŠ Strážnice
Vít Mojžíš, Gymnázium Humpolec

zajicek.martin@centrum.cz, vit.mojzis@seznam.cz

Abstrakt:

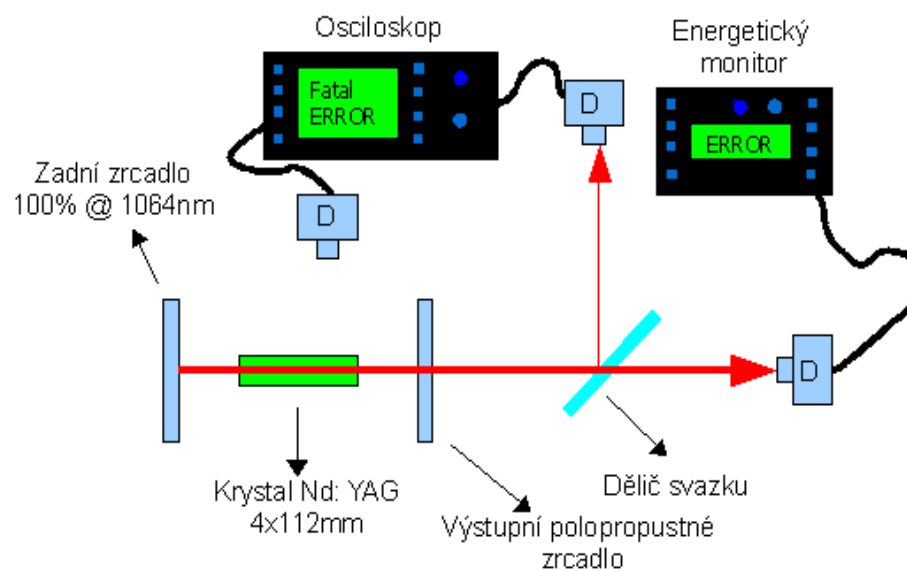
Nastavili jsme optimálně pevnolátkový Nd:YAG laser a proměřili jeho základní výstupní charakteristiky, tj. závislost výstupní energie na vstupní energii a závislost délky generovaného pulsu na energii buzení. Maximální dosažená hodnota výstupní energie byla 744 mJ (při vstupní energii 30,8 J). Odpovídající délka generovaného pulsu byla 156,1 μs.

1 Úvod

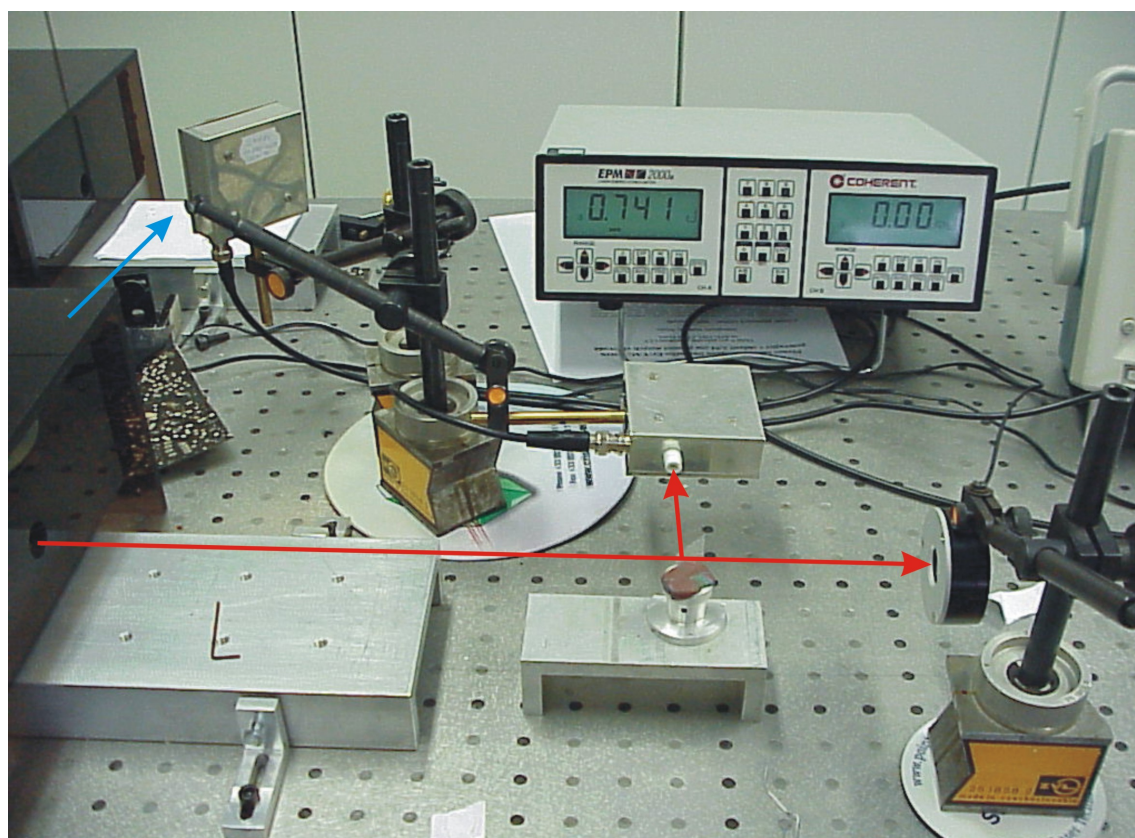
Pevnolátkový laser je jedním z nejpoužívanějších typů laserů. V našem případě se jedná o laser typu Nd:YAG, který generoval záření na vlnové délce 1064 nm (IR oblast). Aktivním materiálem je izotropní krystal yttrium aluminium granátu dopovaný neodymem. Tento typ laseru má velice široké uplatnění v průmyslových aplikacích (vrtání, sváření, řezání, žhánění materiálu), v lékařství se používá kontinuální Nd:YAG skalpel v chirurgii a pulsní Nd:YAG laser v oční mikrochirurgii. Dále se uplatnil v radarové technice, ve spektroskopii a jako zdroj koherentního záření v nelineární optice.

