

Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2007

Fyzikální týden

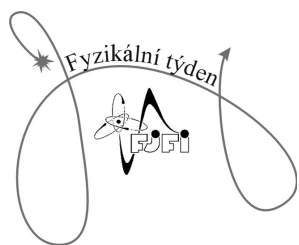
Sborník příspěvků

17.-21.červen 2007



”Chci vyučovat inženýrskému umění k ochraně vlasti a k obecnému dobrému..”

Christian Josef Willenberg (300 let ČVUT)

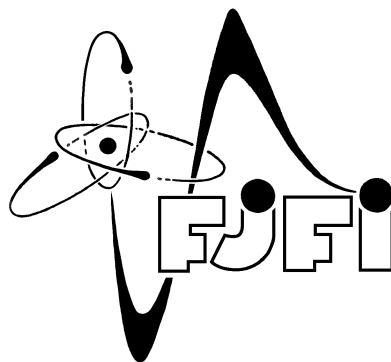


Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2007

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



Slovo úvodem (tradičně velmi podobné)

Už devátým 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 140¹ studentů ze 76 gymnázií, kteří si vyslechli jednu z 8 zajímavých přednášek, zkusili své síly v 46 miniprojektech, měli možnost navštívit 13 vědeckých pracovišť a navíc mohli večer strávit v Planetáriu, Štefánikově hvězdárně či na Křížíkově fontáně. Letos měli účastníci unikátní šanci zhlédnout putovní evropskou výstavu Fusion Expo. Osvědčila se nám uvítací párty (děkujeme KaFe) a také podruhé se na minikonferenci objevuje i 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. Poprvé zkoušíme uspořádat minikonferenci na Břehové místo tradiční Trojanovy. Podruhé 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 poděkovat na tomto místě jmenovitě Marii Svobodové a Zuzaně Sekerešové za jejich neocenitelnou pomoc při organizaci FT. Dále tradičně děkuji všem supervisorům úloh, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře vedení fakulty a katedry. Nemohu zde zapomenout na samotné účastníky, kteří zde svým zaujetím vytvořili opět opět výbornou badatelskou atmosféru.

20. června 2007

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:

- Něco nového.
- Zábava.
- Jak funguje vědecké pracoviště.
- Slečna na MP.
- Poznat nové lidi.
- Psychická příprava na studium na FJFI.
- Jak vypadá fyzikální projekt.
- Uspávač hadů Svoboda.
- Poznání nové komunikace s lidmi.
- Že se zúčastníme všech přednášek.

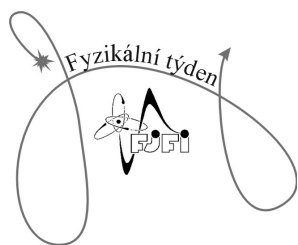
Obavy:

- Chybějící slečna na MP.
- Prvoročáci jako brzdy.
- Zase bude poster.
- Po maturitě vygumováno.
- Poznat nové lidi.
- "Tele na nová vrata".
- Nebudu se moci zúčastnit přednášek.
- Že spadnem ze schodů a zlomíme si prupisku 3x.

Obsah

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Fyzikálního týdne 2007	8
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů	9
Příspěvky	15
e/m - měření měrného náboje elektronu (Libor Kadlčík, Jiří Čada)	15
Dopplerův jev + vzduchová dráha (Jiří Horčíčka, Dávid VendeL, Anna Čechová)	19
Millikanův pokus (Helena Svobodová, Kateřina Zadáková, Miroslav Michlíček)	22
Mikrovlny (Matěj Laitl, Ondřej Zach)	27
Spektrometrie záření gama (Jan Roneš, Jan Vejmolá, Jan Fábera)	31
Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech (Kateřina Záhorová, Marek Stejskal, Josef Řehák)	35
Základní experimenty s lasery (Tomáš Eckschlager, Karolína Kopecká, Jan Dědek, Petr Grúz)	40
Měření rychlosti světla (Petr Bezstarosti, Libor Peltan, Radek Šaroun, Pavel Trudič)	43
Balmerova série vodíku (Dominik Šafránek, Miloš Necid, Martina Žaludová)	47
Palivový článek (Martin Šefl, Matěj Včelák, Petr Distler, Tomáš Sýkora)	52
Numerické modelování fyzikálních dějů. (Michal Maixner, Štěpán Pilarš)	55
Studium rentgenového spektra měděné anody (Jan Stránský, Josef Navrátil, Bořek Leitl)	59
Studium ultrazvukových vln (Kristýna Štancelová, Helena Bohuslavová)	63
Cavendishův experiment - měření gravitační konstanty (Tereza Steinhartová, Jiří Krist)	67
Základní experiment fyziky plazmatu (Matěj Tripský, Klára Mitošinková, Michal Odstrčil, Veronika Nešverová)	72
Termodynamické zákony v praxi (Michaela Dicková, Jakub Teichman, Adam Krucký)	76
Plynová chromatografie (Vojtěch Duchoslav, Martin Zábranský, Josef Tkadlec)	80
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (Jana Veselá, Daniel Šilar, Hana Šustková)	85
Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů (Jan Kundrlík, Darina Součková, Veronika Hamplová)	90
Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic (Lucie Nováková, Jakub Kákona, Oldřich Sultus)	95
Počítačové zobrazování fraktálních množin (Jakub Dohnal, Helena Švihlová, Zbyněk Másler)	98
LINUX Lab (Michal Eichner, Martin Bečan, Vojtěch Mikšů, Petr Smejkal, Petra Hornáková)	103
Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek. (Tibor Fördös, Hana Švecová, Klára Melounová)	107
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I (Jana Zajíčková, Pavel Košťál, Michal Bartošák, František Krompolc)	111
Teorie čísel a šifrování (Jaroslav Veselý, Patrik Pompe, Martin Macko, Ondřej Perutka)	114
Simulace socio-ekonomických systémů (Jan Jelínek, Karolína Rezková, Petr Skála)	117
Mlžná komora (Martin Veselý, Pavel Motal, Radana Janovská, Martin Václavek)	121
Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo (Jan Novák, Radka Jakubíková, Jan Korbel)	125

Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6 (Vojtěch Bereščák,Marek Kovář,Ondřej Dörfler,Jan Chroust)	129
Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR (Martina Veselá,Adam Novák,Tomáš Peták,Monika Kučerová)	133
Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie (Tomáš Talanda,Jan Hudec,Marek Havel)	138
Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla (Barbora Zavadilová,Robert Taichman,Lukáš Malina,Helena Paschkeová,Zbyněk Štajer)	141
Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo ? (Luboš Křižan,Kateřina Hodinová)	146
Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením (František Bastyta,Václav Parchaňský)	150
Bylo příčinou potopení Titaniku selhání materiálu? (Tereza Pachlová,Lukáš Kotrla,Hynek Celar,Klára Vaculovičová)	154
Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie (Vladimír Míč)	158
Příprava a měření nanovstev (Tomáš Odstrčil,Michael Pokorný,Ondřej Pavelka)	162
Identifikace neznámého zářiče použitím gama spektroskopie (Radek Stejkora,Václav Hanus)	165
Gama záření z přírodních zdrojů (Pavel Popp,Martina Vaváčková)	168
Úvod do chaotické dynamiky. (Jan Lochman,Vlastimil Slinták,Michal Pavelka)	171
Radon - neviditelný nepřítel (Bernard Rampáček,Zdeněk Ferda,Jakub Křižan)	175
Kvantová kryptografie (Jakub Lukeš,Tereza Liepoldová ,Tomáš Benedikt)	177
Stanovení dávky radiochromními dozimetry (Lukáš Stabrava,Martin Heller)	180
Hmotnost elementárních částic (Jana Kubištová,Pavel Zháňal,Karel Kolář)	181
Zákonitosti mikrosvěta (Petr Alt,Jan Bednář,Daniela Šollerová)	185
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT	188



Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2007

Program Fyzikálního týdne 2007

- **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, řešení, příprava, realizace).

15.00-16.30 (Přednáška: Fúzní budoucnost Česka: Compass-D).

17.00-18.30 Jak prezentovat I (publikace).

- **Úterý**

celý den Miniprojekty (příprava prezentace a sborníkového příspěvku).

15.00-16.30 (Přednáška: Tokamak ITER a kdo je víc?).

20.00 Deadline pro upload příspěvků.

- **Středa**

dopoledne Exkurze.

15.00-16.30 (Přednáška : Evropský tokamak JET) .

17.00-18.30 Jak prezentovat II (ústní vystoupení).

- **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

- Ústav jaderného výzkumu Řež u Prahy
- Fyzikální ústav - Na Slovance
- Fyzikální ústav - Cukrovarnická
- Leksellův gamma nůž
- Oddělení radioterapie Nemocnice v Motole
- Tokamak CASTOR
- Prague Asterix Laser System
- Astronomický ústav AV ČR Ondřejov
- Letecké muzeum Praha - Kbely
- Ústav fyziky atmosféry
- Ústav fyzikální chemie
- StreTech
- UJP PRAHA a.s.

Přednášky

- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Radiační chemie
- RNDr. Zdeněk Tomiak: Proč mají polovodiče polovodivé vlastnosti
- prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.: Ionizující záření kolem nás
- RNDr. Vladimír Wágner, CSc.: Jaderné zdroje pro vesmírnou kolonizaci.
- Ing. Miroslav Virius, CSc.: Programování pro .net
- prof. Ing. Ladislav Drška, CSc: Informatika a postmoderní fyzika
- Mgr. Milan Krbálek, Ph.D.: Automobilová doprava pod matematickým drobnohledem
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější

Miniprojekty

- e/m - měření měrného náboje elektronu
- Dopplerův jev + vzduchová dráha
- Millikanův pokus
- Mikrovlny
- Spektrometrie záření gama
- Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech
- Základní experimenty s lasery
- Měření rychlosti světla
- Balmerova série vodíku
- Palivový článek
- Numerické modelování fyzikálních dějů.
- Studium rentgenového spektra měděné anody
- Studium ultrazvukových vln
- Cavendishův experiment - měření gravitační konstanty
- Základní experiment fyziky plazmatu
- Termodynamické zákony v praxi
- Plynová chromatografie
- Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů
- Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic
- Počítačové zobrazování fraktálních množin
- LINUX Lab
- Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek.
- Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
- Teorie čísel a šifrování
- Simulace socio-ekonomických systémů

- Mlžná komora
- RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
- Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo
- Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6
- Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR
- Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie
- Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla
- Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo ?
- Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením
- Bylo příčinou potopení Titaniku selhání materiálu?
- Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie
- Příprava a měření nanovstev
- Identifikace neznámého zářiče použitím gama spektroskopie
- Gama záření z přírodních zdrojů
- Úvod do chaotické dynamiky.
- Radon - neviditelný nepřítel
- Kvantová kryptografie
- Stanovení dávky radiochromními dozimetry
- Hmotnost elementárních částic
- Zákonitosti mikrosvěta

Minikonference

MINIKONFERENCE - Břehovka, čtvrtek:

Aula 103

Chairperson: Josef Navrátil

8.00 Millikanův pokus

8.15 Spektrometrie záření gama

8.30 Základní experimenty s lasery

8.45 Měření rychlosti světla

9.00 Numerické modelování fyzikálních dějů.

9.15 Cavendishův experiment - měření gravitační konstanty

Chairperson: Martina Žaludová

12.30 Plynová chromatografie

12.45 Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů

13.00 Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek.

13.15 RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách

13.30 Výpočet obsahu plošných obrazců metodou Monte Carlo

13.45 Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6

14.00 **Zakončení,konec FT**

Aula 115

Chairperson: Kristýna Štancelová

10.15 Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech

10.30 Balmerova série vodíku

10.45 Palivový článek

11.00 Studium ultrazvukových vln

11.15 Termodynamické zákony v praxi

11.30 Mikroskopie v materiálovém výzkumu

Posluchárna 114

Chairperson: Jakub Kákona

10.15 Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic

10.30 Počítačové zobrazování fraktálních množin

10.45 LINUX Lab

11.00 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I

11.15 Teorie čísel a šifrování

11.30 Simulace socio-ekonomických systémů

Místnost 111

Chairperson: Jakub Křížan

10.15 Zákonitosti mikrosvěta

10.30 Dopplerův jev + vzduchová dráha

10.45 Laserem indukovaná fluorescenční spektrometrie s časovým rozlišením

11.00 Bylo příčinou potopení Titaniku selhání materiálu?

11.15 Příprava a měření nanovstev

11.30 Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR

Aula 103

Chairperson: Jana Veselá

10.15 Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo ?

10.30 Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

10.45 Gama záření z přírodních zdrojů

11.00 Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie

11.15 Úvod do chaotické dynamiky.

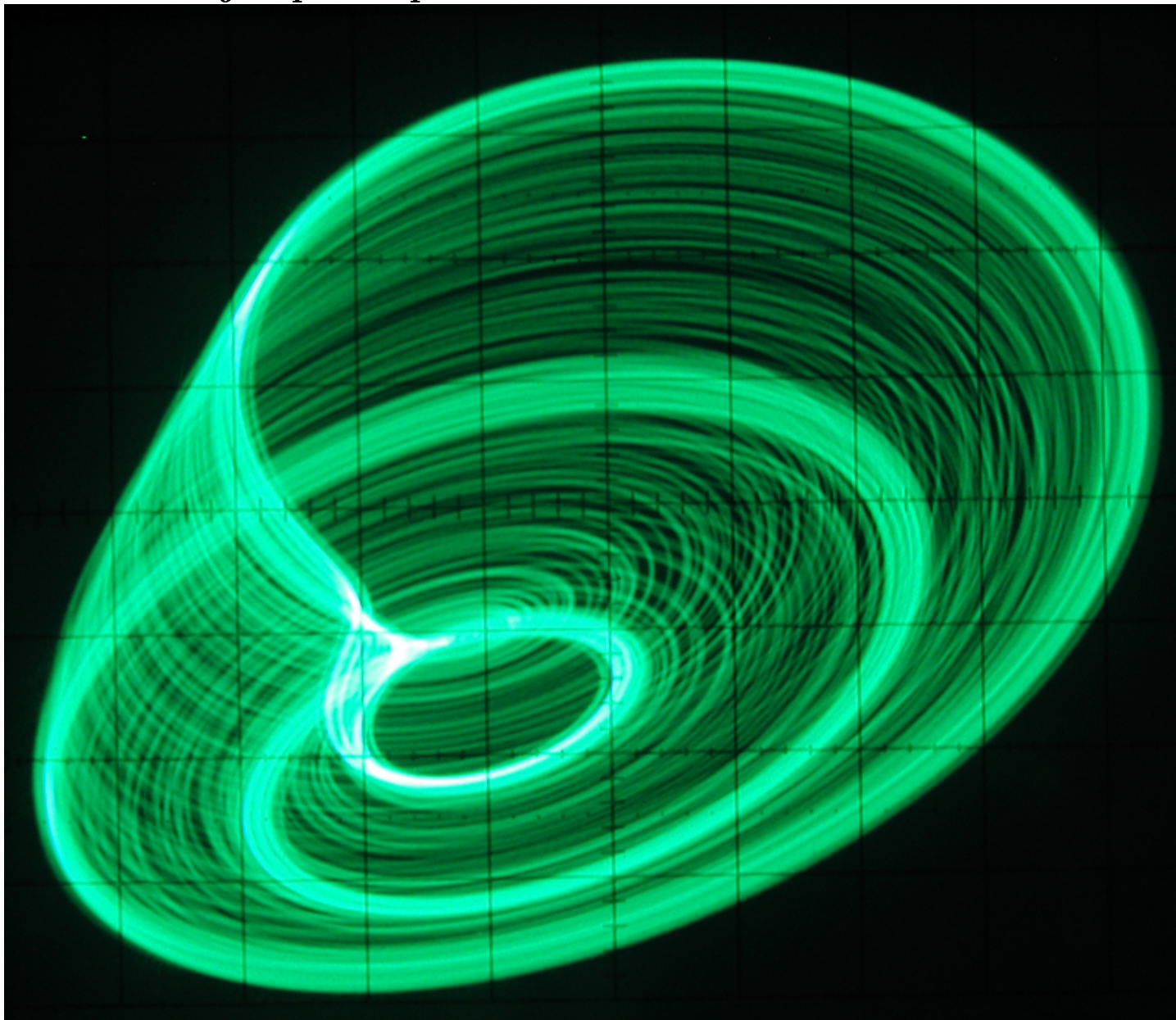
11.30 Kvantová kryptografie

Posterová sekce (9.30-10.15)

Chairperson: Martin Veselý

-
- Mikrovlny
- Základní experiment fyziky plazmatu
- Mlžná komora
- Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla
- Identifikace neznámého zářiče použitím gama spektroskopie
- Radon - neviditelný nepřítel
- Hmotnost elementárních částic
- e/m - měření měrného náboje elektronu

Letošní FT je opět doprovázen CD.