2 Materiály a metody

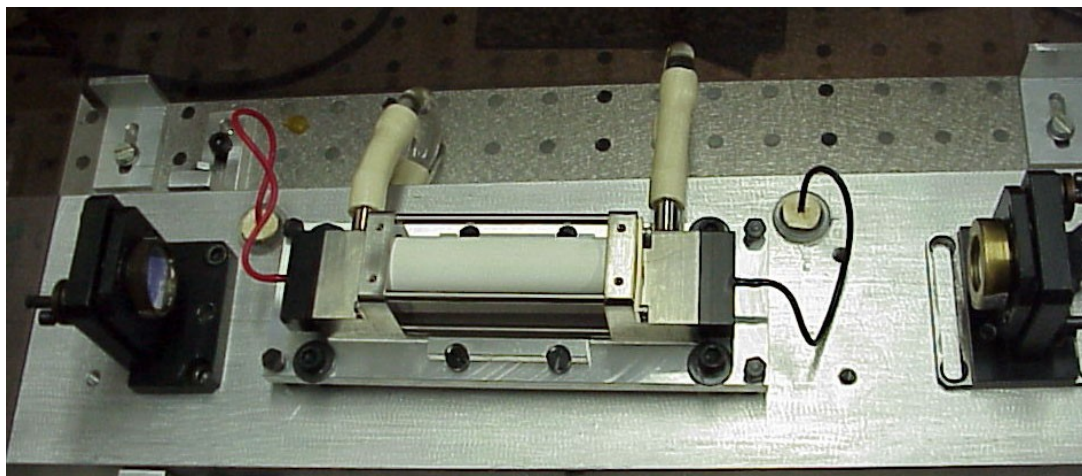
Aktivním prostředím laseru byl krystal Nd:YAG ($\text{Nd}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) o rozměrech $\phi 4 \times 112$ mm umístěný v difúzní LMI dutině. Čerpání krystalu bylo zajištěno xenonovou výbojkou. Kolmo k ose krystalu jsme nastavili dvě zrcadla. Zadní nepropustné a přední polopropustné na generované vlnové délce (viz. Obr. 1). Laser pracoval v pulsním režimu s opakovací frekvencí 1 Hz. Energie laserového záření byla měřena pomocí pyroelektrické sondy *Molelectron J25* a vyhodnocena energetickým monitorem *Molelectron JD2000*. Generovaný laserový pulz a záření výbojky byly detekovány PIN fotodiodami a výstupní signál byl zobrazen na osciloskopu *Tektronix TDS 3052B*.



Obr. 1: Schéma uspořádání experimentu



Obr. 2: Uspořádání experimentu - detekce energie laserového záření a generovaného pulsu



Obr. 3: Laserový oscilátor (Nd:YAG laser)

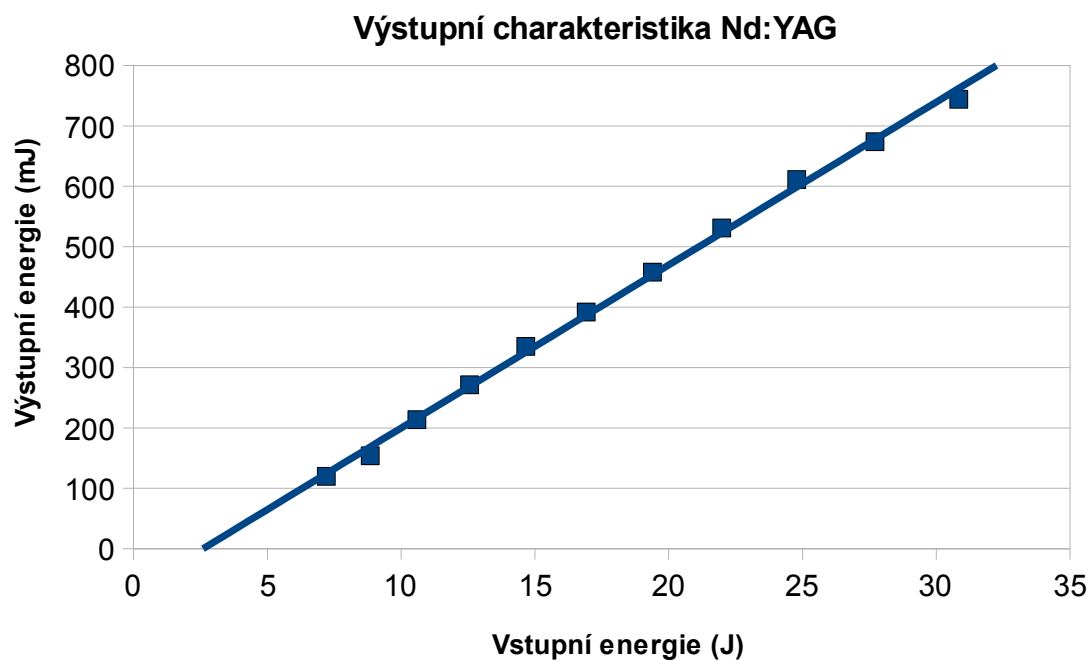
3 Výsledky

Následující tabulka obsahuje *námi* naměřené hodnoty v rámci měření výstupních charakteristik Nd:YAG laseru.. Vstupní energie byla vypočítána ze znalosti hodnot napětí zdroje a udávané kapacity jeho kondenzátorů (60μF) podle vztahu :