(Osciloskopický snímek fazového portrétu podivného atraktoru v stochastickém režimu elektronického chaotického generátoru.)

e/m – měření měrného náboje elektronu

L. Kadlčík, Střední průmyslová škola, Uherské Hradiště,

KadlSoft@seznam.cz

J. Čada, Střední průmyslová škola elektrotechnická, Mohelnice,

jirka.snb@seznam.cz

Fyzikální laboratoře FJFI ČVUT, Břehová 7

Abstrakt

Měrný náboj elektronu je jednou ze základních fyzikálních konstant. Naším úkolem bylo změřit jeho velikost pomocí působení kolmého a podélného magnetického pole na svazek elektronů. Měření kolmým mang. polem dávalo průměrnou hodnotu $e/m = 1,75 \cdot 10^{11}$ C/kg, podélným magn. pole jsme zjistili průměrnou hodnotu $e/m = 2,051 \cdot 10^{11}$ C/kg. Tabulková hodnota této konstanty je $e/m = 1,7588047 \cdot 10^{11}$ C/kg [1].

1. Úvod

Pojmem měrný náboj elektronu rozumíme poměr mezi jeho nábojem a hmotností. Obě metody našeho měření se zakládaly na ovlivňování dráhy pohybujícího se elektronu magnetickým polem. Kolmé (vzhledem k dráze elektronu) magnetické pole stáčí dráhu elektronu do kružnice, podélné pole zaostřuje svazek elektronů do jednoho bodu.

2. Měření a výpočty

Metoda kolmého magnetického pole

Aparatura

Hlavní částí aparatury je skleněná baňka naplněná velmi zředěnými vzácnými plyny. Uvnitř baňky je umístěna žhavená katoda emitující elektrony. Elektrony jsou kovovým kuželem soustředěny do úzkého svazku a poté urychleny elektrickým polem při průchodu mezi dvěma destičkovými anodami, připojenými na vysoké kladné napětí (stovky voltů).

Baňka je umístěna v magnetickém poli dvou Helmholtzových cívek, kterými prochází stejnosměrný proud v řádu jednotek ampér. Na elektrony pohybující se v magnetickém poli působí Lorentzova síla, která je kolmá na směr jejich pohybu, a tím způsobuje, že se dráha elektronů stáčí do kružnice.

Některé elektrony narážejí do atomů vzácných plynů, čímž jim předávají část své pohybové energie, kterou atomy vyzařují v podobě viditelného světla. Tímto lze pozorovat dráhu elektronů.

Odvození vzorců

Elektrické pole anody připojené na kladné napětí U urychluje elektrony, jejich pohybová energie je rovna:

$$(1) \quad E = eU \quad .$$

Rychlost elektronu lze vyjádřit pomocí vzorce pro výpočet pohybové energie (kde v je rychlost pohybujícího se elektronu a m jeho hmotnost):

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

Sloučením obou vzorců a vyjádřením proměnné v dostáváme vztah pro výpočet rychlosti:

$$(3) \quad v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad .$$

Indukce magnetického pole Helmholtzových cívek lze vypočítat jako:

(4) $B = kI$; $k = 7,81 \cdot 10^{-4}$, kde k je konstanta daná konstrukcí cívek (počet závitů, rozměry, vzdálenost, ...) a I je velikost proudu tekoucího cívkami. Na každý elektron působí Lorentzova síla o velikosti:

$$(5) \quad F_L = Bev \quad .$$

Lorentzova síla je shodná s dostředivou silou, kterou lze určit jako:

(6) $F_d = v^2 \frac{m}{r}$, kde r je poloměr kruhové dráhy elektronu. Pokud sloučíme oba dva předchozí vzorce, kdy dostaneme:

(7) $v^2 \frac{m}{r} = Bev$ a za proměnnou v dosadíme vzorec (3) a po úpravě vyjádříme zlomek e/m , dostaneme vztah pro výpočet měrného náboje elektronu:

$$(8) \quad \frac{e}{m} = \frac{2U}{k^2 I^2 r^2} = \frac{2U}{6,0996 \cdot 10^{-7} I^2 r^2} \quad .$$

Postup při měření

Na zdroji anodového napětí a na zdroji proudu pro Helmholtzovy cívky nastavujeme různé hodnoty tak, aby trajektorie svazku elektronů tvořila kružnici. Je nutné, aby baňka byla správně natočena, jinak není svazek elektronů kolmý na magnetické pole a elektrony se pohybují ve spirále. Abychom se vyhnuli zkreslení rozměrů stěnami baňky, měříme obraz průměru kružnice v zrcadle za baňkou pomocí pravítka, které je součástí aparatury.

Naměřené hodnoty								
U [V]	I [A]	r [m]	e/m [C/kg]		U [V]	I [A]	r [m]	e/m [C/kg]
315	1,25	0,054	$1.932 \cdot 10^{11}$		350	2,75	0,0295	$1.744 \cdot 10^{11}$
260	1,75	0,042	$1.578 \cdot 10^{11}$		250	1,35	0,0525	$1.632 \cdot 10^{11}$
350	1,5	0,052	$1.886 \cdot 10^{11}$		125	0,85	0,056	$1.809 \cdot 10^{11}$
250	2	0,0315	$2.065 \cdot 10^{11}$		200	1,1	0,057	$1.668 \cdot 10^{11}$
150	1	0,054	$1.687 \cdot 10^{11}$		310	1,5	0,05	$1.807 \cdot 10^{11}$
370	4	0,0225	$1.497 \cdot 10^{11}$		375	1,65	0,05	$1.806 \cdot 10^{11}$
95	0,75	0,056	$1.766 \cdot 10^{11}$		255	1,9	0,0365	$1.738 \cdot 10^{11}$
350	2,5	0,034	$1.588 \cdot 10^{11}$		155	1,35	0,0405	$1.700 \cdot 10^{11}$
300	1,35	0,0545	$1.817 \cdot 10^{11}$		125	1,4	0,034	$1.808 \cdot 10^{11}$
průměr				$(1.750 \pm 0,0321) \cdot 10^{11}$				

Metoda podélného magnetického pole

Aparatura

Aparaturu tvoří osciloskopická obrazovka vložená do středu cívky napájené stejnosměrným proudem. Z katody vylétává svazek elektronů, který je dvěma anodami zformován do kužele a urychlen (směrem ke stínítku obrazovky). První anoda je napájena pomocným napětím, druhá urychlovacím.

Pohyb elektronů si můžeme rozdělit na dvě složky: podélnou a příčnou (směrem ke stěnám obrazovky). Magnetické pole působí pouze na příčnou složku pohybu – stáčí kuželovitý svazek, a tím jej soustředí do jednoho bodu. Pro výpočet velikosti měrného náboje elektronu nás zajímá, při jak velkém urychlovacím napětí a proudu tekoucí cívkou dojde k zaostření svazku elektronů na stínítko obrazovky.

Teorie

Cívka navinutá kolem obrazovky vytváří magnetické pole o indukci:

$$B = kI \quad k = 5,739 \cdot 10^{-4} \text{ T/A,}$$

kde k je konstanta daná konstrukcí cívky a I je proud tekoucí cívkou.

Je-li svazek elektronů zaostřen na stínítko, lze určit měrný náboj elektronu dle vzorce:

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{B^2 I^2} = \frac{8\pi^2}{3,2936 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 B^2} ,$$

kde U je urychlovací napětí a l je vzdálenost stínítka obrazovky od druhé anody.

Postup při měření

Nastavíme si urychlovací napětí v doporučeném rozsahu 800 – 1200 V, pomocné napětí nastavíme zhruba na desítky voltů. Poté se snažíme nastavováním proudu tekoucí cívkou zaostřit obraz na stínítko do co nejmenšího ostrého bodu.

Naměřené hodnoty								
U [V]	I [A]	U_p [V]	e/m [C/kg]		U [V]	I [A]	U_p [V]	e/m [C/kg]
800	3.85	75	$2.087 \cdot 10^{11}$		1000	4.35	80	$2.043 \cdot 10^{11}$
850	4	75	$2.054 \cdot 10^{11}$		1050	4.45	80	$2.050 \cdot 10^{11}$
950	4.2	75	$2.082 \cdot 10^{11}$		1150	4.65	80	$2.056 \cdot 10^{11}$
1000	4.25	50	$2.140 \cdot 10^{11}$		1150	4.85	90	$1.890 \cdot 10^{11}$
1000	4.3	50	$2.091 \cdot 10^{11}$		1200	4.8	90	$2.013 \cdot 10^{11}$
1200	4.65	50	$2.146 \cdot 10^{11}$		1150	4.65	11	$2.056 \cdot 10^{11}$
1100	4.6	72	$2.010 \cdot 10^{11}$		750	3.7	40	$2.118 \cdot 10^{11}$
900	4.25	72	$1.926 \cdot 10^{11}$					
průměr					$(2.051 \pm 0,018) \cdot 10^{11}$			

3. Závěr

Metoda kolmého magn. pole

Naměřili jsme průměrnou hodnotu $e/m = 1,75 \cdot 10^{11}$ C/kg, což znamená odchylku -0,005 %. Zjistili jsme, že není vhodné nastavovat příliš malé anodové napětí a zároveň malý proud tekoucí cívkami, neboť svazek elektronů má tendenci vletět dovnitř hrdla s ostatními elektrodami (kvůli jejich el. poli).

Metoda příčného magn. pole

Tato metoda měření nebyla příliš přesná, naměřili jsme hodnotu $e/m = 2,05 \cdot 10^{11}$ C/kg, tj. s chybou +16,6 %. Chyba by mohla být způsobena nepřesností konstrukce obrazovky. Zjistili jsme že, obrazovka nesmí být umístěna příliš blízko k ostatním přístrojům (zdroje, ampérmetr, atd.), protože jejich magnetické pole zhoršuje přesnost měření. Dále jsme zjistili, že při velkém pomocném napětí je obtížné zaostřit elektronový svazek a přesnost měření se zhoršuje.

4. Poděkování

- Naši supervizorce Maryle za asistenci a péči.
- FJFI ČVUT za zprostředkování Fyzikálního týdne.
- Panu Ing. V. Svobodovi za organizaci Fyzikálního týdne.
- Sponzorům Fyzikálního týdne.

5. Reference

[1] Fyzikální tabulky, str 1. <http://www.kfy.zcu.cz/prakt/Skripta/tabulky.pdf> Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd.

Dopplerův jev + vzduchová dráha

A. Čechová*, D. Vendel**, J. Horčíčka***

Gymnázium Jiřího Gutha – Jarkovského, Praha*, Gymnázium Poštová,

Košice**, Gymnázium Komenského, Jeseník***

anina.cech@seznam.cz*, justdvl@gmail.com**, chorchix@seznam.cz***

Abstrakt:

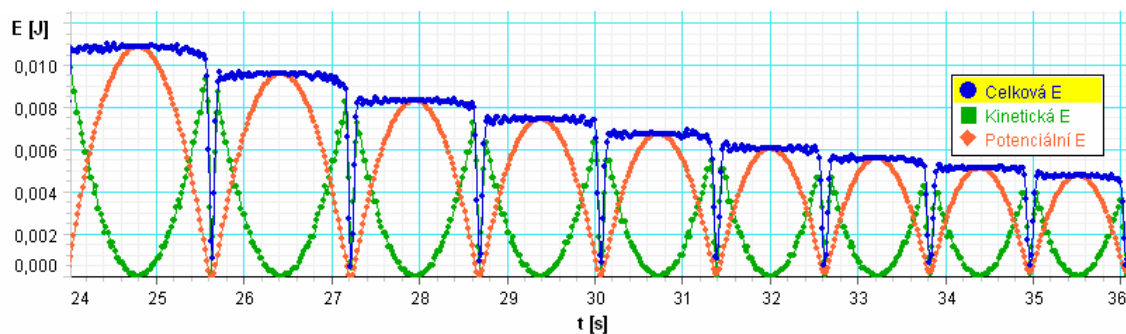
Na vzduchové dráze jsme experimentálně dokazovali zákon zachování energie a zákon zachování hybnosti. Taktéž jsme určovali rychlost vozíku na dráze pomocí dopplerova jevu.

1. Úvod

V našem miniprojektu jsme prováděli tři různé experimenty pomocí vozíků na vzduchové dráze. Vzduchová dráha je zařízení, po kterém jezdí vozíky na vzduchovém polštáři a tím se minimalizuje tření a tedy i ztráty energie. V prvním pokuse jsme ověřovali zákon zachování energie, podle kterého se celková energie izolované soustavy nemění. V druhém pokuse jsme ověřovali zákon zachování hybnosti, který říká, že se celková hybnost izolované soustavy nemění. Ve třetím pokuse jsme aplikovali dopplerův jev na změření rychlosti vozíku.

2. Popisy pokusů

Cílem prvním pokusu bylo ověření zákona zachování energie. Byl proveden pomocí nakloněné roviny na vzduchové dráze. Na jedné straně vzduchové dráhy byl umístěn senzor, který snímal pozici vozíku v daném čase s frekvencí 50 Hz. Vozík jsme spouštěli po nakloněné dráze. Jeho potenciální energie se postupně měnila na kinetickou. Po odrazu na gumičce v dolní části dráhy vozík vykonával pohyb opačný a kinetická energie se zpátky měnila na potenciální. Celková mechanická energie klesala v důsledku ztrát energie během nedokonalé pružného odrazu na gumičce a vlivem tření. Část pokusu je vidět na obrázku níže.



Při druhém pokusu, který byl zaměřen na ověření zákona zachování hybnosti, jsme používali dva vozíky o různých hmotnostech znovu na vzduchové dráze. Mezi vozíky jsme umístili stlačenou pružinu a svázali je k sobě nití. Po přepálení nitě došlo k rozpadu soustavy vozíků, kterou způsobilo uvolnění energie pružiny. Vozíky se rozjeli od sebe, jejich pozici jsme zaznamenávali senzory. Hybnosti vozíků byly přibližně stejné, ale opačného znaménka. Část hybnosti nesla vylétající pružina. Celková hybnost soustavy se tedy nezměnila, zůstala nulová.

Ke třetímu pokusu jsme použili zdroj mikrovln a jejich snímač umístěný tak, že přijímal mikrovlny ze zdroje i odražené od vozíku. Jak se vozík po dráze od zdroje vzdaloval a přibližoval, na snímač dopadaly kromě vln ze zdroje s frekvencí f_0 i vlny odražené od vozíku s frekvencí

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_{s,r}},$$

kde v je rychlost vln v dané látce a $v_{s,r}$ relativní rychlost zdroje vůči pozorovateli (kladná rychlost znamená přibližování, záporná vzdalování). Protože přijímané frekvence byly velice podobné, přístroj zobrazoval pouze rázové vlny. Víme že, poměr vzdáleností dvou amplitud rázových vln se přibližně rovná poměru odpovídajících rychlostí. Nejdříve jsme změřili referenční rychlost pomocí senzoru v_1 a jí odpovídající periodu T_1 . Pro získání jakékoli další rychlosti stejného směru v_2 nám stačilo zjistit její periodu T_2 .

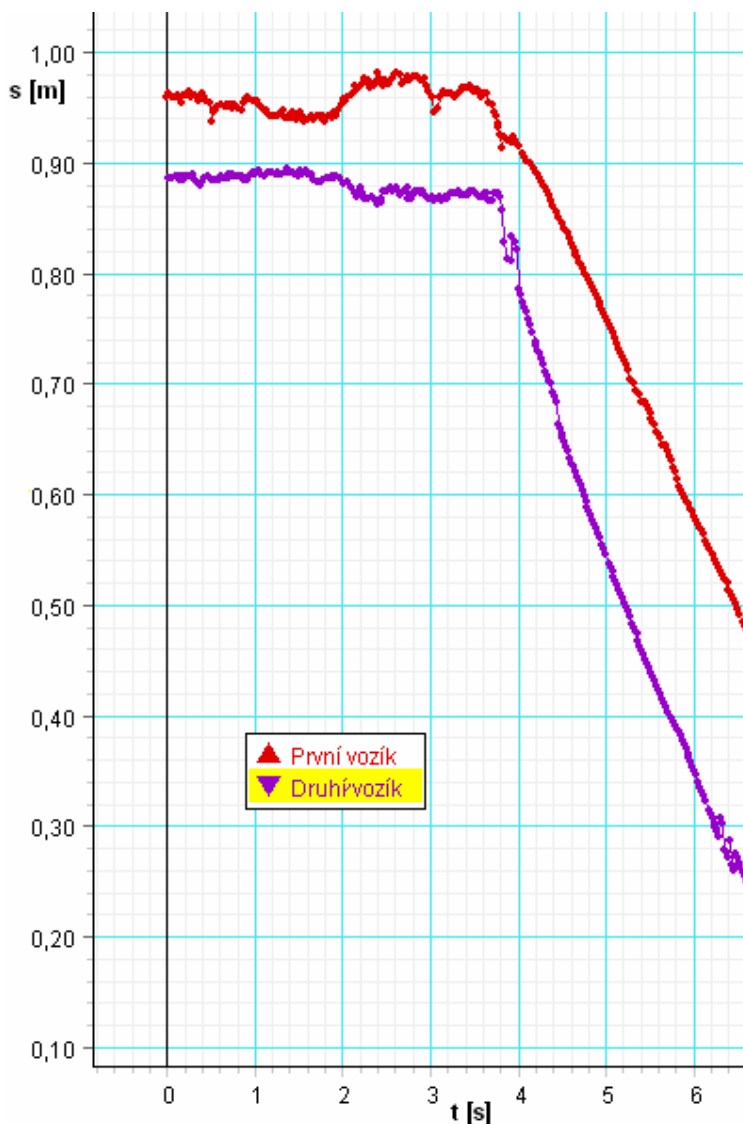
$$v_1 = -0,431 \text{ m/s} \quad T_1 = 17,5 \text{ ms}$$

$$T_2 = 18,5 \text{ ms} \quad v_2 = ?$$

$$\text{Platí } T_1/T_2 \approx v_1/v_2 \Rightarrow$$

$$v_2 \approx v_1 \cdot T_2/T_1$$

$$v_2 \approx -0,46 \text{ m/s}$$



Nejdříve jsou vozíky v klidu. V čase 4 s se utrhne nit a vozíky se pohybují od sebe.