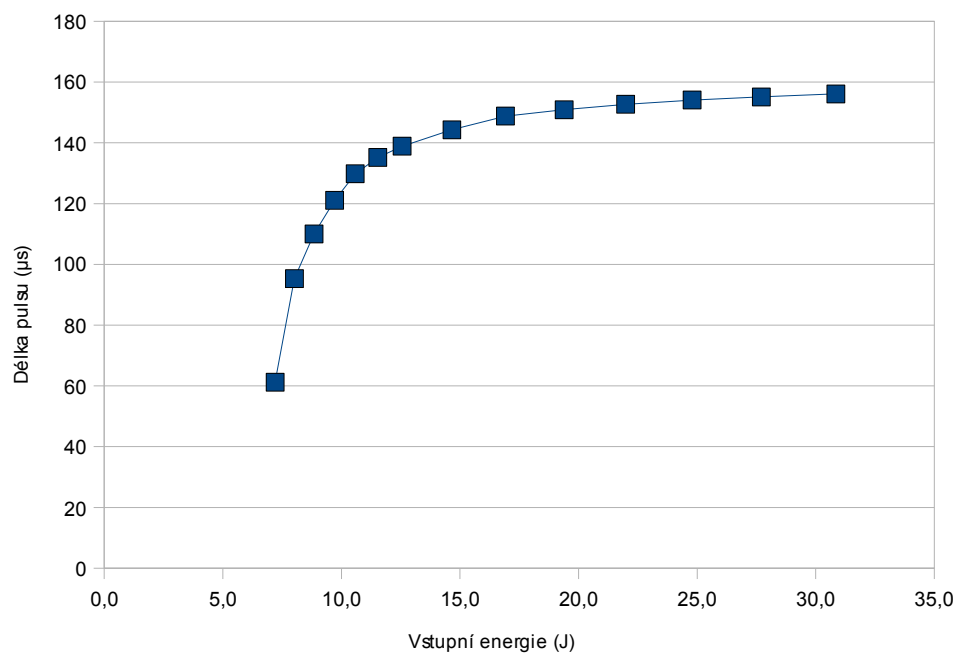
$$E_v = \frac{1}{2}CU^2 \quad (1)$$

Dílky (ovládání zdroje)	U [V]	Vstupní energie [J]	Výstupní energie [mJ]	Délka pulzu [μs]
0	490	7,2	120,0	61,2
40	543	8,8	153,8	110
80	594	10,6	213,9	129,8
120	647	12,6	271,4	138,9
160	699	14,7	335,0	144,3
200	751	16,9	392,0	148,8
240	804	19,4	458,0	150,9
280	856	22,0	531,0	152,7
320	909	24,8	611,0	154,1
360	961	27,7	674,0	155,1
400	1014	30,8	744,0	156,1

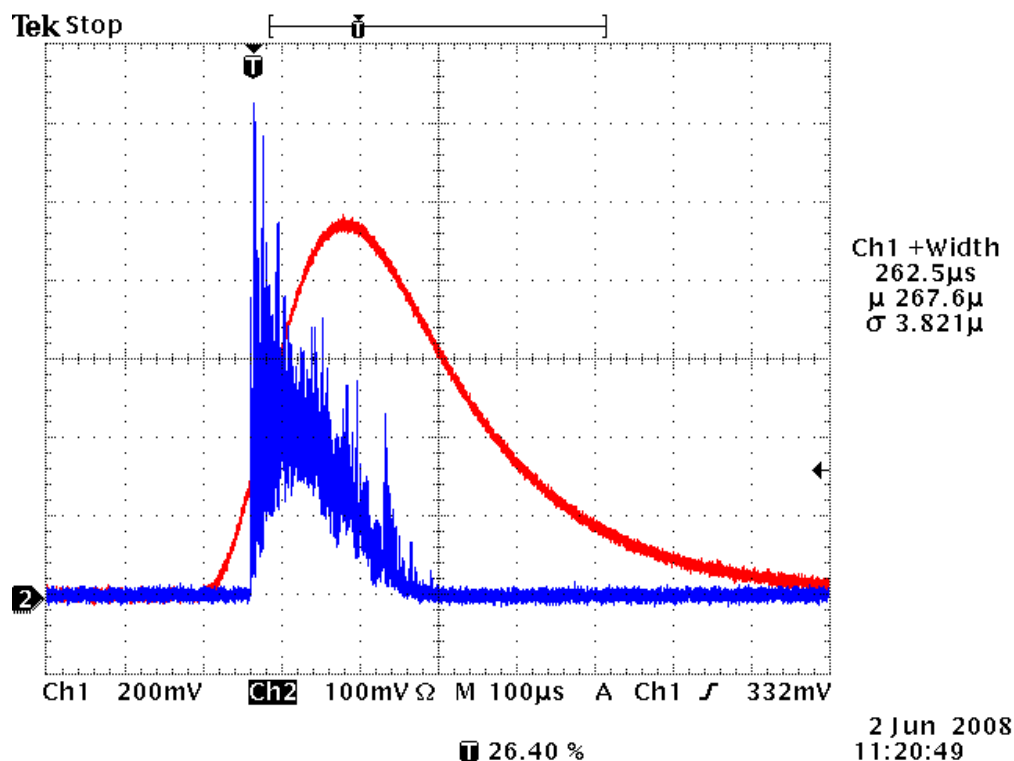
Následující graf zobrazuje závislost *výstupní energie* na *vstupní energii*.



Následující graf zobrazuje závislost *délky pulsu* na budícím napětí.



Následující oscilogram zobrazuje příklad časového průběhu generovaného pulsu ve srovnání s budícím pulsem výbojky.



4 Závěr

Z naměřených výstupních charakteristik Nd:YAG laseru můžeme vidět že, laserové oscilace nastávají až od určité hodnoty vstupní (prahové) energie a že délka laserového pulsu závisí na vstupní energii (případně energii pulsu).

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat ČVUT za zázemí při zpracovávání projektů a našemu supervisorovi Ing. Martinu Fibrichovi.

Reference:

- [1] Vrbová M., Jelínková H., Gavrilov P.: Úvod do laserové techniky , ČVUT, 1998
- [2] Vrbová M. a spol.: Lasery a moderní optika, Prometheus, 1994

Holografie - záznam obrazového hologramu

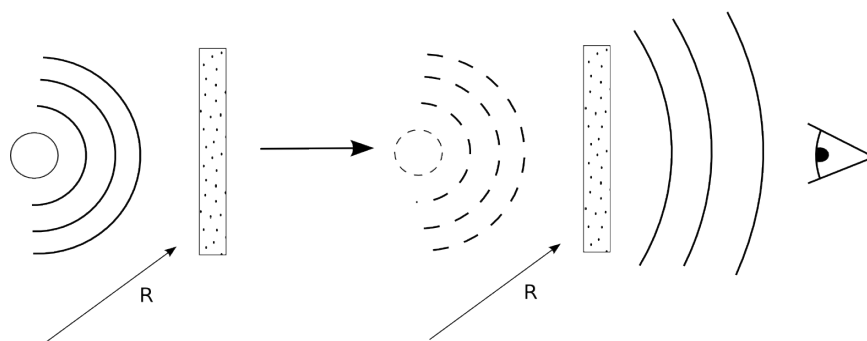
P. Bohuslav*, T. Dao**, M. Pokorný***
Gymnázium Třebíč*, SOŠ Strážnice**, Gymnázium Děčín***
mp@decin.cz

Abstrakt:

Výroba transmisního holografického masteru na záznamový materiál AGFA 8E75. V práci je popsán postup sestavení optického schématu a chemické zpracování exponovaného fotocitlivého materiálu. Jsou diskutovány vlastnosti výsledného hologramu.

Úvod

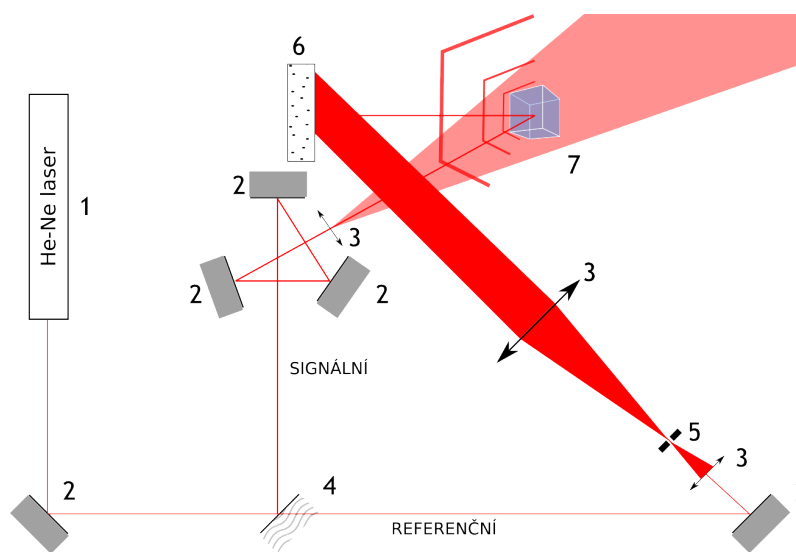
Holografie je způsob zaznamenávání 3D objektů založený na záznamu fáze vlny pomocí interference signálového a referenčního paprsku. Cílem našeho experimentu bylo pochopení základního principu vzniku hologramů, nahlédnutí do problematiky holografie a vytvoření vlastního transmisního hologramu modelu auta.



Obr. 1: Základní princip holografie.

Při interferenci signálového a referenčního paprsku se na hologram „zapíše“ informace o „hloubce“ předmětu v prostoru – fázi vlny. Při opětovném osvětlení vyvolaného hologramu referenční vlnou vzniká přesná kopie původní signálové vlny. Pozorovatel proto vidí virtuální obraz předmětu v původním místě.

Realizace



Obr. 2: Schéma výroby hologramu

Pro náš účel jsme sestavili optickou aparaturu (Obr. 2) z He-Ne laseru (1), soustavy zrcadel (2), čoček (3), děliče svazku (4), prostorového filtru (5) a stínítek.

Jako záznamový materiál (6) byla použita halogenstříbrná emulze (AgBr) nanesená na skleněné desce formátu 9 x 13 cm. Pomocí děliče svazku jsme rozdělili paprsek z laseru do dvou větví – signální a referenční. Protože k interferenci dochází pouze mezi dvěma vzájemně koherentními paprsky, bylo nutné zajistit stejnou délku obou větví. Toho jsme dosáhli vhodným rozmístěním soustavy zrcadel tak, aby oba paprsky urazily stejnou vzdálenost od děliče k záznamové desce, přičemž signální paprsek osvětloval model auta (7) a referenční paprsek pouze záznamovou desku, což jsme vyřešili vhodným odstíněním.

Prostorovým filtrem jsme z referenčního signálu odstranili nežádoucí nečistoty a spojnou čočkou s ohniskem v místě filtru jsme získali kolimovaný paprsek.

Pro správný kontrast interferenčních proužků bylo třeba nastavit dělič svazku tak, aby poměr světelných výkonů referenčního a signální paprsku byl 10 : 1.

Délka expozice 10,6 s vyplynula z expoziční energie záznamového materiálu ($150 \mu\text{J}/\text{cm}^2$) a naměřeného celkového světelného výkonu na desce ($14,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$). Vzhledem k vysoké hustotě interferenčních proužků (cca 1000/mm) je žádoucí vyhnout se při expozici i minimálním vibracím v místnosti. Proto jsme před samotnou expozicí nechali laboratoř asi 10 minut relaxovat. Po expozici jsme desku vyvolali a vzniklé stříbro jsme v běličce převedli zpět na AgBr. Tím jsme získali „průhledný“ hohlogram, kde je informace o objektu uložena v různých indexech lomu exponovaných a neexponovaných míst záznamového materiálu.

Shrnutí

Hologram získaný výše zmíněným postupem lze rekonstruovat nasvícením pomocí světla o vlnové délce blízké vlnové délce He-Ne laseru. Bílým světlem tento hologram nelze rekonstruovat. Při rekonstrukci referenční vlnou získáme obraz imaginární, dobře pozorovatelný okem. Osvítíme-li hologram vlnou konjugovanou (vlnou opačnou než vlna referenční) získáme obraz reálný pseudoskopický.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat pořadatelům Fyzikálního týdne, kolektivu Katedry fyzikální elektroniky a především našemu supervizorovi Ing. Jakubu Svobodovi za pomoc při realizaci miniprojektu.

Reference:

- [1] SAXBY, GRAHAM *Practical Holography* Prentice Hall International, 1994, ISBN 0-13-097106-5

Jak poznávat mikrosvět pomocí optické difrakce

Wranová Markéta (Gymnázium Šternberk)

Kraváčková Lenka (Gymnázium Vyškov)

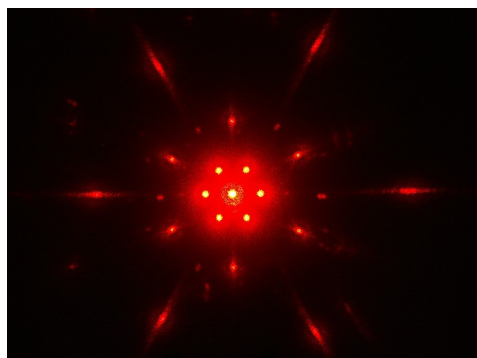
Co je světlo?

Elektromagnetické záření o vlnové délce viditelné okem (400 - 700nm), obecněji elektromagnetické vlnění v rozmezí od infračerveného po ultrafialové. Světlo má duální povahu, chová se jako částice i jako vlna. Vlna je charakterizovaná svou amplitudou, frekvencí a rychlostí šíření. Frekvence souvisí s barvou, amplituda souvisí s intenzitou a rychlost šíření světla ve vakuu je 300 000 km/s. Rychlost se může měnit v závislosti na prostředí a díky tomu dochází k různým efektům: lomu, odrazu a difrakci.

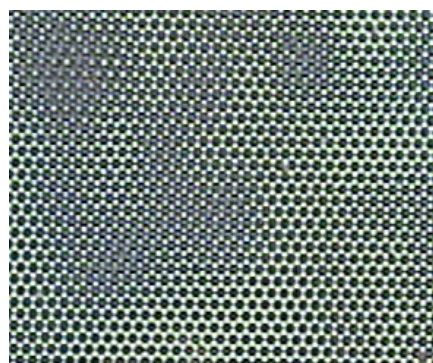
Co je difrakce?