3. Shrnutí

V našich experimentech jsme ověřili ZZE a ZZH. Vyzkoušeli jsme si aplikaci dopplerova jevu, který je využíván v policejních radarech. Nepřesnosti vznikly kvůli nepřesnému změření pozice vozíku senzorem.

Poděkování

Chceme velice poděkovat KF FJFI ČVUT za možnost účasti na FT a nejvíce našemu supervizorovi Petrovi Gallusovi.

Reference:

[1] http://cs.wikipedia.org/wiki/Doppler%C5%AFv_jevu

[2] FEYNMAN, R. : Feynmanovy přednášky z fyziky1/3, Fragment 2000, Praha

Millikanův experiment

Miroslav Michlíček, gymnázium Vyškov

Kateřina Žadáková, gymnázium Český Brod

Fyzikální týden 2007 - FyF1 ČVUT

Břehová 7

Praha 1

exodusf@seznam.cz

KateřinaŽadakova@seznam.cz

Abstrakt

Cílem naší práce bylo zopakovat experiment Roberta Millikana [1] z r. 1913, kterým zjistil hodnotu elementárního náboje elektronu, a to v podmínkách co nejpodobnějších těm jeho. Kvůli historickému provedení došlo ale i k více chybám a větším odchylkám ve výsledku. Naši získaná hodnota je $1,501 \cdot 10^{-18} \text{ C}$, obecně užívaná hodnota je $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ [2].

1. Úvod

Už v roce 1900 [3] se fyzici dozvěděli o existenci elektronu, ale dlouho nikdo nebyl schopen přesně určit jeho náboj. To se podařilo až r. 1913 právě Robertu Millikanovi. Díky pohybu drobných olejových kapiček v homogenním el. poli mezi dvěma kondenzátory našel elementární náboj. Za tento počín obdržel v r. 1923 Nobelovu cenu za fyziku.

2. Učení náboje kapičky

2.1 Teoretický popis našeho experimentu

- a) Pokud nejsou zapojeny kondenzátory, pak na kapičku oleje vstříknutou mezi desky kondenzátoru působí síly gravitační, vztlaková a Stokesova. Kapička se pohybuje směrem dolů rovnoměrným přímočarým pohybem:

$$F_g = F_s + F_{vz},$$

kde F_g je tíhová síla působící na kapičku;

$$F_g = m \cdot g,$$

F_{vz} je vztlaková síla působící proti směru pohybu:

$$F_{vz} = m' \cdot g,$$

a F_s je Stokesova síla, která popisuje odpor prostředí:

$$F_s = 6\pi\eta rv.$$

Proto můžeme sílové působení na kapičku popsat rovnicí

$$\frac{4}{3}\pi r^3 g (\rho - \rho') = 6\pi\eta rv, \text{ kde } \rho \text{ je hustota olejové kapičky,}$$

ρ' hustota vzduchu, η viskozita

vzduchu při dané teplotě a v

rychlost pohybu kapičky.

- b) Po zapojení kondenzátorů mezi nimi vzniká elektrické pole. Tím

na kapičku působí navíc síla elektrická. Záporně nabitá

kapička se pohybuje směrem vzhůru. Sílové působení můžeme

tedy popsat rovnicí:

$$F_E = F_s + F_g,$$

kde $F_E = Eq$, kde q je náboj a E je intenzita elektrického pole (můžeme vypočítat jako $\frac{V}{d} \rightarrow V$ je napětí v obvodu a d je vzdálenost mezi kondenzátory).

Rovnici sílového působení můžeme tedy vyjádřit

$$\frac{V}{d} \cdot q = 6\pi\eta r(v + u), \text{ kde } u \text{ je rychlost pohybu kapičky v el.}$$

poli a v rychlost pohybu mimo el. pole

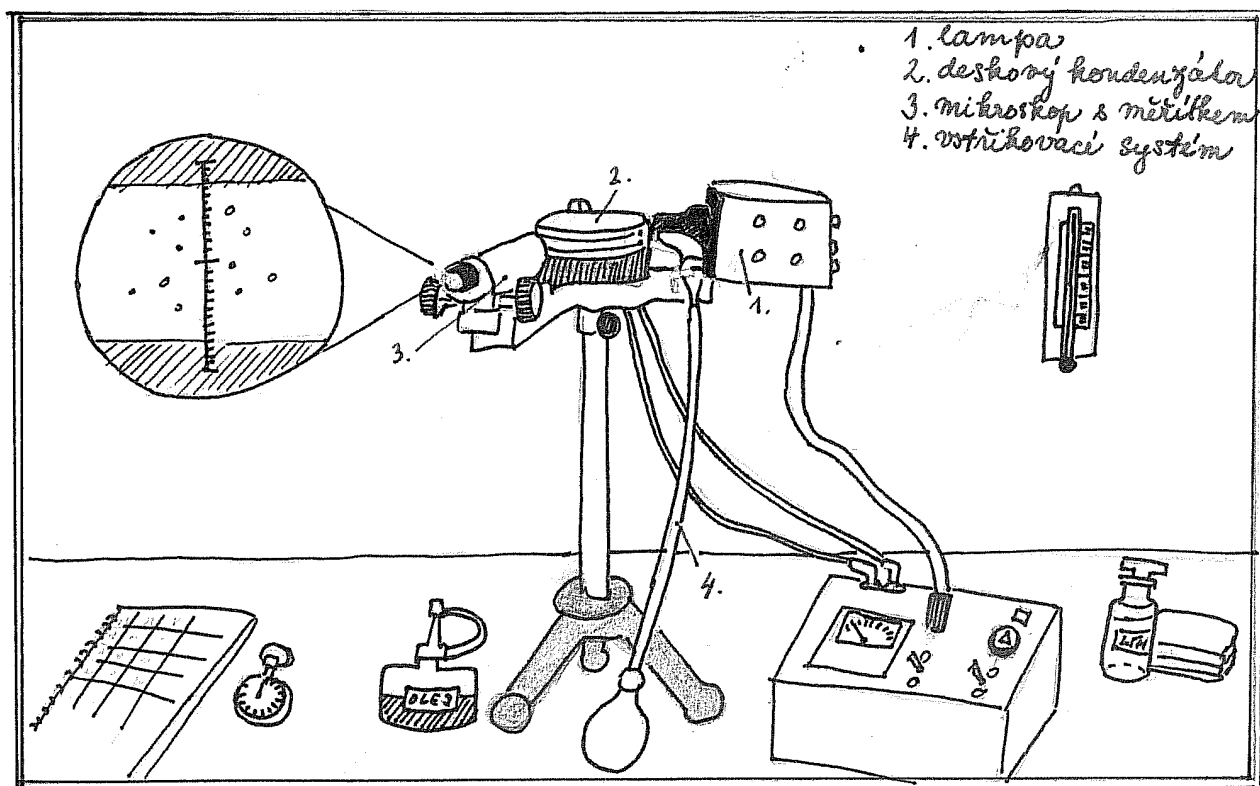
$\Rightarrow q = 6\pi n(u+v) \cdot \frac{d}{v}$, ze vztahu pro sílové působení na kapičku
 mimo el. pole můžeme vyjádřit n :
 $n = 3 \sqrt{\frac{\eta v}{2g(s-a)}}$, a jeho dosazením do
 předchozího vzorce a úpravou získáme:

$$q = \frac{9\pi\eta d}{u} \sqrt{\frac{v\eta^3}{(s-a)g}}$$

2.2 Měření

a, Popis aparatury

Aparatura se skládá z lampy, deskového kondenzátoru, mikroskopu s měřítkem (1 dílek $\sim 0,1 \text{ mm}$) a vstřikovacího systému (viz obrázek).



Obrázek: Aparatura

Lampa po zapojení do zdroje osvětluje prostor mezi deskami kondenzátoru a umožňuje tak po vstříknutí kapiček oleje jejich pozorování mikroskopem.

b) Postup měření

Po zapojení lampy do zdroje jsme vstříkli kapičky oleje do prostoru mezi desky kondenzátoru, mikroskopem jsme sledovali jejich rovnoměrný pohyb a zároveň pomocí stopky měřili jejich rychlost. Poté jsme přivedli ze zdroje na kondenzátor napětí a opět pozorovali a měřili rychlost kapiček.

L. 3 Výsledek

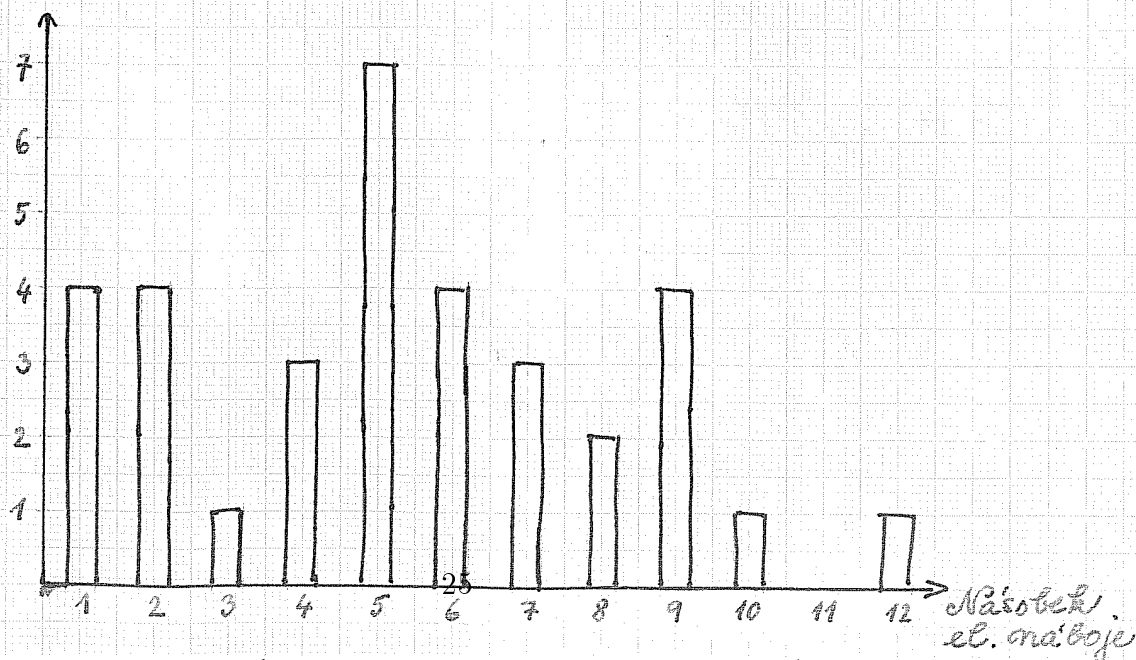
Optimální přivedené napětí pro náš experiment bylo 200 V. Pro tuto hodnotu jsme provedli 40 měření (některé z nich viz tabulka).

č. m.	$v [m \cdot s^{-1}]$	$u [m \cdot s^{-1}]$	$q [C]$	násobek
1	$8 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$1,50 \cdot 10^{-18}$	1
2	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$3,12 \cdot 10^{-18}$	2
3	$6 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$	$4,64 \cdot 10^{-18}$	3
4	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$6,30 \cdot 10^{-18}$	4
5	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$7,58 \cdot 10^{-18}$	5
6	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$9,65 \cdot 10^{-18}$	6
7	$1 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$	$11,00 \cdot 10^{-18}$	7
8	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$12,10 \cdot 10^{-18}$	8
9	$2,34 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$13,50 \cdot 10^{-18}$	9
10	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$	$15,80 \cdot 10^{-18}$	10
11	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$7,8 \cdot 10^{-4}$	$18,90 \cdot 10^{-18}$	12

Tabulka: Naměřené hodnoty

Z analýzy výsledků jsme určili naši naměřený elementární náboj jako $1,501 \cdot 10^{-18} C$.

Četnost



Graf: Četnost násobků náboje

2.4 Diskuze

- a) Millikanovým experimentem vlastně zjistujeme celkový náboj jednotlivých kapiček, které jej získávají třením s molekulami vzduchu, a z předpokladu, že libovolný náboj je celistvým násobkem tzv. elementárního náboje, hledáme pak největší společný dělitel všech zjištěných nábojů sledovaných kapiček.
- b) Kvůli problémům technického rázu jsme museli upustit od použití kamery.
- c) Nepřesnosti měření mohly být způsobeny také nepřesným měřením času a použitím historické metody.

3. Zhrnutí

Pokusili jsme se zopakovat Millikanův experiment. Naše výsledky odpovídají podmínkám měření.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT, organizátorům FF a především Maryle Grobodorové.

Reference :

- [1] www.aip.org/history/gap/millikan/millikan.htm
- [2] Brož, J. ; Roškovec, P. : Základní fyzikální konstanty, SPN 1988 - str. 13
- [3] www.mujweb.cz/www/nobel/fyzika/1906

Mikrovlny

Matěj Laitl, Ondřej Zach
Gymnázium Postupická, Praha 4
Gymnázium T.G. Masaryka, Hustopeče
strohel@gmail.com, ondrej.zach@centrum.cz

Abstrakt:

Mikrovlny, stejně jako světlo, jsou elektromagnetickým vlněním. Z tohoto důvodu mají některé společné vlastnosti. V našem miniprojektu jsme se pokusili pomocí Gunnova oscilátoru tyto vlastnosti ověřit.

1 Úvod

Mikrovlny jsou elektromagnetické záření o frekvencích 300 MHz až 300 GHz. To odpovídá vlnovým délkám 1 mm až 1 m. K jejich prvnímu využití došlo na počátku 40. let 20. století v Anglii a od té doby se staly součástí našeho každodenního života.

2 Vlastnosti mikrovln

Použité vybavení

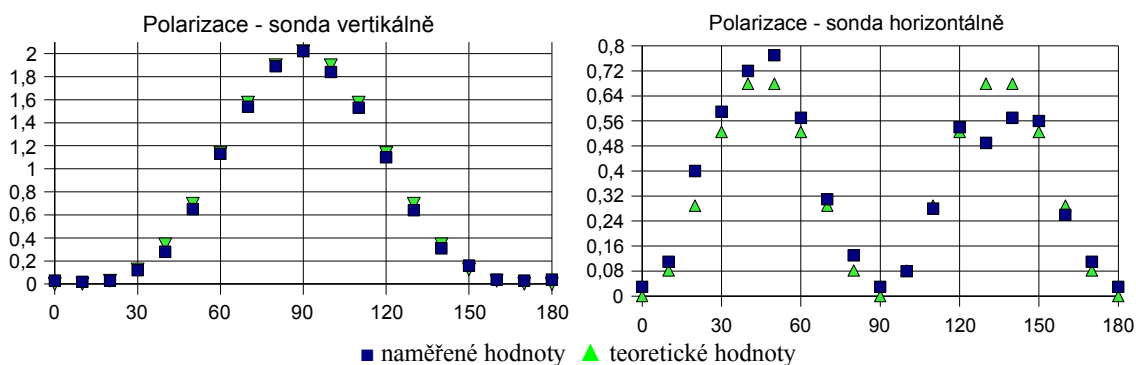
Jako zdroj mikrovlnného záření jsme použili Gunnův oscilátor, který generuje elektromagnetické vlnění o frekvenci 9,4 GHz. K měření hodnot intenzity vlnění jsme použili mikrovlnnou sondu a počítačový program DataStudio.

Polarizace

Gunnův oscilátor vytváří polarizované vlnění. Pomocí polarizační mřížky, kterou jsme umístili mezi zdroj vlnění a sondu, jsme ověřovali platnost vztahu pro závislost prošlé intenzity na úhlu θ mezi směrem mřížky a směrem polarizace, Malusův zákon:

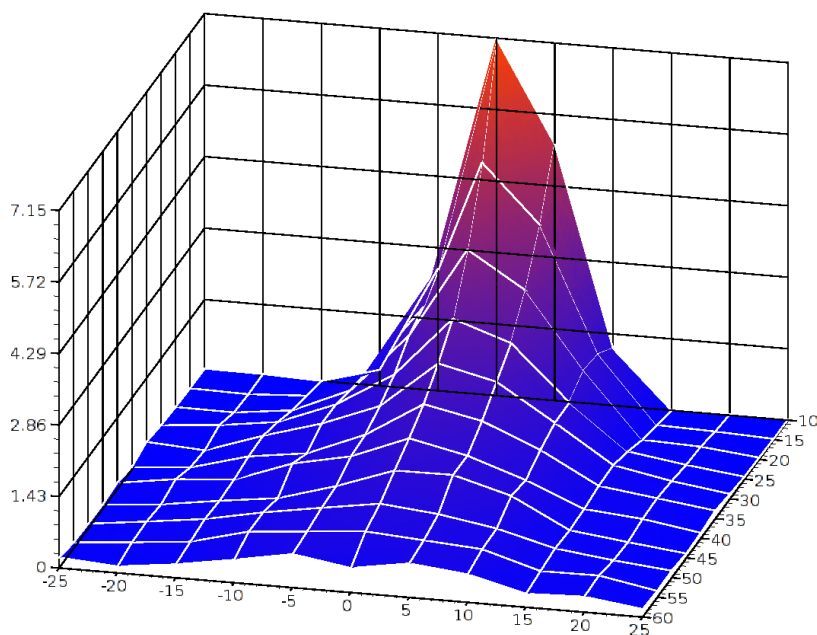
$$I_{(\theta)} = 4I_0(\sin \theta \cos \theta)^2$$

Sondu jsme umísťovali vertikálně a horizontálně. Srovnání teoretických a naměřených hodnot shrnují následující grafy:



Rozložení intenzity elektromagnetického pole

V okolí zdroje elektromagnetického záření vzniká elektromagnetické pole. Jeho intenzita však se vzdáleností od zdroje vlnění klesá. Proměřili jsme intenzitu pole v jednotlivých bodech sítě souřadnic. Výsledky jsme zpracovali programem QtiPlot a zanesli do následujícího grafu.



Stojatá vlna

Pokud dojde k interferenci dvou postupných vln o stejné amplitudě opačného směru, dostaneme stojatou vlnu, která vytvoří místa s amplitudovými maximy a minimy. Tedy místa, kde je amplituda nulová (uzly) a kde je maximální (kmitny). Tato maxima jsou od sebe vzdálena $\frac{\lambda}{2}$.

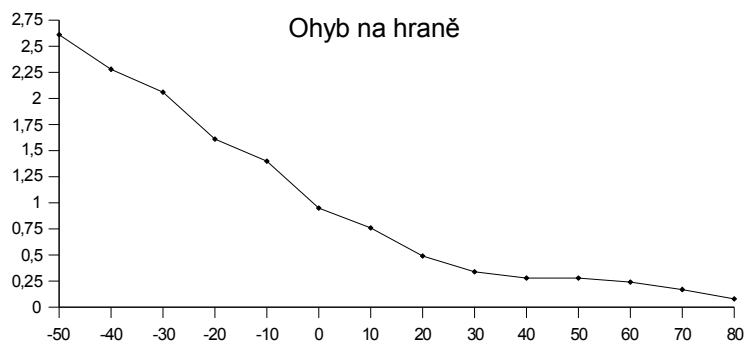
Za sondu jsme vložili kovovou desku, od které se elektromagnetické vlnění odráží. Proměřili jsme rozložení intenzity stojaté vlny – závislost napětí sondy na vzdálenosti od desky. Z naměřených hodnot vyplývá, že vzdálenost dvou uzlů je 1,6 cm, vlnová délka λ je tedy 3,2 cm, což odpovídá frekvenci

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{3,2 \cdot 10^{-2}} = 9,375 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

Naše měření bylo tedy poměrně přesné.

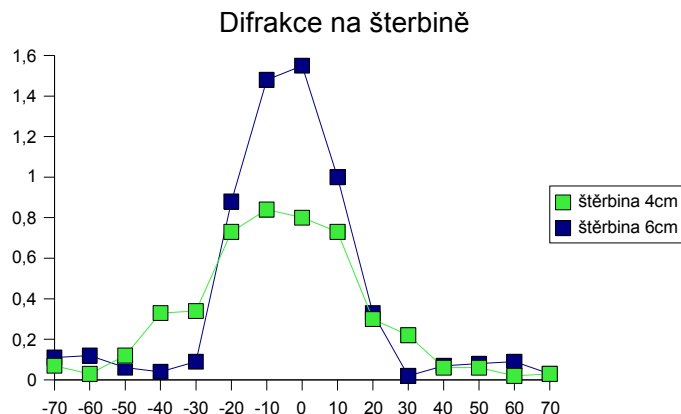
Ohyb na hraně

Pokud vlnění dopadá na hranu, dochází k ohybu a vlnění se dostává i do míst za překážkou, kam by podle přímočarého šíření nemohlo dosáhnout. Mezi zdroj a sondu jsme umístili překážku (tak, aby roh překážky byl na čáře rovnoběžné s osou vysílače) a měřili jsme napětí na sondě v prostoru za ní. Naměřené hodnoty jsme opět zanesli do grafu, záporné hodnoty osy x označují prostor, kde se vlnění může šířit přímo, kladné hodnoty pak prostor za stínítkem.



Difrakce na štěrbině

Další vlastností elektromagnetického vlnění je ohyb na štěrbině. Dochází k němu, pokud je velikost štěrbiny srovnatelná s vlnovou délkou. Mezi zářič a sondu jsme umístili štěrbinu nejprve o velikosti 40 mm a dále o velikosti 60 mm. Sondou jsme pohybovali po půlkružnici, jejíž střed byl ve středu štěrbiny a zjišťovali jsme závislost napětí na sondě na úhlu, který svírá sonda se středem štěrbiny. Hodnoty ukazuje následující graf:



Fokusace čočkou

Další vlastností elektromagnetického vlnění je možnost jeho zaostření pomocí čoček – fokusace. Mezi zářič a sondu vložíme čočku – konvexní pouzdro naplněné cukrem. Poté zjišťujeme vzdálenost sondy od čočky, kdy je napětí na sondě největší. Změřená hodnota je ohniskovou vzdáleností čočky, námi zjištěná hodnota byla 21,5 cm.

Vedení vlnění

Z rozložení intenzity elektromagnetického pole je vidět, že intenzita záření velmi rychle klesá se vzdáleností. Tomu lze předejít použitím jiného způsobu vedení, jedním z nich je tzv. Lecherovo vedení. Jedná se o dva dráty, mezi kterými je zdrojem vyvoláváno stojaté vlnění. Náš pokus ověřil funkčnost tohoto vedení, po přiložení sondy k němu lze najít kmitny a uzly stojatého vlnění ve vedení. Další možností je použití vlnovodu, ve kterém se vytvoří speciální druh vlny. Ta je však schopna postupovat jen při dosažení jisté frekvence, a proto nelze tento typ vedení použít k přenosu střídavého napětí.

3 Závěr

Mikrovlny mají stejnou fyzikální podstatu jako světlo, a proto mají některé shodné vlastnosti. V našem miniprojektu jsme ověřovali polarizaci elektromagnetického vlnění, intenzitu elektromagnetického pole a kvazioptické vlastnosti mikrovln, jako lom na hraně, difrakce na štěrbíně a fokusace čočkou.

Mikrovlny mají dnes široké využití, slouží k přenosu dat (TV, satelit, Wi-Fi), ohřívání potravin (mikrovlnná trouba), restaurování památek a ochraně životního prostředí (rozklad toxických látek).

Poděkování

Děkujeme organizátorům Fyzikálního týdne, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a našemu supervizorovi Janu Čepilovi za konzultace.

Reference:

- [1] HALLIDAY, D. – RESNICK, R. – WALKER, J.: *Fyzika, část 4* Prometheus, 2000
- [2] KOL.: *Fyzikální týden - sborník příspěvků* FJFI ČVUT 2006 27-30
- [3] <http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Praktika/Mikrovlny/praktika/wwwpraktika/praktika.html>
- [4] http://www.chemagazin.cz/Texty/CHXV_1_cl1.pdf

Spektroskopie záření gama

J. Vejmolá; Jan Fábera*, Jan Roneš**

SPŠE V Úžlabíně, Praha10; SPŠ Hronov* Gymnázium Postupická**

Vejmolá.Jan@seznam.cz; icarosai@seznam.cz *; j.rones@seznam.cz **

Abstrakt:

Gama spektroskopie je disciplína široce využívaná v dozimetrii a jaderné fyzice. Dovoluje nám určit mnoho vlastností zdrojů gama záření (třeba z vesmíru), ale také mnoho vlastností samotných fotonů. Pomocí rentgenové fluorescence můžeme také nedestruktivně určovat složení neznámých materiálů.

1 Úvod

Záření gama objevil roku 1900 francouzský chemik Paul Ulrich Villard při studiu uranu. Zprvu se myslelo, že má hmotný charakter jako záření alfa a beta, ale později bylo dokázáno, že má vlnový charakter a je schopno ionizovat okolí. Nyní se používá k velkému množství úloh jako třeba rentgenová fluorescence, apod.

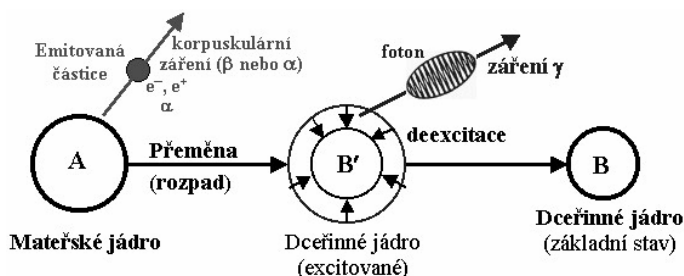
2 Teorie

Radioaktivita

Je jev, kdy se samovolně rozpadají jádra atomů určitého prvku na jádra jiného prvku. Při tom vzniká vysokoenergetické záření.

Rozeznáváme tři druhy záření podle charakteru vzniklých částic. Alfa záření, kde z jádra rozpadajícího se prvku vylétá jádro hélia. Beta záření je proud rychle vylétujících elektronů nebo pozitronů z jádra. U gama záření je částice foton.

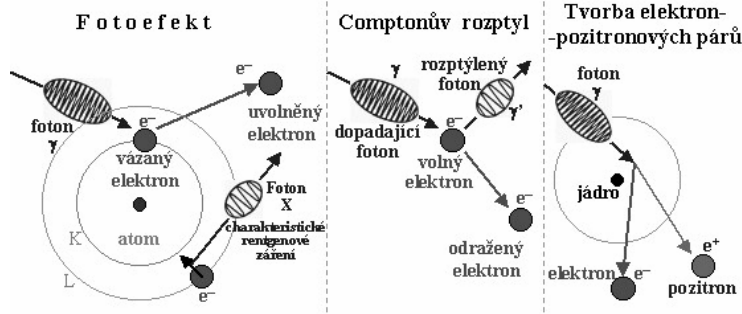
Síla zářiče se charakterizuje veličinou, která udává počet rozpadů za jednotku času. Nazývá se aktivita a její jednotkou je 1 becquerel(Bq), který odpovídá jednomu rozpadu za jednu sekundu. Po přeměně nemusí být(a většinou není) jádro v základním stavu, ale v excitovaném stavu. Nastane deexcitace, při které se uvolní foton jako přebytečná energie. Která je dána rozdílem energetických hladin.



Odtud je vidět, že většina zářičů je kombinovaných, buď alfa – gama, nebo beta – gama.

Průchod záření látkou

máme tři možnosti, které mohou nastat při interakci gama fotonu s látkou:



Fotoefekt: foton se srazí s elektronem (vázaným v elektronovém obalu) a předá mu veškerou svoji energii a sám zanikne. Tím uvolní elektron z obalu, který se bude pohybovat s kinetickou energií rovnou energii fotonu zmenšenou o energii vazebnou.

Comptonův rozptyl: při srážce fotonu a elektronu nedojde k úplnému předání energie fotonu elektronu. Foton se tedy pouze vychýlí a energie, s kterou bude foton pokračovat, bude závislá na úhlu vychýlení. Elektron bude touto energií urychlen a může se z vazby odtrhnout.

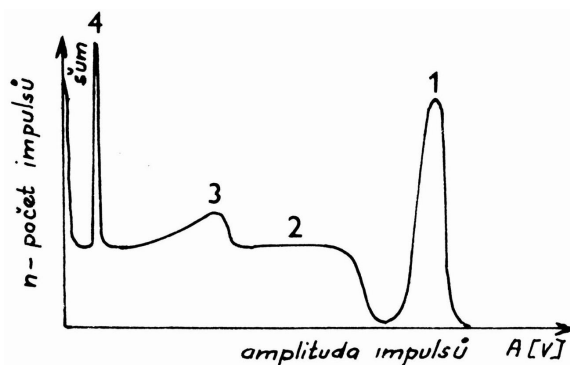
Tvorba elektron – pozitronových párů: za předpokladu, že foton bude mít velmi vysokou energii a ocitne se v blízkosti jádra prvku, může nastat jev kdy se foton rozpadne na elektron a pozitron, který bude okamžitě anihilovat s dalším elektronem, v obalu, na pár gama fotonů.

Rentgenová fluorescence

Je analytická metoda, která umožňuje nedestruktivně určit složení neznámé sloučeniny. Je založena na excitacích resp. deexcitacích v elektronovém obalu. Hladiny, na které mohou být elektrony excitovány, jsou pro každý prvek charakteristické a lze je takto identifikovat. Hodnoty energetických přechodů jsou tabelovány a podle nich snadno identifikujeme prvek.

Spektrum

Spektrum udává kolik fotonů zanechalo v detektoru danou část své původní energie. Protože nejsme schopni zjišťovat energie jednotlivých částic, proto si stanovíme tzv. kanál(okno), tedy rozsah energií na ose x. Spektrum pak udává kolik fotonů zanechalo v detektoru část energie padnoucí do příslušného kanálu.



Toto spektrum odpovídá cesiu. 1 je hlavní pík, odpovídá úplnému pohlcení fotonů v detektoru díky fotoefektu, lze říci, že zde je naše hledaná energie. 2 je oblast, které se říká Comptonovská (fotony nebyly zcela pohlceny). 3 odpovídá fotonům, které nešly přímo ze zářiče, ale odrazem. 4 odpovídá bariu, které je excitováno fotony ze stabilního stavu a zanechává charakteristickou stopu.

3 Měření

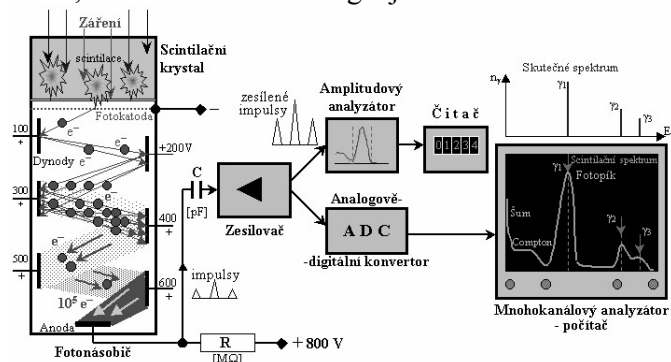
Princip měření

Gama záření jsme měřili pomocí scintilačního detektoru. Je to přístroj, který převádí gama záření na elektrické pulsy (viz. obrázek pod odstavcem). Foton, který dopadne na detektor, je převeden na elektrický puls, přičemž napětí pulsu odpovídá části energie dopadajícího fotonu.

Další zpracování probíhá v analyzátoru. Ten má zvláštní funkci, že jej lze nastavit tak, aby zachytával pulsy jen o určitém napětí (tzn. nastavíme na něm kanál). Zachycené pulsy dále postupují do čítače, který je počítá.

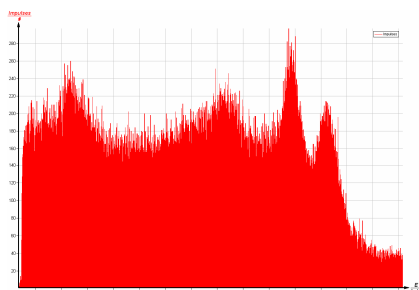
Analýzátor nastavujeme postupně tak, že zachytáváme impulsy od nejmenšího napětí až po největší. Tak nám vznikne závislost počtu pulsů na jejich napětí, respektive závislost počtu fotonů na energii, kterou v detektoru zanechaly. Tedy spektrum záření gama.

Energie fotonů poměrově odpovídá napětí pulsu. Tento poměr však neznáme. Proto musíme osu značící energii fotonů kalibrovat. To provádíme změřením spektra radionuklidu, u kterého známe energie jeho záření.