Difrakce neboli ohyb vlnění je jev, při kterém se vlnění dostává i do oblasti geometrického stínu (za překážkou se paprsky světla 'ohýbají').

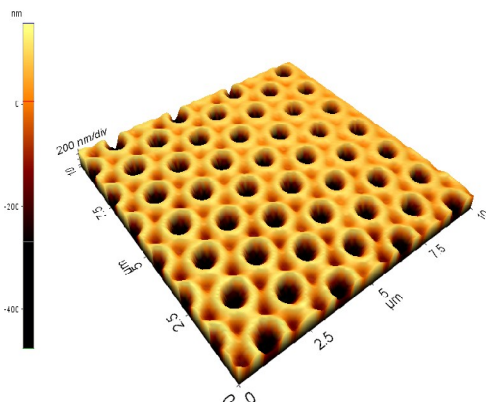
Difrakce je pozorovatelná na překážkách srovnatelných s vlnovou délkou světla. Projevem difrakce jsou difrakční obrazce, které lze zachytit na stínítku. Jejich charakter souvisí s tvarem a velikostí překážky. Ukázali jsme si difrakci laserového záření nejen na jednoduchých objektech: například štěrbině, drátě nebo otvoru, ale i na periodických *mřížkách* a složitějších strukturách: *holografické mřížky*, *motýlí křídla*. Naučili jsme se poznávat vlastnosti těchto mikrostruktur na základě jejich difrakčních obrazců. Naše poznání jsme pak ověřili pomocí optického mikroskopu a mikroskopu AFM.



Difrakční obrazec hexagonální struktury



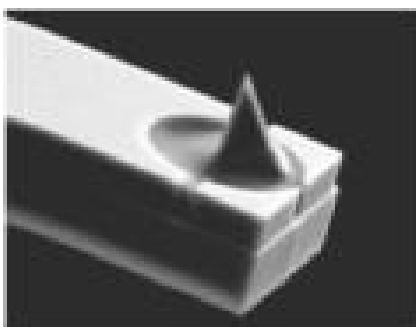
Snímek hexagonální struktury z optického mikroskopu



Snímek hexagonální difrakční struktury z AFM mikroskopu

Mikroskop AFM

Mikroskopie atomárních sil (AFM z anglického atomic force microscopy) je mikroskopická technika, která se používá k trojrozměrnému zobrazování povrchů. Metoda dosahuje velmi vysokého rozlišení – může zobrazovat i atomy. Techniku AFM lze použít nejen k zobrazování, ale také k tvorbě struktur či zpracování povrchů v nanometrové oblasti. Základem AFM je velmi ostrý hrot, který je upevněn na ohebném nosníku. Hrot je mírně vtlačován do vzorku a následkem působících sil je nosník ohnutý. Během měření se hrot pohybuje po povrchu vzorku v pravidelném rastru (skenuje) tak, že výška druhého konce nosníku je konstantní. Je-li povrch vzorku nerovný, má nosník v různých místech vzorku různou velikost ohnutí a sledováním závislosti ohnutí na poloze na vzorku můžeme sestavit zvětšený obraz vzorku. Mikroskop využívá dvou režimů - kontaktní a bezkontaktní. V případě kontaktního režimu se hrot dotýká vzorku, my jsme využívali bezkontaktní režim, kdy není mezi hrotem a vzorkem přímý mechanický kontakt.

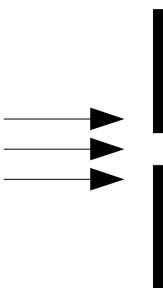


Detail hrotu z AFM mikroskopu

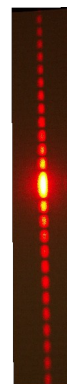
Vlastní pokusy a měření

Naše první pokusy probíhaly v laboratoři difrakční optiky, kde jsme se seznamovali se základy optiky a difrakčních jevů. Pracovali jsme s jednoduchou aparaturou složenou z laseru, zrcátek a různých difrakčních objektů. Začínali jsme se štěrbinou, mřížkou, otvorem, kombinací mřížky s kruhovým otvorem, atd. Po úvodu do difrakce pomocí jednoduchých objektů jsme sestavili složitější aparaturu, na které jsme mohli pozorovat periodické a neperiodické struktury.

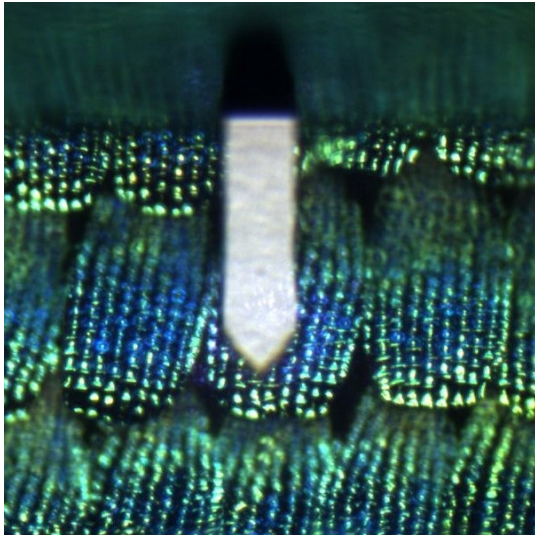
laserové záření



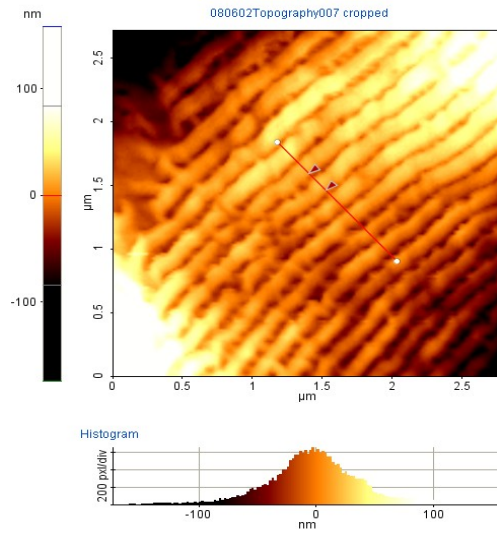
štěrbina a její difrakční obrazec



Z laboratoře jsme se přemístili k mikroskopům se čtyřmi preparáty motýlích křídel, která jsme si připravili na laboratorní sklíčka a která jsou jedním z příkladů difrakčních struktur, se kterými se lze setkat v přírodě. Tyto struktury jsme nejdříve pozorovali pod bílým světlem. Při pozorování pouhým okem se struktury jeví jako modré nebo zelené odlesky, které jsou závislé na úhlu pozorování. V tomto případě se nejedná o klasický pigment nebo barvivo, ale o mikrostrukturu, na které bílé světlo difraktuje. Díky periodicitě struktury dochází k selekci vlnových délek a difraktuje pouze zelené nebo modré světlo.



Snímek motýlího křídla spolu s hrotem z AFM mikroskopu



Detail barevné šupinky z motýlího křídla (perioda struktury je cca 180 nm)

Závěr

Pozorovali jsme optickou difrakci na různých difraktivních strukturách, které jsme pomocí optického mikroskopu prozkoumali a změřili na AFM. Světlo a efekty difrakce nám umožnily snadnější nahlédnutí do mikrosvěta.

Poděkování

Rády bychom poděkovaly Ing. Milanu Květoňovi, Ing. Davidu Najdkovi, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a Motýlímu domu za krásné exempláře motýlů. Dále pak také organizátorům Fyzikálního týdne 2008.

Reference

- [1] <http://optika.kuratkoo.net/difrakce.htm>
- [2] M.Vrbová a kol., Lasery a moderní optika, Prometheus Praha (1994)
- [3] cquark.fjfi.cvut.cz/~petracek/lectures/expf/prednaska4.ppt (obrázek)



Motýl rodu Papilio (Otakárek)

Měření toku kosmického záření

¹T. Eckschlager, ²V. Pavlík, ³R. Podškubka

¹GEKOM Praha 4, ²Gymnasium Kladno, ³GJAK Uh. Brod

¹eckit@seznam.cz, ²theodoor@seznam.cz,

³podskubkar@seznam.cz

Abstrakt:

Na povrch Země dopadá neustále kosmické záření. Významnou složkou tohoto záření jsou miony. Cílem projektu byla detekce těchto částic. K měření byl využit scintilační detektor. Zjistili jsme anisotropii mionového toku. Měření jsme vykonávali pro tři různé konfigurace detektoru.

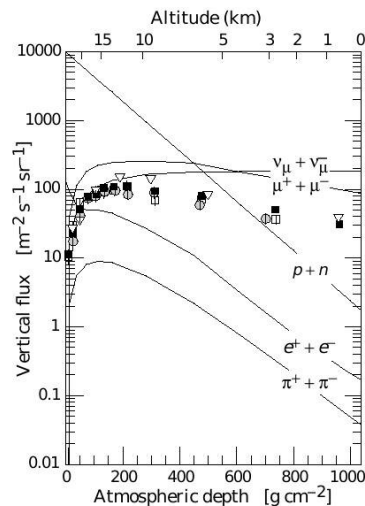
1 Úvod

Kosmické záření

Země je neustále bombardována částicemi z vesmíru. Jedná se o částice s vysokými energiemi v řádech GeV. Takovým částicím se říká primární částice. Kosmické záření se skládá především z protonů (90%). V naší práci se zaměříme na sekundární záření v podobě mionů. Sekundární záření vzniká interakcí primární částice s částicemi ve vyšších vrstvách atmosféry. Postupnými interakcemi vzniká sprška sekundárního záření. Do našich nadmořských výšek dorazí převážně miony a těžko detekovatelná neutrina.

Graf č. 1: tok částic v závislosti na nadmořské výšce.

Z grafu je patrné, že počet částic kromě mionů a neutronů se výrazně snižuje s klesající nadmořskou výškou. [1]



Historie

První zmínky o existenci kosmického záření se datují na počátek 20. století. Impulsem pro studium tehdy ještě záhadného záření bylo samovolné vybíjení elektroskopů. Bylo provedeno velké množství pokusů a experimentů.

Za průkopníka ve studiu kosmického záření je považován jezuitský kněz Theodor Wulf. Největší přínos však měly experimenty rakouského fyzika Victora Hesse, který prováděl měření intenzity vybíjení elektroskopů v závislosti na nadmořské výšce. Výsledky byly ohromující. Hess zjistil, že s větší nadmořskou výškou intenzita vybíjení elektroskopů roste. Zdroj záření musel být mimozemský. Do té doby byli všichni přesvědčeni, že záření, které vybíjí elektroskopy, má původ v rozpadech radioaktivních prvků v zemské kůře.

Ke studiu kosmického záření také výrazně přispěl vynález Geigerova-Müllerova čítače, který už mohl zaznamenat každou částici zvlášť.

Geigerův-Müllerův čítač využil italský fyzik Bruno Rossi. Umístil tři detektory do trojúhelníku a nad ně vložil olovenou clonu. Měření ukázalo, že v prostředí olova se vytváří spršky částic, které následně zaznamenávaly čítače. Pierre Auger později zjistil, že podobné částicové spršky vznikají i při interakcích částic s atmosférou.

Miony

Mion je jedna z elementárních částic, patří do skupiny leptonů. Klidová hmotnost mionu je $105,7 \text{ MeV}/c^2$ (207 hmotností elektronu). Mion se značí řeckým písmenem μ a vzniká rozpadem pionu (ten se značí π). Mion patří mezi nestabilní částice. Můžeme detekovat jak mion μ^- tak i jeho antičástici μ^+ . Klidová doba života mionu je $2,2 \times 10^{-6} \text{ s}$. Podle výpočtů newtonovské fyziky by za tento čas nemohl dorazit z vyšších vrstev atmosféry až k zemskému povrchu. Jelikož se pohybuje rychlostí blízkou rychlosti světla, uplatňují se zde efekty speciální teorie relativity.

2 Detekce mionů

Existuje více způsobů jak miony detekovat. Jedním z nich je i detekce pomocí scintilačního detektoru.

Scintilační detektor funguje na principu ionizace. Částice proletí skrz scintilační látku, která bývá tvořena nejčastěji plastickým materiálem se stopami jiné látky tzv. aktivátoru. Částice aktivátoru jsou ionizovány přichozím mionem. Při přechodu těchto částic do původního stavu dojde k vyzaření UV fotonu, který je fluorescenční přísadou ve scintilační látce konvertován do oblasti viditelného světla (konkrétně modrého světla).