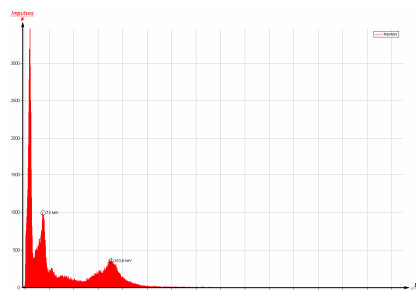


Vlastní měření

Známých materiálů:
Izotop ^{60}Co



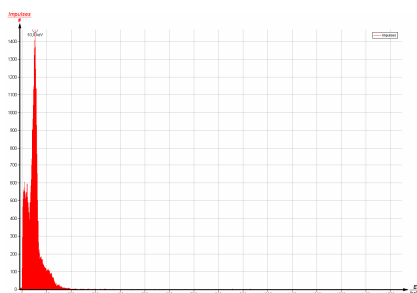
Izotop ^{133}Ba



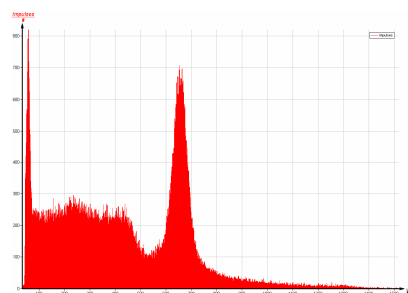
Pomocí Co jsme kalibrovali.

Naměřili jsme pro Ba 72,0keV a 353,6keV a tabelovaná hodnota je 80,98keV a 355,95keV

Izotop ^{241}Am



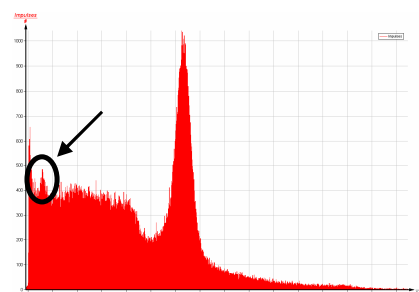
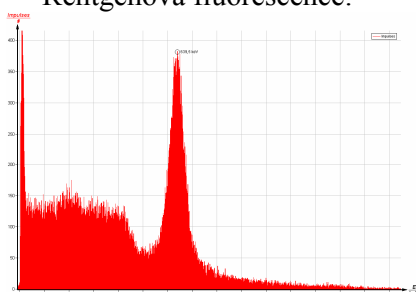
Izotop ^{137}Cs



Naměřili jsme pro Cs 639,5keV a tabelovaná hodnota je 661,65keV.

Naměřili jsme pro Am 53,4keV a tabelovaná hodnota je 59,53keV.

Rentgenová fluorescence:



Vlevo je standardní měření izotopu ^{137}Cs a vlevo je XRF olova, který se vyznačuje dalším píkem. Tento pík je právě charakteristický pro olovo, pro jiný prvek by byl jinde.

4 Shrnutí

Záření gama je jedním z druhů radioaktivního záření. Je to elektromagnetické záření o vysoké energii, které je způsobeno přeměnami (rozpadem) jader některých radionuklidů. Důležité je to, že každý gama radionuklid vyzařuje fotony o přesně dané energii. Tato energie je pro každý radionuklid specifická. Gama spektroskopie je metoda, pomocí níž dokážeme vyjádřit kolik fotonů zanechalo v detektoru danou část své původní energie. Pomocí gama spektroskopie a tabulky s energiemi záření jednotlivých radionuklidů lze identifikovat neznámý radionuklid. Na podobném principu pracuje rentgenová fluorescence.

5 Poděkování

Především bychom rádi poděkovali našemu supervizorovi Janu Čepilovi za vyčerpávající vysvětlení problematiky a za veškerou pomoc při práci na miniprojektu. Dále naše poděkování patří FJFI ČVUT v Praze za realizaci tohoto projektu a všem sponzorům Fyzikálního týdne.

6 Reference

- [1] Doc. Ing. Štoll I.: Fyzika mikrosvětla pro gymnázia, Galaxie, 1993, str. 98-113
- [2] <http://fyzika.fjfi.cvut.cz/index.php?said=19&sbid0=83&sbid1=108&task=001>
- [3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Gama_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD

Rezonanční jevy na LC oscilátoru a závaží na pružině

M. Stejskal, K. Záhorová*, J. Řehák**

Gymnázium Emila Holuba, Gymnázium J.K.Tyla*, SPŠ Hronov**

Abstrakt

Zkoumali jsme rezonanční frekvenci závaží na pružině a LC oscilátoru. Pomocí tuhosti pružiny a hmotnosti závaží jsme zjistili vlastní frekvenci mechanického oscilátoru a zjistili, že je shodná s rezonanční frekvencí. V další části projektu jsme pozorovali závislost frekvence na napětí v paralelním LC obvodu. Nakonec jsme do grafů zakreslili rezonanční křivky.

1 Úvod

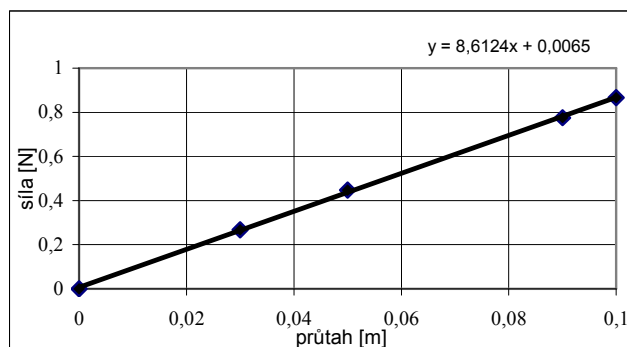
Při kmitání oscilátoru platí druhý Newtonův pohybový zákon a zároveň, že $F = -k \cdot x$, kde F je síla kterou potřebujeme na protažení pružiny o x metrů, k je tuhost pružiny a x délka protažení. Z toho plyne $m \cdot a = -k \cdot x$ a je první derivace rychlosti v závislosti na čase a zároveň druhá derivace polohy v závislosti na čase. Pojem derivace je náročná matematická operace, nicméně pokusíme se ji přiblížit. Známe-li dráhu a polohu tělesa jako funkci času $x \equiv x(t)$ můžeme snadno vypočítat průměrnou rychlost mezi dvěma body jako $\bar{v} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1}$.

Průměrná rychlost nám ale neřekne nic konkrétního o tom, jakou okamžitou rychlostí se těleso pohybovalo v konkrétním okamžiku $t \in \langle t_1; t_2 \rangle$. Abychom zjistili tuto okamžitou rychlost, je třeba aby interval $\langle t_1; t_2 \rangle$ byl „nekonečně“ malý – musíme tedy donekonečna přibližovat t_1 k t_2 . Potom se průměrná rychlost $\bar{v}$, definovaná dle výše uvedeného vztahu bude přibližovat k rychlosti okamžité. Tomuto postupu se říká derivování. Provedeme-li operaci pro libovolný čas t , získáme novou funkci $v \equiv v(t)$ – tedy závislost rychlosti na čase. Obdobným způsobem získáme zrychlení jako funkci času $a \equiv a(t)$. Operaci derivování značíme čarou za symbolem funkce a tedy $v(t) = x'(t)$ a dvě po sobě provedené derivace dvěma čarami, tedy $a(t) = v'(t) = x''(t)$. Vraťme se nyní k pohybové rovnici závaží na pružině. Dosadíme-li za zrychlení druhou

derivaci polohy a provedeme elementární úpravy, dostaneme rovnici $x'' + \frac{k}{m}x = 0$. Člen $\frac{k}{m}$ označujeme jako ω^2 . Řešením této rovnice je taková funkce, která splňuje vztah pro libovolné t . Nejjednodušší tvar řešení je $x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$, kde konstantu A nazýváme amplituda, konstantu φ fáze a ω úhlová frekvence. Vzhledem k tomu, že funkce $\sin$ je periodická vrátí se závaží po nějakém čase do výchozí polohy (tento čas se nazývá perioda a lze jej vyjádřit jako $T = \frac{2\pi}{\omega}$) a děj se znovu opakuje. Rovnice ve tvaru $x'' + \omega^2 x = 0$ se ve fyzice vyskytuje velice často, všechny děje jí popsané jsou periodické a příslušné fyzikální systémy se nazývají harmonické oscilátory.

2 Mechanický a LC oscilátor

Nejprve jsme změřili průtah pružiny, na kterou jsme zavěšovali závaží o různé hmotnosti. Ze čtyř naměřených hodnot jsme vypočítali tuhost pružiny. V grafu 1 je vidět závislost průtahu pružiny na síle (hmotnosti závaží) která působí na pružinu.



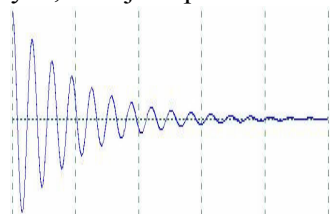
Graf 1: Vztah mezi průtahem pružiny a silou, které na ni působí je přímá úměrnost. Konstanta úměrnosti se nazývá tuhost a z proložení naměřených hodnot přímkou vyšlo $k = 8,61 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Poté jsme pružinu vychýlili z rovnovážné polohy a nechali oscilátor kmitat, abychom zjistili vlastní frekvenci oscilátoru, kterou jsme ověřili výpočtem. Frekvence, které jsme změřili a které jsme vypočítali, se lišili o 3%.

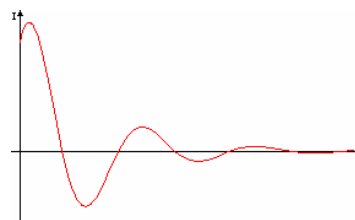
Naměřená tuhost pružiny:	8,61 N · m ⁻¹
Rezonanční frekvence vypočítaná:	1,87Hz
Rezonanční frekvence naměřená:	1,95Hz

Tabulka 1: naměřené i vypočítané hodnoty

Když do oscilátoru přidáme tlumení, tak se strmost klesání amplitudy zvýší. Pokud použijeme tlumení musíme do rovnice $F = -k \cdot x$ přidat tlumící sílu F_t poté vznikne rovnice $F_t + F = -k \cdot x$ po úpravě dostaneme $x'' + 2\sigma \cdot x' + \omega^2 \cdot x = 0$. σ označuje dekrement tlumení a z rovnice vyplývá, že σ je exponenciální.



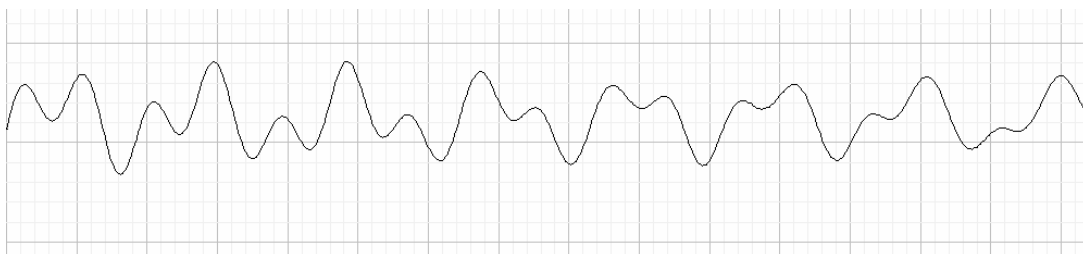
Obrázek 1: nízké tlumení



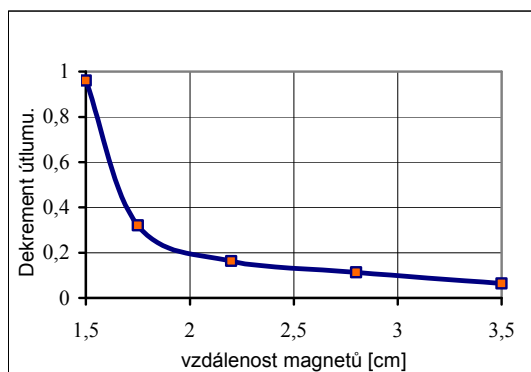
Obrázek 2: vysoké tlumení

Čím blíže magnety byly (čím větší bylo tlumení, způsobené vířivými proudy), tím rychleji se oscilátor přestal kmitat. Ověřili jsme, že amplituda se snižuje exponenciálně. Dekrement útlumu strmě roste při nižší vzdálenosti magnetů, jak je vidět z grafu 2.

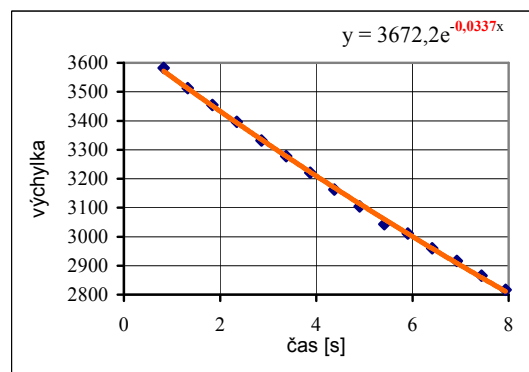
Dekrement útlumu je EXCELEM vypočítaná veličina. Zjistili jsme ji po zadání hodnot vrcholů amplitud do grafu a proložení exponenciální křivkou. Z funkce: $y = e^{-\alpha x}$ excel vypočítá dekrement který je označen α .



Graf 2 : při buzení 1Hz



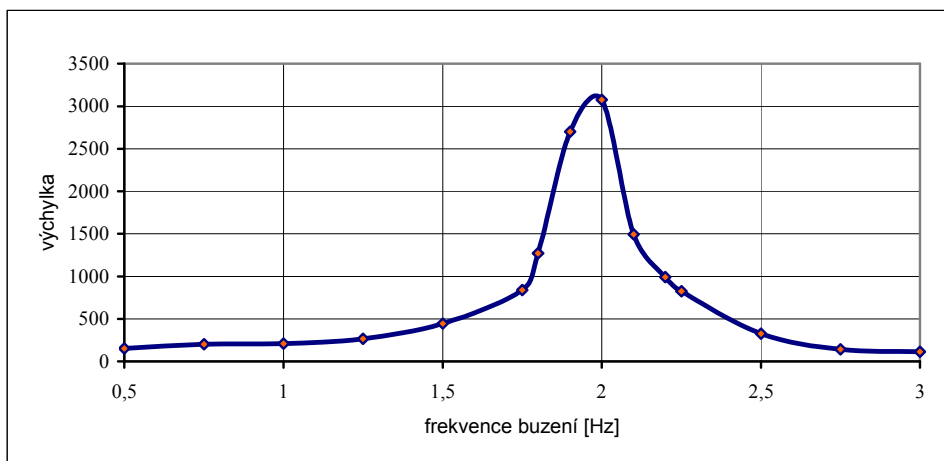
Graf 3: závislost dekrementu útlumu na vzdálenosti magnetů.



Graf 4: závislost výchylky na čase proložená exponenciálou dekrement zde je 0,0337.

Rezonance je jev, při kterém, dochází ke sčítání amplitud ze zdroje a vlastní amplitudy oscilátoru. Při prvním kmitu dodá buzení určitou energii, ta oscilátoru zůstane a při dalších kmitcích se přičítá další energie, proto při rezonanci dosahuje výchylka největší hodnoty. Oscilátor rezonuje, když jeho vlastní frekvence se rovná frekvenci buzení. Rezonanční křivka je graf, ve kterém je znázorněno při jaké frekvenci má výchylka nejvyšší amplitudu. Pro nucené kmitání musíme rovnici upravit takto $x'' + \omega^2 x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$.

Pro zjištění rezonanční křivky jsme použili budič u kterého jsme mohli měnit frekvenci kmitů a tedy určovat závislost maximální velikosti výchylky na frekvenci buzení. Námi naměřená rezonanční křivka je na grafu.



Graf 5: Závislost výchylky na frekvenci buzení, rezonanční frekvence je přibližně 1,95Hz.

Elektrické oscilátory jsou tvořeny převážně z LC členů, protože při změně indukčnosti cívky nebo kapacity kondenzátoru o desetinásobek se frekvence změní o 3,16 protože

v Thomsonově vztahu $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ je L a C pod odmocninou a tudíž LC oscilátory jsou

docela stabilní a právě kvůli stabilitě se používají v přijímačích. LC oscilátor funguje na principu přelévání energie z cívky do kondenzátoru a opačně.

V druhé části našeho měření jsme se zabývali paralelním LC článkem.

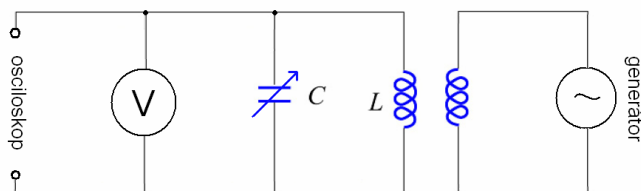


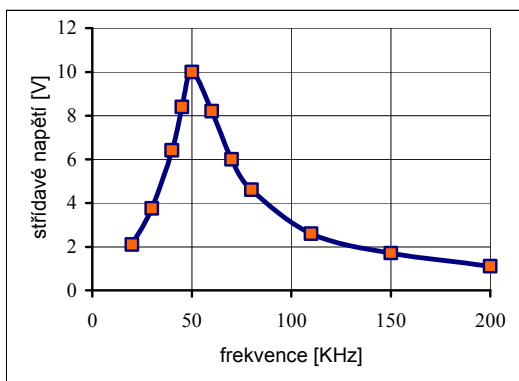
Schéma zapojení: obvodu, který jsme měřili.

Proměnný kondenzátor jsme nastavili na kapacitu 1nF a na osciloskopu jsme sledovali kdy je amplituda kmitů nejvyšší. Zkoušeli jsme rezonanci pro cívku se vzduchovým jádrem, poté jsme do ní vložily feromagnetický materiál a opět zjišťovali rezonanci. Víme, že platí

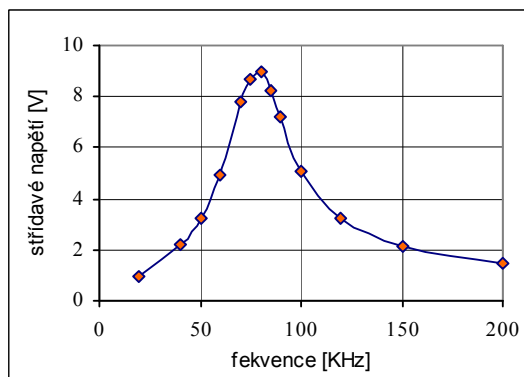
vztah: $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ po úpravě dostaneme $L = \frac{1}{f^2 4\pi^2 C}$

Rezonanční frekvence	Indukčnost cívky	jádro
50,0KHz	10,1mH	feromagnetické
78,6KHz	4,1mH	vzduchové

Tabulka 2: zapojení podle schématu nahoře, C = 1nF



Graf 6: rezonanční křivka LC obvodu, $C = 1\text{nF}$, $L = 10,1\text{mH}$ – feromagnetické jádro, rezonanční frekvence je 50KHz



Graf 7: rezonanční křivka LC obvodu, $C = 1\text{nF}$, $L = 4,1\text{mH}$ – vzduchové jádro, rezonanční frekvence 78,6KHz

3 Shrnutí

Takže zjistili jsme, že v rezonanci mají stroje a přístroje největší amplitudu. Teoreticky je nekonečná ale vzhledem k tření a mechanickým rozměrům je omezená. Stroje v rezonanci jsou nejvíce namáhány a jejich životnost se značně snižuje.

Poděkování

Zvláštní poděkování patří našemu supervizorovi Ing. Vladimíru Pospíšilovi za ochotnou pomoc s úvodem.

Reference:

- [1] HALLIDAY D. – RESNICK R. – WALKER J.: FYZIKA – ELEKTŘINA A MAGNETISMUS *Nakladatelství VUTIUM a PROMETHEUS Praha, 1997, 33.2* Kvalitativní rozbor kmitů, str. 860-862
- [2] FEYNMAN R. – LEIGHTON R. – SANDS M.: *FEYNMANOVY PŘEDNÁŠKY Z FYZIKY s řešenými příklady* FRAGMENT, 2000, str. 286-322
- [3] NEZNÁMÝ AUTOR.: Kmitání, http://cs.wikipedia.org/wiki/Oscil%C3%A1tor#LC_oscil.C3.A1tory, [23. 5. 2007]

Základní experimenty s lasery

K. Kopecká, Gymnázium Česká Lípa, kaarkaa@seznam.cz

P. Grúz SPŠE Mohelnice, petr.gruz@seznam.cz

J. Dědek SPŠSE České Budějovice, jandedek@centrum.cz

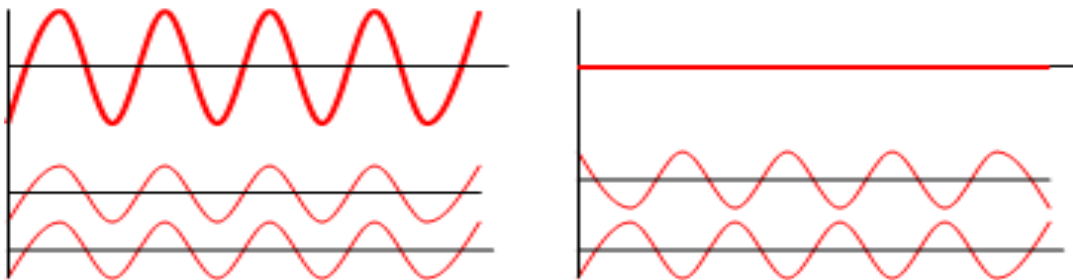
T. Eckschlager, Gymnázium Elišky Krásnohorské, eckit@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem miniprojektu bylo zkoumat základní vlastosti polarizovaných, koherentních a monochromatických svazků fotonů, čili laserů. Naše skupina se konkrétně zaměřila na interferenci těchto svazů a na znovurealizaci Michelsonova pokusu. Všechny tyto pokusy byly provedeny na laserech zapůjčených FJFI a ty konkrétně byly He-Ne laser, IIIa třídy o vlnové délce 543nm a výkonu 5mW (zelený), a druhým byl He-Ne laser, II třídy o vlnové délce 633nm a výkonu 1mW (červený).

Interference

Když se v jednom místě nachází různá vlnění, tak dochází k jejich vzájemné interakci – tj. k jejich interferenci. V závislosti na jejich amplitudách, frekvencích, fázích se skládají. Za předpokladu, že jsou všechny tyto veličiny jiné, je jejich skládání velmi obtížné. Laser nám však poskytuje paprsky o stejné frekvenci a amplitudě. Díky tomu se stává skládání poměrně jednoduchou záležitostí (viz obrázek č.1).



Obrázek 1: Interference Vln

Michelsonův interferometr

Michelsonův pokus je jedním z nejvýznamnějších pokusů novodobé fyziky.

Poprvé byl úspěšně proveden A. Michelsonem a E. Morleyem v roce 1887^[1]. Tento pokus byl revoluční převážně tím, že byl první prokazatelný důkaz proti teorii „světelného éteru“. Celá tato aparatura je vidět na obrázku č.2.

M1 , M2 – zrcadla

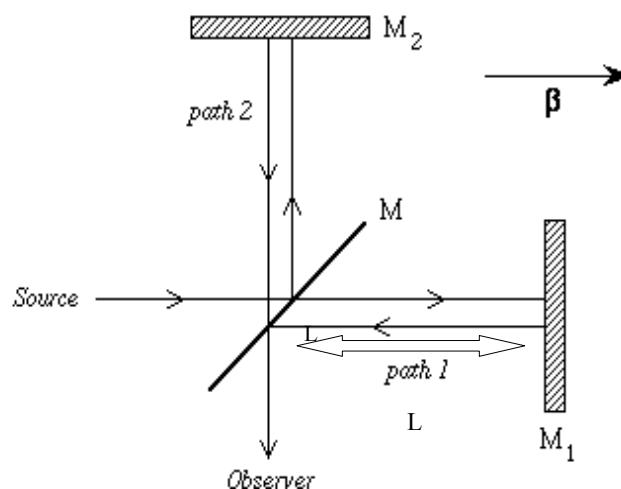
M - polopropustné zrcadlo

Source – zdroj koherentního světla
(laser)

L – měnitelná vzdálenost

Path1- Cesta fotonů neodražených M

Path 2 Cesta fotonů odražených M



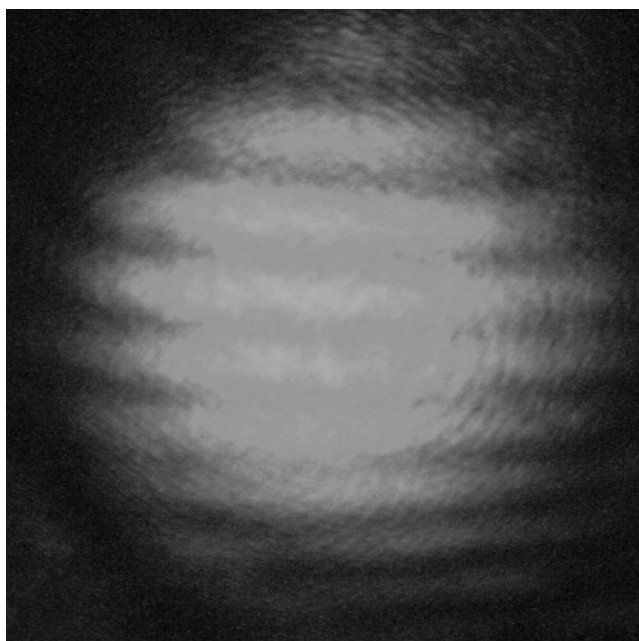
Obrázek 2: Michelsonův interferometr

Princip Michelsonova pokusu

Paprsek laseru prochází přes polopropustné zrcadlo, které rozdělí paprsek na dva svazky, kdy jeden projde (path1) a jeden se odrazí (path2). Dále se tyto dva svazky dostávají k zrcadlům, kde se odrazí a vrací se zpět k polopropustnému zrcadlu. Zde se znovu spojí v jeden svazek, který se nám promítne na stínítku, kde se vytváří interferenční obrazec. Protože se nám vytvoří malý obrazec, tak jej zvětšíme rozptylkou. Pokus byl proveden na obou typech laserů.

Interferenční obrazec

Pruhy patrné na obrázku č.3 jsou důkazem interference paprsků, které prošly polopropustným zrcadlem, s těmi které se od něj odrazily. Šířka interferenčních minim závisí na poměru vzdáleností zrcadel (tj. ramen interferometru), pokud je vzdálenost stejná tak jsou minima široká. S různou vzdáleností zrcadel se šířka minim zmenšuje.



Obrázek 3: Interferenční obrazec

Závěr

Tímto pokusem dokázal Albert Michelson neexistenci éteru. To bylo před více jak sto lety. Nyní se používá jeho upravená obdoba na detekci gravitačních vln-pokud tedy existují (LIGO,VIRGO) ^[2]. Další významnou oblastí, kde se interferometr využívá je laserová spektroskopie.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat hlavně našemu supervizorovi Miroslavu Krůsovi, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za to, že nám dali příležitost vyzkoušet si práci s lasery a dalším příslušenstvím. Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům Fyzikálního Týdne za uskutečnění této skvělé akce.

Reference

- [1] <http://scienceworld.wolfram.com/physics/Michelson-MorleyExperiment.html>
- [2] <http://www.ligo.caltech.edu/>

Měření rychlosti světla Foucaultovou metodou

L. Peltan;

Gymnázium, Česká 64, České Budějovice; libcha@seznam.cz

P. Bezstarosti;

Gymnázium, Pulická 779, Dobruška; kresice1@centrum.cz

P. Trudič;

SPŠ Hronov, Hostovského 910, Hronov; trudic.pavel@centrum.cz

R. Šaroun ;

Gymnázium, Jana Masaryka 1, Jihlava; r.saroun@centrum.cz

Abstrakt:

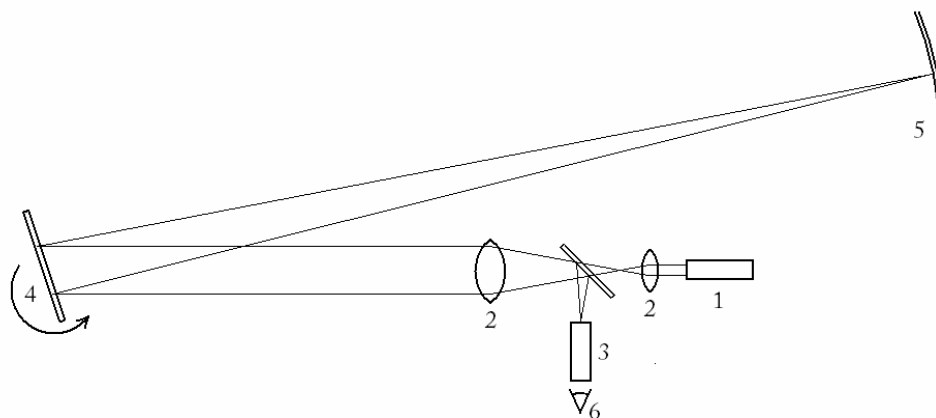
Měření rychlosti světla provádíme dvojím odrazem od otáčejícího se zrcátka, kde úhel jeho pootočení mezi jednotlivými odrazy je determinován dobou, uplynulou mezi nimi. Cílem je stanovit rychlost světla ve vzduchu. Jako emitör elektromagnetického záření slouží He-Ne laser.

1 Úvod

Rychlost světla byla pro lidstvo od počátků vědeckých bádání velikou záhadou. Někteří vědci dokonce tvrdili, že není konečná. První zaznamenané pokusy o změření této rychlosti prováděl již Galileo Galilei – ve vzdálenosti mezi dvěma kopci měřil čas, za který světlo tuto dráhu urazí. Tato metoda však nebyla moc přesná. S lepšími výsledky přišel o 200 let později Fizeau jenž provedl známý pokus s rotujícím ozubeným kolem. Měření rychlosti světla se dále zabýval francouzský fyzik Foucault, jehož metodu s rotujícím zrcátkem použil i náš tým. Nejprve ukážeme aparaturu pro měření, poté vysvětlíme postup naší práce a nakonec si ukážeme výsledky.

2 Aparatura pro měření

Aparaturu pro měření shrnuje stručné schéma.

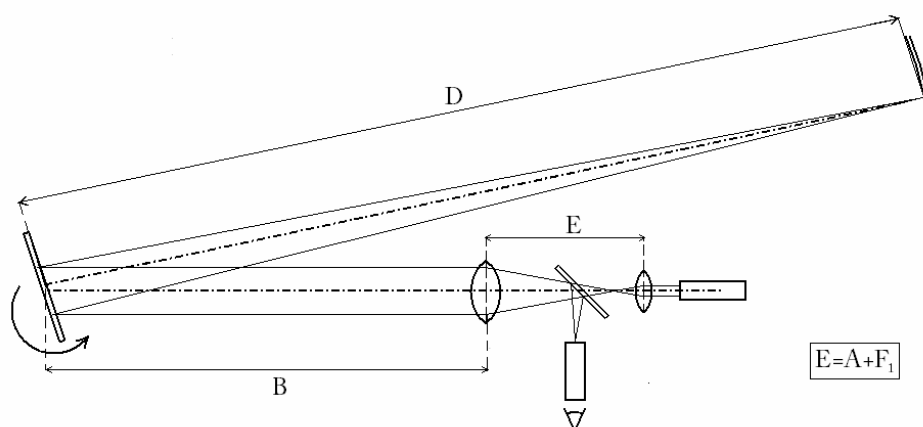


1. He-Ne laser; 2. Čočky pro zaostření; 3. Měřicí mikroskop; 4. Rotující zrcátko; 5. Statické zrcadlo; 6. Pozorovatel

Elektromagnetické záření je emitováno He-Ne laserem, dále prochází mezi dvěma čočkami, mezi nimiž je také umístěn měřicí mikroskop. Dále se při vhodném pootočení rotujícího zrcátka od tohoto odrazí na druhé, statické zrcadlo, od kterého se odráží zpět na to rotující. Nakonec je s určitým úhlem přes druhou čočku vysláno do mikroskopu, na kterém se naměří výsledná výchylka.

Technické parametry jednotlivých zařízení: laser – výkon 1mW; čočky – ohniskové vzdálenosti 48 resp. 252 mm; mikroskop – zvětšení 15x; otáčivé zrcátko – max. otáčky cca 1300s^{-1} .

Pro naše měření jsou také podstatné některé vzájemné vzdálenosti jednotlivých součástí aparatury.



Naměřené hodnoty:

Vzdálenost zrcadel:

$D = 6550\text{mm}$

Vzdálenost mezi 2. čočkou a otáčivým zrcadlem:

$B = 513\text{mm}$

Vzdálenost čoček:

$E = 315\text{mm}$

Tudíž

$A = 267\text{mm}$

3 Postup měření

Nejprve bylo třeba sestavit aparaturu pro měření. Obtížné bylo přesně zaměřit paprsky laseru tak, aby se odrážely správně od zrcadel a „trefily cíl“. Také je bylo potřeba dobře zaostřit. Poté jsme již roztočili zrcátko. Na stínítku mikroskopu bylo vidět spoustu bodů, jen jeden z nich však zmizel, přerušili-li jsme paprsek mezi zrcadly. Poté už stačilo nastavit osový kříž mikroskopu na tento bod a z měrného šroubu odečíst vzdálenost (s). Druhou hodnotou každého měření byla frekvence otáček zrcátka (f).