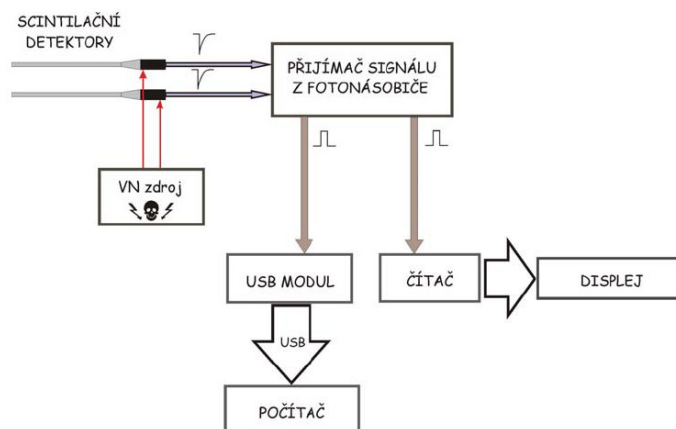
Scintilační látka je obvykle obalena hliníkovou fólií, která slouží jako reflexní vrstva, a na povrchu je vrstva nepropustná pro světlo.

Fotony, které vznikly ve scintilační látce postupují do fotonásobiče, kde dojde na základě fotoelektrického jevu k uvolnění elektronu. Při průchodu fotonásobičem je fotoelektron urychlován elektrickým polem přítomným uvnitř fotonásobiče. Fotoelektron přechází mezi dinodami a současně z nich vyráží další elektrony, které se dostanou až na anodu, kde jsou zaznamenány jako zesílený signál, který nám zanechal foton.

Přijímač signálu zpracuje signál z fotonásobičů. Pokud zaznamenáme současně signál z obou scintilačních desek (mezi kterými je umístěn kov k odstínění slabého záření radioaktivního pozadí), je signál vyhodnocen jako mion. Informace o takové časové koincidenci je zaslána do USB modulu a zároveň do čítače.

3 Scintilační detektor

Detektor, který jsme použili se skládá ze dvou „pádel“ scintilačního materiálu – BC408 od firmy Bicron. Plocha scintilačních „pádel“ je v koincidenci $0,14 \text{ m}^2$. Dále fotonásobiče značky Philips PM 2232/B, podpůrná elektronika fotonásobičů, dva nezávislé stabilní vysokonapěťové zdroje, přijímač signálu z fotonásobiče, čítač a počítač připojený přes USB modul.



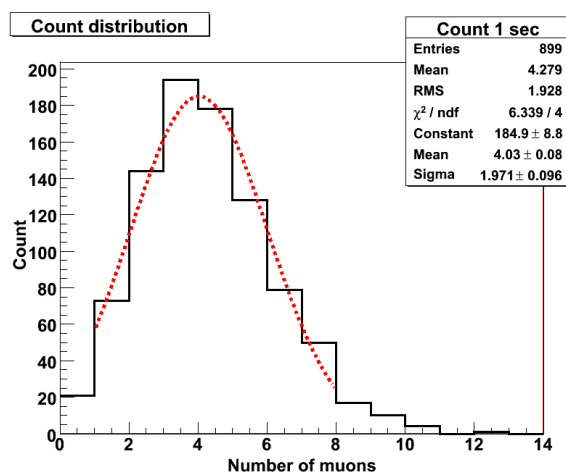
Obrázek č. 1: blokové schéma mionového detektoru.

4 Výsledky měření

Naším úkolem bylo změřit tok mionů. Je nutné poznamenat, že měření probíhalo v prvním patře budovy. Nad detektorem se tedy nacházelo asi 130 cm zdiva. Proto se značná část mionů rozpadla již před dosažením detektoru. Dále nebylo možné detekovat miony přicházející ze všech úhlů. Na výsledku měření se také podepsalo stárnutí scintilační látky a fotonásobičů.

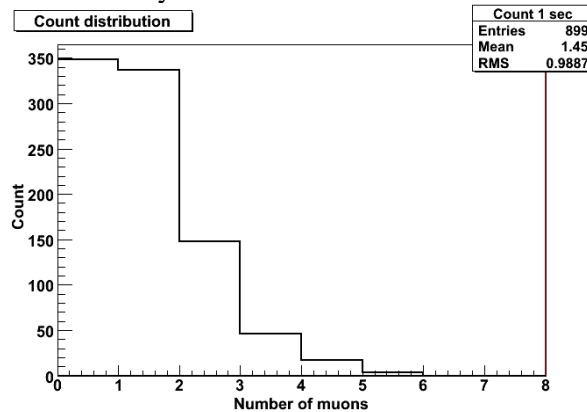
Z více možných konfigurací scintilátorů jsme si vybrali tři.

V první části jsme oba detektory umístili do horizontální polohy přímo nad sebe. Tento způsob umožnil detekovat miony přicházející z největšího možného prostoru. Podle očekávání tento experiment zaznamenal největší počet koincidencí.



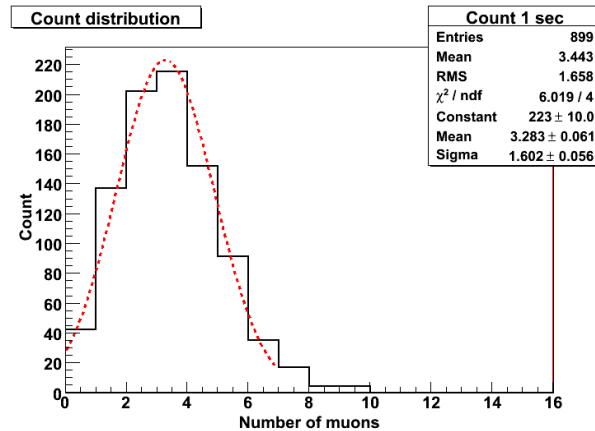
Obrázek č. 2: Histogram znázorňující rozložení toku mionů při umístění scintilačních desek do horizontální polohy v intervalech 1 sekunda. Měření probíhalo 15 minut. Histogram je proložen Gaussovou křivkou.

Druhá část pokusu probíhala na deskách umístěných v horizontální poloze nad sebou, vzdálenost desek činila 39cm. Tím jsme zredukovali směry, ze kterých jsme mohli miony detekovat na cca $\pm 15^\circ$ od vertikály.



Obrázek č 3: Rozložení toku mionů se oproti předchozímu měření výrazně změnilo z důvodu zúžení akceptovatelného směru detekovaných mionů.

V poslední, třetí, konfiguraci jsme umístili scintilační desky do vertikální polohy vedle sebe. Tím jsme také omezili směry příchozích mionů.