Rychlost světla se pak vypočítá vždy ze dvou měření při různých (nebo protisměrných) otáčkách zrcátka. A sice podle vztahu:

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

Kde: c – rychlost světla
 A, B, D – délky (viz výše)
 f_1, f_2 – frekvence otáčení zrcátka
 s_1, s_2 – naměřené délky na mikroskopu

Výsledky měření shrnuje následující tabulka (hodnoty ve sloupci c se vztahují vždy ke 2 nejbližším ve sloupcích o a s):

o (s^{-1})	s (mm)	c ($mm \cdot s^{-1}$)	odchylka c	
1300	13,05	2,9216E+11	5343778095	
-1352	12,68	3,0214E+11	4639905534	
1020	13,00	3,0489E+11	7391271037	
646	12,95	2,8261E+11	1,4891E+10	
1062	13,01	3,356E+11	3,8098E+10	
1309	13,04	2,8436E+11	1,3139E+10	
-1342	12,66	2,8797E+11	9530039920	
1272	13,03	2,9028E+11	7224448351	
-722	12,75			odchylka %
	průměr	2,975E+11	1,2532E+10	4,212514

Jak je vidět, naměřená rychlost světla nám vyšla **$2,975 \cdot 10^8 ms^{-1} \pm 1,2532 \cdot 10^7 ms^{-1}$** . Průměrná odchylka je asi 4,2%.

4 Diskuse

Naměřili jsme rychlost světla ve vzduchu, ionizovaném vědeckým zápallem a zahuštěném značným množstvím vydýchaného oxidu uhličitého. Naměřená hodnota je samozřejmě menší než tabulková pro rychlost světla ve vakuu. Pokus se tedy vydařil. K chybám při měření zřejmě příliš nedocházelo, neboť průměrná odchylka je velmi malá. Systematické chyby se podařilo odstranit vypuštěním řádově odlišných výsledků z tabulky. Vzhledem k obtížnosti správného nastavení celé aparatury je to výsledek až překvapivě dobrý. Časová náročnost samotného měření nebyla velká, ale již zmíněné správné nastavení a nalezení optimálního způsobu hledání oné „správné tečky“ na stínítku trvalo několik hodin.

5 Shrnutí

Sestavili jsme aparaturu podle schématu a po přesném zaměření, zaostření a zkalibrování optické soustavy měřili rychlost světla ve vzduchu na základě úhlu pootočení rychle se otáčejícího zrcátka za dobu, za kterou paprsek elektromagnetického záření urazí dvojnásobek vzdálenosti mezi zrcadly. Výsledná rychlost byla $2,975 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ s odchylkou menší než 5 %.

6 Poděkování

V první řadě děkujeme těm, kteří zastřešili, organizačně i finančně, náš pokus i celý Fyzikální týden, tedy Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze, v druhé řadě našemu supervizorovi Bc. Davidu Koňářkovi za moudré rady, bez kterých by náš pokus nejspíš nebyl úspěšný, neboť zkušeným okem našel onen „bod“, dále Maryle, Vojtovi, dalším nám neznámým profesorům a ředitelům a dalším, a všem, kdo nám nějakým způsobem pomohli, ať chtěně, či omylem.

7 Reference:

- [1] *Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model OS-9261A*
PASCO scientific, 1989
- [2] <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/192874-rychlost-svetla>
- [3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei

Balmerova série vodíku

Miloš Necid, Střední škola stavební Jihlava, MilosNecid@seznam.cz

Martina Žaludová, Gymnázium Václava Hraběte Hořovice,

Rachel.MZ@centrum.cz

Dominik Šafránek, Gymnázium Elišky Krásnohorské Praha,

d.safranek@seznam.cz

Abstrakt:

Po funkčních nezdarech předchozích modelů atomů spatřil světlo světa Bohrov model atomu,

Podle kterého už elektrony v atomu můžou nacházet v různých energetických hladinách. Kde elektron může přecházet na nižší hladiny, přičemž se uvolní určitá energie ve formě fotonů, ale i naopak. Tato energie je rovna rozdílu energií hladin. A právě Balmerova série vodíku pozoruje vyzářená spektra.

1 Úvod

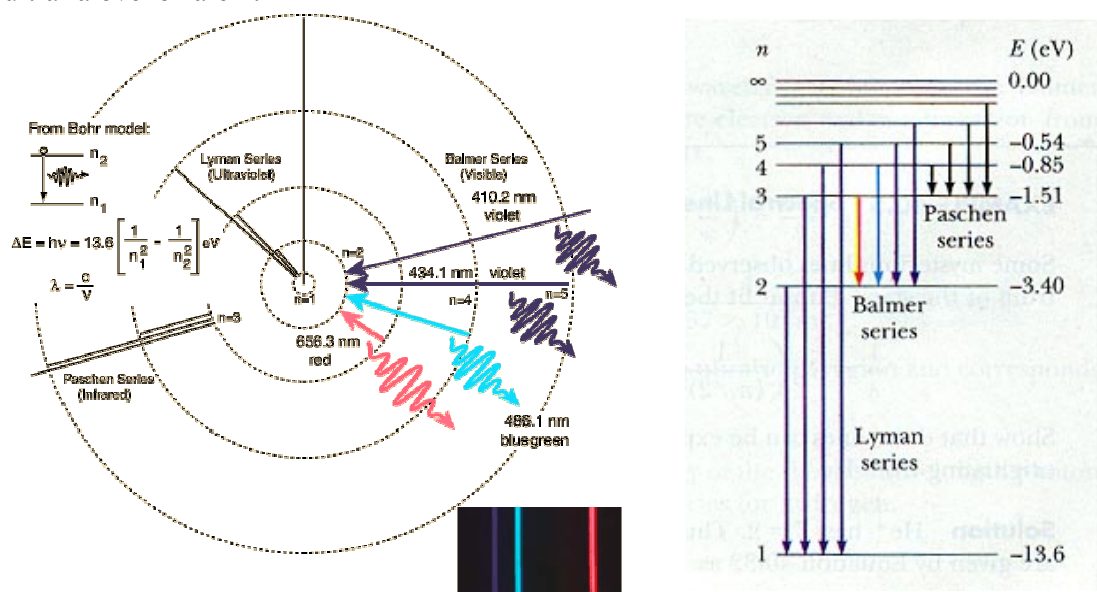
První model byl tzv. pudinkový model, dle kterého si atom můžeme představit jako určitý kladně nabitý prostor ve kterém jsou volně rozmístěny elektrony. Dalším historicky významným modelem byl planetární model, ve kterém elektrony obíhaly kolem jádra jako planety. Ovšem podle klasické elektrodynamiky by se elektron zhroutil do jádra za 10^{-15} s, takže tento model není také správný. Takže pokud atom má být stabilní, tak v něm musí existovat místa, kde elektrony nevyzařují ani nepohlcují energii tj. zůstávají v určitých energetických hladinách. Při přechodu elektronu z energeticky vyšší hladiny do nižší dojde vyzáření fotonu, jehož energie se rovná rozdílu těchto hladin, a při dodání energie taktéž ve formě fotonu dojde k přeskoku elektronu do vyšších hladin. Přičemž energie fotonu musí být stejná nebo vyšší než rozdíl daných hladin. Jedním z důkazů, který potvrzuje existenci energetických hladin jsou výsledky měření spektrálních čar atomu vodíku. Tyto spektrální čáry se dají rozdělit do sérií podle toho, na jakou hladinu jsou realizovány přechody z vyšších hladin. Vlnočty spektrálních čar pro různé série lze vyjádřit empirickým vztahem

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

kde je ν vlnčet, což je převrácená hodnota vlnové délky, R je Rydbergova konstanta, dále je m hladina na kterou elektron a n je hladina z které elektron padá. Balmerova série atomu vodíku je série pro $n=2$.

Na obrázku můžeme vidět 4 přechody pro Balmerovu sérii, které můžeme vidět okem a měřili jsme je v pokusu a dále tam je Paschenova série kde jsou energie nižší a proto leží

v infračervené oblasti a naopak v Lymanově sérii jsou energie vyšší a proto leží v oblasti ultrafialového záření.



obr 1.1 Bohrov model atomu

2 Vlastní experiment

K experimentu jsme použili goniometr, rtuťovou výbojku, optický hranol a vodíkovou výbojku.

Vyjádřili jsme si φ a ε_0 viz. obrázek (2.1). Poté jsme tyto úhly nepřímou změřili a vypočítali.

Použili jsme Snellův zákon,

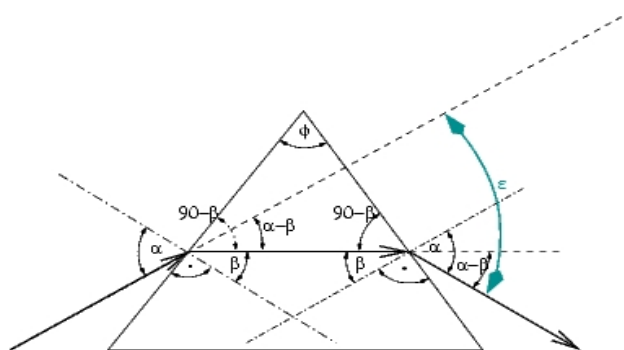
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

kde $n_1=1$. Z geometrie, která je vidět na obrázku (2.1) lze určit vztahy mezi úhly (α, β) , které vystupují ve Snellově zákonu lomu a úhly (ε_0, φ) , které jsme schopni goniometrem změřit. Platí

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= 2(\alpha + \beta) \\ \beta &= \varphi / 2 \end{aligned} ,$$

z toho plyne

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



obr 2.1 hranol

Ke zjištění indexu lomu jsme použili rtuťovou výbojku. Index lomu závisí na vlnové délce. Ovšem toto je velice těžké exaktně spočítat, přibližné vzorce jsou uvedené v [1]. Ke stanovení konstant (n_n , λ_n , C) jsme použili měření spektrálních čar rtuti (výsledky viz tabulka 1), u které známe vlnové délky jednotlivých spektrálních čar a pro interpolaci jsme použili tento vzorec HARTMAN I

$$n(\lambda) = n_n + \frac{C}{\lambda - \lambda_0} \quad (**)$$

Metodou nejmenších čtverců jsme v programu Gnuplot určili konstanty

$$n_n = 1.70335 \pm 0.00085$$

$$C = 19.0767 \pm 0.4603$$

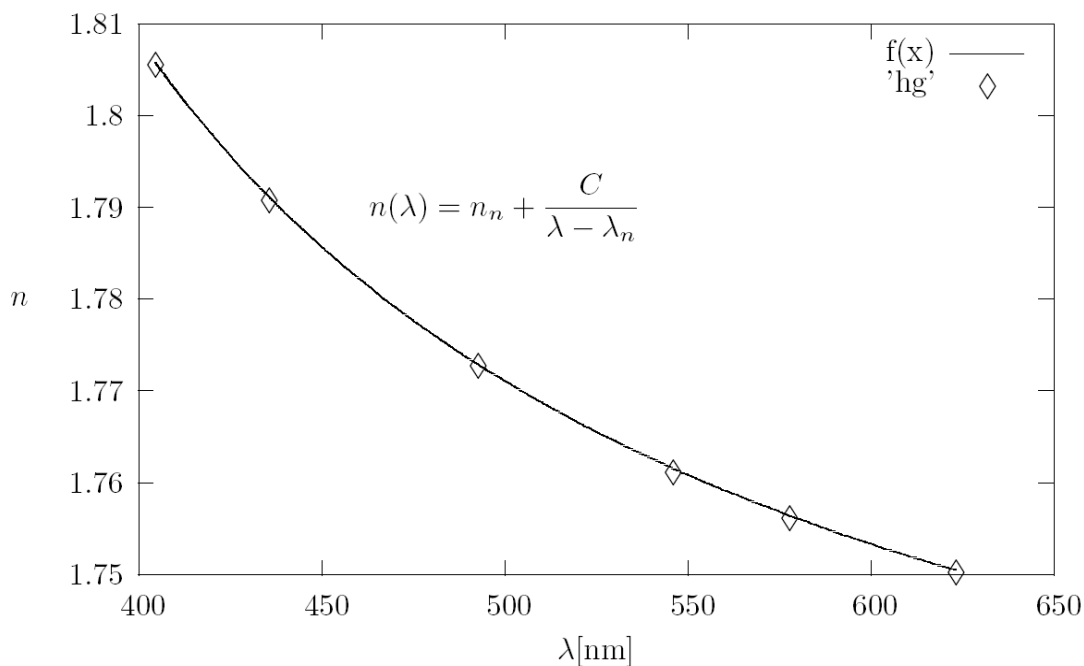
$$\lambda_n = 218.42 \pm 3.062$$

Graf funkce (**) je uveden na obrázku 2.1.

λ (nm)	úhel 1	úhel 2	ε_0 (°)	N	barvy
404,656	165:25:50	303:7:38	68,8483	68,8483	fialová
435,833	167:20:52	301:12:38	66,9314	66,9314	modrofialová
492,607	169:36:30	2981:57:5	64,6715	64,6715	Modrá
546,074	171:1:8	297:32:15	63,2597	63,2597	zelená
577,960	171:36:52	296:56:40	62,6650	62,6650	oranžová
623,440	172:19:26	296:14:6	61,9556	61,9556	červená

Tabulka 1: Výsledky měření spektrálních čar rtuťové výbojky

$$\text{Pozn: } \varepsilon_0 = (\text{úhel 2} - \text{úhel 1}) / 2$$



obr 2.1

2.1 Měření prvních tří čar Balmerovy série atomu vodíku

Po změření úhlů spektrálních čar jsme si vypočítali index lomu podle (*) a dále vlnovou délku pomocí (**), který jsme upravili na tvar

$$\lambda = \frac{c}{n - n_n} + \lambda_n$$

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

barva spektrálních čar	index lomu	vlnová délka
fialová	$n=1,79178953$	$\lambda = 434,1233 \text{ nm}$
modrá	$n=1,77450567$	$\lambda = 486,5180 \text{ nm}$
červená	$n=1,74705355$	$\lambda = 654,9223 \text{ nm}$

Tabulka 2: Hodnoty vlnových délek spektrálních čar vodíkové výbojky

Hodnoty počítané empirickým vzorcem

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad \lambda = \frac{1}{R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)}, \quad \lambda = \frac{1}{R \left(\frac{4n^2}{n^2 - 4} \right)}$$

jsou uvedeny v tabulce 3

barva spektrálních čar	vlnová délka
fialová	$\lambda = 434nm$
modrá	$\lambda = 486nm$
červená	$\lambda = 656nm$

Tabulka 3

Porovnání naměřených hodnot vlnové délky s vypočtenými hodnotami vlnové délky

Naměřené hodnoty	Vypočtené hodnoty
$\lambda = 434,1233 \text{ nm}$	$\lambda = 434nm$
$\lambda = 486,5180 \text{ nm}$	$\lambda = 486nm$
$\lambda = 654,9223 \text{ nm}$	$\lambda = 656nm$

Tabulka 4

3 Závěr

Výsledky ukazují, že spektroskopická měření jsou velmi přesná. Dále potvrzují existenci energetických hladin v atomech. Tento pokus dále potvrzuje správnost teorie Bohrova modelu atomu pro atom vodíku z počátku 20. stol.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat Davidu Tlustému za velkou podporu a trpělivost. Dále děkujeme fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské v Praze za umožnění akce, ale také i energetické skupině ČEZ za finanční podporu.

Reference:

- [1] URL: <<http://www.optics.arizona.edu/Palmer/cgi-bin/index/dispeqns.pdf>>
[cit. 2007-06-19]
- [2] URL: <<http://fyzika.fjfi.cvut.cz/index.php?said=19&sbid0=96&sbid1=99&task=001>>
[cit. 2007-06-19]

Vodík - palivo budoucnosti?

Petr Distler, Gymnázium Jeseník, petrdistler@seznam.cz

Martin Šefl, Gymnázium Uničov, seflmartin@centrum.cz

Matěj Včelák, Gymnázium Plasy, matejvcelak@seznam.cz

Tomáš Sýkora, Gymn. Českolipská Praha 9, tomas.sykora@email.cz

Abstrakt:

V našem projektu jsme se zaměřili na vodíkový palivový článek – je skutečně tak dobrým a účinným zdrojem energie, či se jeho výhody přeceňují? Budeme s ním moci počítat i v běžném životě, a ne jen v kosmu? Článek pracuje na principu obrácené elektrolýzy vody. Vodík se na elektrodách rozloží na kation a anion, projde speciální membránou polymeru do úschovné nádoby. Následnou reakcí se vzdušným kyslíkem dochází k uvolňování energie.

Elektrony, jenž byly odtrženy od vodíku, tvoří elektrickou energii, kterou můžeme využít ke konání práce. Účinnost, s jakou pracuje palivový článek, se pohybuje kolem 60 %. Problém tvoří drahá výroba a skladování.

1 Úvod a historie

Každého člověka v dnešní energeticky náročné době napadla otázka, čím by mohla přistí, možná i naše generace topit a svítit, či na co budou jezdit dopravní prostředky. Když vyčerpáme zdroje ropy do poslední krůpěje, vytěžíme veškeré uhlí a vydobudeme všechen zemní plyn? Kde bychom mohli najít naši budoucnost nebo alespoň její část (náhradní zdroje)? Rozhlédněte se. Čeho naleznete kolem sebe mnoho? Jaký prvek se hojně vyskytuje v nás i v celém vesmíru? Vodík je možnou odpovědí na všechny předešlé otázky!