Obrázek č. 4: Rozložení toku mionů při umístění scintilačních desek do vertikální polohy v intervalech 1 sekunda. Měření probíhalo 15 minut. Z hodnot je patrné snížení toku oproti Obrázku č. 2. Histogram je proložen Gaussovou křivkou.

5 Shrnutí

Během celého experimentu jsme naměřili asi polovinu teoretické hodnoty toku mionů. Naměřili jsme střední hodnotu asi 4,3 mionů/s, při čemž hodnota za ideálních podmínek je asi 10 mionů/s. Snížené hodnoty byly pravděpodobně způsobeny přítomností silné vrstvy zdiva nad detektorem a stárnutím scintilačního materiálu. Naměřené hodnoty byly proloženy Gaussovým rozdělením namísto Poissonovým, z důvodů nízkého počtu detekovaných mionů.

Hlavním přínosem celé práce byla zkušenost s reálným experimentem.

Poděkování

Největší poděkování patří konzultantům Michalu Marčišovskému, Davidu Břeňovi a Miroslavu Havránkovi. Dále také kolektivu pracovníků FJFI ČVUT.

Reference:

- [1] The Review of Particle Physics: <http://pdg.ihep.su/>
- [2] HAVRÁNEK, M. *Konstrukce mionového detektoru, bakalářská práce FEL ČVUT 2007*
- [3] Wikipedie: <http://en.wikipedia.org/wiki/Muon>

**Matematické
modelování**

**Fyzikální
vlastnosti
materiálů**

**Fyzika
v medicíně**

**Elementární
částice**

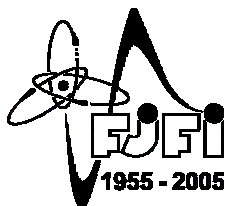
**Laserová
fyzika**

**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 nejrůznější partie informatiky (nový obor inženýrská informatika) a prudkým zvyšováním množství aplikací do zdánlivě vzdálených oblastí (medicína, ekologie, ekonomie, architektura, apod.).

Díky své struktuře, velikosti i personálnímu obsazení dokázala FJFI v průběhu let pružně reagovat na rozvoj vědy, technologií i měnící se požadavky praxe zřizováním nových studijních oborů a zaměření.

Fakulta se postupně stala významným pedagogickým a vědeckým pracovištěm s velmi širokým rozsahem aktivit v oblasti inženýrských aplikací přírodních věd. Je proto jen přirozené, že se při volbě názvu studijního programu, který je na fakultě akreditován, dospělo k názvu Aplikace přírodních věd. Na druhé straně název fakulty zůstává beze změny, přestože již plně nevystihuje zmíněnou širokou paletu různých zaměření. Hlavním důvodem je oprávněná hrdost na trvalou vysokou kvalitu absolventů fakulty, na dobrý zvuk konstatování, že někdo je „jaderňák“. Tradiční název fakulty tak představuje něco jako ochrannou známku.

Fakulta poskytuje vysokoškolské vzdělání formou řádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium - titul bakalář, navazující magisterské studium - titul inženýr). Standardní délka studia je 3 roky v bakalářském programu a 3 roky v navazujícím magisterském programu. Při splnění určitých podmínek je možno absolvovat bakalářský + navazující magisterský program během pěti let. Navazující magisterský program mohou studovat i bakaláři z jiných škol. Kreditní systém umožňuje absolvovat studijní programy i za delší dobu než standardní délka. Hlavními formami studia jsou přednášky, cvičení (seminární, laboratorní), odborné praxe a konzultace. Studium končí státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové (závěrečné) práce. Tato práce má tvůrčí

charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe.

Fakulta dále organizuje doktorské studium (tříleté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků.

Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecko-výzkumná práce. Mezi vědeckou a pedagogickou prací je úzká vazba: přímé zapojení studentů do řešení vědeckých-výzkumných programů a příprava na moderní kolektivní formy vědecké práce dává výuce unikátní rozměr.

Výzkum (a výuka) na fakultě v současné době tématicky pokrývá aplikované jaderné inženýrství (reaktorová fyzika a technika; dozimetrie, radiační fyzika, ochrana a bezpečnost; jaderná chemie), moderní technologické aplikace fyziky (kvantová elektronika a laserové techniky, pevnolátkový a materiálový výzkum) a rychle se rozvíjející oblast matematiky a softwarového inženýrství. Pro fakultu jsou typické interdisciplinární aplikace v ekologii, medicíně, ekonomii, archeologii a v mnoha dalších oborech.

Řešení výzkumných projektů probíhá ve spolupráci s předními domácími i zahraničními pracovišti. Fakulta spolupracuje s více než padesáti zahraničními univerzitami (např. Université de Montréal, Université de Paris, aj.) a vědeckými institucemi z více než dvaceti zemí celého světa a mezinárodními organizacemi typu CERN, ÚJV Dubna apod. Na mnoha těchto aktivitách se podílejí i studenti, a to jak v rámci různých studijních pobytů, tak i při řešení vědeckých projektů.

FJFI disponuje několika unikátními výzkumnými zařízeními – např. školním jaderným reaktorem VR-1, řádkovacími elektronovými mikroskopy, vysokovýkonnými laserovými systémy, speciálními počítačovými laboratořemi, laserovou družicovou zaměřovací základnou v Helwanu (Egypt), apod.

Již řadu let na fakultě působí Studentská unie při FJFI ČVUT. Jedná se o neziskovou organizaci, jejímž cílem je rozvoj studentských aktivit na FJFI. Snaží se především starat o kolegy studenty – organizuje celoškolní anketu týkající se kvality jednotlivých vyučovaných předmětů, spolupracuje na propagaci fakulty a aktivně se podílí na komunikaci studentů s pedagogy. Pro studenty prvního ročníku vydává “Jaderňáckého průvodce po fakultě a okolí”, jenž jim pomáhá v orientaci v novém prostředí. Každoročně také pořádá letní studentskou konferenci TCN. Do vysokoškolského studia se však především snaží vnést i trochu neformálnosti a zábavy. Jmenujme například neoficiální vítací akci pro začínající studenty s názvem “Bažantrikulace” či “Všejadernou fúzi” - sešlost všech bývalých, současných i budoucích “jaderňáků” (ples, jehož součástí je však také amatérské divadelní představení v podání studentů fakulty či soutěž pro všechny účastníky). FJFI vnímá aktivity Studentské unie jako významnou součást své činnosti a snaží se je podporovat.