O vodíku se už dlouhou dobu mluví jako o případné náhradní alternativě k benzínu a k naftě. Představa vozidel jezdících na vodík, se už pomalu naplňuje. Modely s vodíkovým pohonem představilo hned několik automobilek, např. Ford, Toyota a Mercedes.

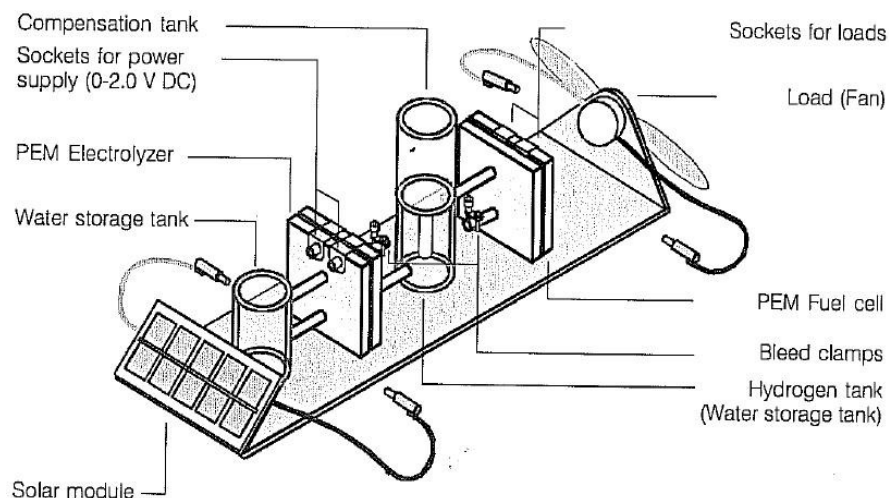
Palivový článek popsal v roce 1838 Christian Friedrich Schönbein. Na základě jeho práce v roce 1839 sestrojil sir William Grove první článek. Roku 1889 Charles Langer a Ludwig Mond vyrobili článek napájený svítíplynem, který byl ale příliš nákladný. Tehdy byl jednou z mála alternativ výroby elektrické energie. Když bylo vynalezeno mnohem levnější dynamo, na palivový článek se v podstatě zapomnělo. Článkem se zabýval později i Francis Bacon a vynalezl článek na hydroxid draselný.

Největší rozvoj zaznamenaly palivové články v počátcích dobývání vesmíru. Používaly se v projektu Apollo i Gemini. Uplatňují se dodnes v raketoplánech, ponorkách a vzducholodích, pracuje s nimi armáda a jiné instituce, které si mohou dovolit vysoké náklady.

Je palivový článek vhodný i pro běžné používání například v automobilech a domácnostech? Zatím se často nepoužívá nejen kvůli ceně výroby, ale i skladování, protože se malé atomy vodíku dostanou skrz atomovou mřížku jiných prvků.

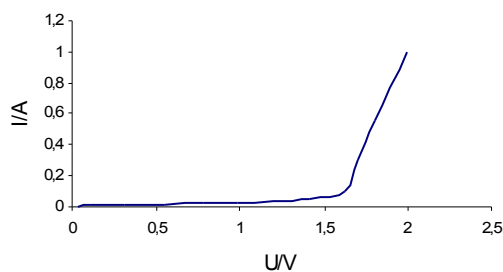
2 Palivový článek

K vlastnímu experimentu jsme používali palivový článek, který si můžete prohlédnout na obrázku 1. Jako úkol jsme si stanovili změřit voltampérovou charakteristiku článku a jeho výkon.



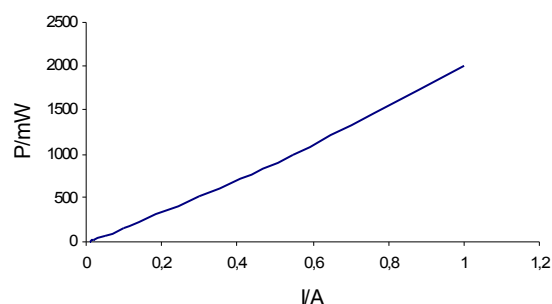
Obrázek 1

Voltampérová charakteristika elektrolyzéru



Graf 1

Výkonnostní charakteristika elektrolyzéru



Graf 2

Celý přístroj se skládá ze dvou hlavních částí. První slouží k výrobě vodíku a druhou část pak tvoří samotný palivový článek vyrábějící z vodíku elektrickou energii. Zdrojem energie pro elektrolýzu vody je solární panel. Nám bohužel nesvítilo slunce, a proto jsme se rozhodli použít pro elektrolýzu stálý zdroj elektrického napětí (tím se nám značně urychlila výroba vodíku). Při elektrolýze se destilovaná voda rozkládá na vodík a kyslík. Vodík se shromažďuje v nádobce a vytlačuje vodu do horní nádoby.

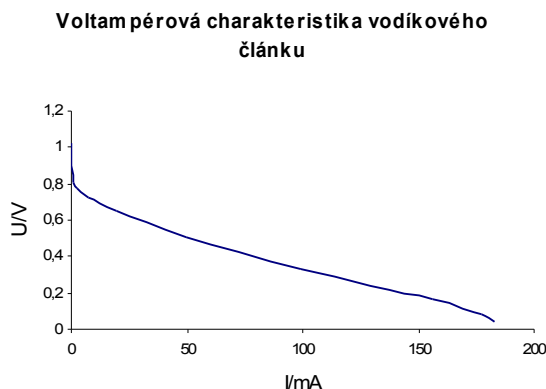
Nejprve jsme měřili voltampérovou charakteristiku elektrolyzéru (Graf 1).

Když byla nádobka plná vodíku, uvolnili jsme ventil a začali měřit. Vodík se začal slučovat se vzdušným kyslíkem a vznikl elektrický proud.

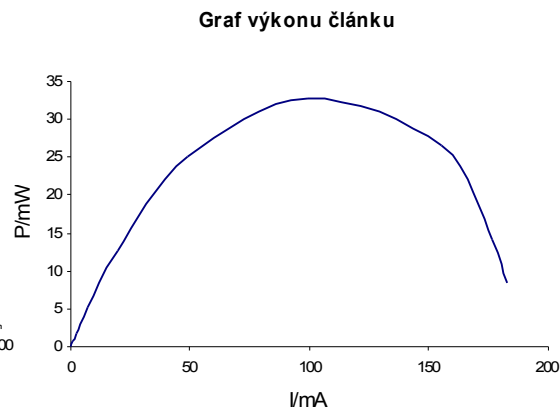
Napětí naprázdno bylo 1,01 V. Pak jsme pokračovali měřením voltampérové charakteristiky palivového článku. Naměřené hodnoty jsme zpracovali (Graf 2).

Dalším grafem je výkonnostní charakteristika palivového článku (čili závislost výkonu na procházejícím proudu). Získali jsme jej pouhým výpočtem podle vzorce $P = UI$ a následným zpracováním v MS Excelu.

Posledním krokem je výpočet účinnosti palivového článku. Získali jsme jej porovnáním výkonu elektrolyzátoru a výkonu palivového článku. Podle tabulkových hodnot se má účinnost pohybovat okolo 60 %. Naším měřením jsme získali hodnotu 46 %, což bylo jistě způsobeno neideálními podmínkami měření.



Graf 3



Graf 4

3 Závěrečné zamyšlení

Palivový článek je určitě zajímavá alternativa zdroje energie. Bohužel je vodík jako palivo stále velmi drahé, a proto se obáváme, že si zatím obyčejní lidé nebudou moci dovolit tento zdroj využívat. Vodík dobře splňuje požadavky na dlouhodobé skladování energie vyrobené klasickou cestou v elektrárnách, a proto je vhodný pro armádu, kosmonautiku a všude jinde, kde je potřeba mobilní zdroj energie nezávislé na slunečním svitu – případně, kde není možno využívat energii ze štěpení. Vodík je rozhodně ekologičtější než benzín či nafta, neboť při činnosti vzniká pouze voda. I v účinnosti dvojnásobně poráží benzínové a dieselové motory. Přesto se díky jeho ceně zřejmě v dohledné době s masovým rozšířením palivových článků nesetkáme.

Poděkování

Děkujeme hlavně organizátorům Fyzikálního týdne 2007 a našemu supervisorovi Bc. Miroslavu Krůsovi za pomoc při řešení miniprojektu.

Reference:

- [1] JANEČKA, J. *Je vodík cestou z palivové krize? Časopis Science 4/2007, Mladá fronta, str. 38 – 40*
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nek [cit. 19-06-2007]
- [3] www.h-tech.com
- [4] <http://vodik.czweb.org/view.php?cislocclanku=2006021501> [cit. 19-06-2007]

Taylorov polynom jako základny nástroj numerického modelování fyzikálních dějů

Michal Maixner*, Štěpán Pilař**

Gymnázium Varšavská, Žilina*; Gymnázium Nad Kavalírkou, Praha
5**

Umaxo1@azet.sk*; mingan.stepi@gmail.com**

Abstrakt:

Jistě jste se setkali s problémy ve fyzice, kdy jste našli řešení fyzikálního problému v podobě složité diferenciální rovnice a neuměli jste ji analyticky vyřešit. Právě na to byly vyvinuty různé numerické metody jako Eulerova, či Runge-Kuttova. Jsou založené na počítání nové polohy tělesa (nebo jiné potřebné veličiny) z předcházejících kroků. Je pochopitelné, že přesnost metody velmi závisí na délce kroku. Protože člověk má velmi omezenou schopnost dělat rychlé výpočty, používá se na tyto metody výpočetní technika. Ale ani ona nemá nekonečnou rychlost výpočtů, a proto potřebujeme najít metodu, která je co nejpřesnější, zároveň musí mít co nejmenší časovou a paměťovou náročnost. V této publikaci se budeme zabírat právě dvěma metodami – Eulerovou a Runge-Kuttovou – a to na relativně jednoduchých příkladech, které sice dokážeme vyřešit analyticky, ale jsou velmi vhodné na názornou ukázkou metod.

1 Úvod

Numerické modelování fyzikálních dějů je velmi důležitý nástroj pro fyziky. Hlavně v moderní fyzice se stává, že některé problémy jsou analyticky neřešitelné. Samozřejmě pro samotného člověka jsou tyto problémy neřešitelné i pomocí numerických metod. Jenže člověk si pomohl vytvořením počítačové techniky, která složité výpočty zvládne ve velmi krátkém čase. A tak tato metoda v dnešní době, kde o techniku není nouze, slaví úspěch. Proč ovšem mluvíme o metodách v množném čísle? Protože jich existuje mnoho a jsou rozdíly jak v jejich implementaci, tak v přesnosti výsledků. V této práci se podíváme na dvě nejjednodušší metody – Eulerovu a Runge-Kuttovu.

2 Numerické modelování fyzikálních dějů

Stručná charakteristika

Při řešení fyzikálních úloh často narazíme na analyticky neřešitelnou rovnici. Proto musíme použít numerické metody. Ty jsou založeny na posloupnosti kroků. Zvolíme si malý interval a

na něm předpokládáme, že platí podmínky z posledního kroku. Teda jak se síla mění s časem, tak si zvolíme malý časový interval, na kterém předpokládáme, že je tam síla konstantní. Z toho je jasné, že čím je tento interval menší, tím je výsledek přesnější.

Eulerova metoda

Je to nejjednodušší metoda a zároveň nejméně přesná. Vychází přímo z definice fyzikálních veličin. Vyřešme tedy příklad:

Jaká je časová závislost výšky tělesa při svislém vrhu? Na těleso působí stálá síla $F = -mg$ a z druhého Newtonova zákona dostáváme $\frac{d^2x}{dt^2} = -g$. Předpokládejme, že toto neumíme analyticky vyjádřit. Rovnici si můžeme přepsat na dvě rovnice:

$$\frac{dx}{dt} = v_x$$

$$\frac{dv_x}{dt} = -g$$

A teď použijeme Eulerovu metodu:

Z definice derivace dostáváme $v_x(t_n, x_n) = \lim_{h \rightarrow 0} \left[\frac{x(t_n + h) - x(t_n)}{h} \right]$. Tedy pokud bychom

chtěli přesně zjistit rychlost v závislosti na čase a dráhy, museli bychom použít nekonečně malý časový interval. To by však mělo za následek nekonečný počet výpočtů. Je jasné, že tohoto nemůžeme prakticky dosáhnout, ale musíme si zvolit h rozumně velké. Tedy pokud nepředpokládáme, že h se blíží nule, dostáváme:

$$v_x(t_n, x_n) = \frac{x(t_n + h) - x(t_n)}{h}$$

$$h v_x(t_n, x_n) + x(t_n) = x(t_n + h)$$

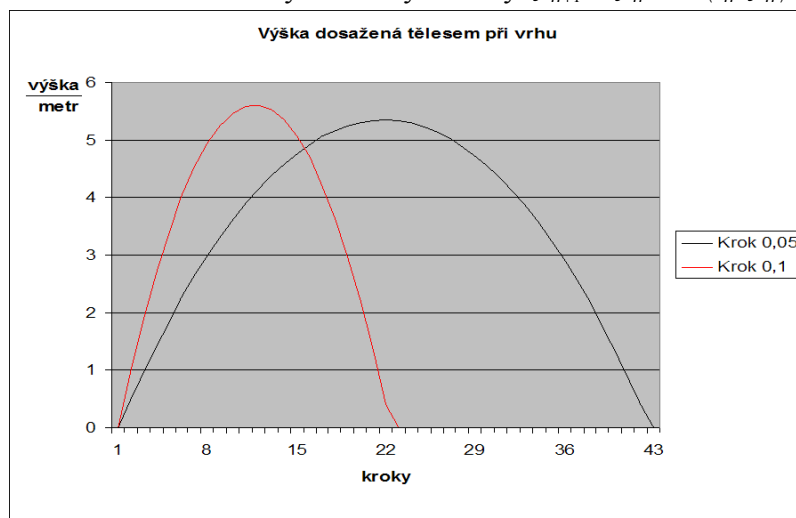
(Protože $t_n + h = t_{n+1}$, můžeme takto dostat všeobecný Eulerovy metody $y_{n+1} = y_n + hf(t_n, y_n)$.)

A stejně pro druhou rovnici:

$$-g = \frac{v_x(t_n + h) - v_x(t_n)}{h}$$

$$-gh + v_x(t_n) = v_x(t_n + h)$$

Tyto rovnice zadáme do počítače, zadáme počáteční podmínky pro $t_n = t_0$ a problém je vyřešený.



Taylorův rozvoj

Taylorův rozvoj je velmi důležitá rovnice, na které jsou založené obě numerické metody, které budeme nebo jsme popisovali. Z předcházejícího jsem odvodil Eulerovu metodu pomocí zanedbání toho, že h se musí pro přesný výpočet nevyhnutelně blížit nule. Taylorův rozvoj je způsob přepisu funkce, pokud poznáme předchozí krok a interval mezi kroky. Jeho tvar je následovný:

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0)h + \frac{f''(x_0)}{2!}h^2 + \frac{f'''(x_0)}{3!}h^3 + \dots$$

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} h^k$$

$$x = x_0 + h$$

Z tohoto vidíme, že první dva členy z rozvoje jsou Eulerova metoda. Kdybychom použili celý rozvoj, dostaneme přesnou hodnotu $f(x)$. Jenže tento rozvoj je nekonečný, takže bychom potřebovali nekonečný počet výpočtů. Opět však funguje princip, že čím víc členů z rozvoje vybere, tím přesnější bude výsledek. Na to je založena i další metoda, nazvaná Runge-Kuttova, která pracuje s prvními čtyřmi členy Taylorova rozvoje (samozřejmě můžu pracovat i s více členy, ale čtyři jsou nejpoužívanější).

Runge-Kuttova metoda

Tato metoda je přesnější, než Eulerova, ale její nevýhodou je značná složitost, poměrně velký počet výpočtů. Její odvození už není tak jednoduché jako u Eulerovy metody, takže se spokojíme s tím, že metoda byla dokázána a odvozená a nemusíme to dělat i my. Její tvar je následovný pro první čtyři členy Taylorova rozvoje.

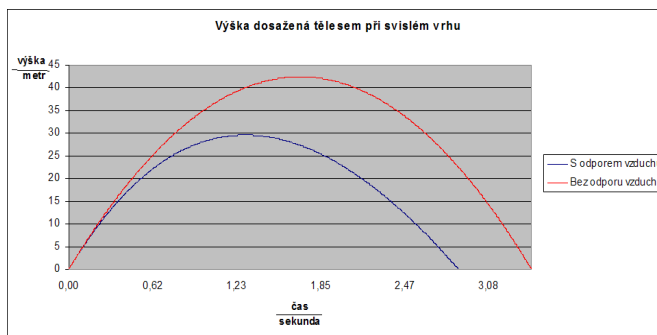
$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$k_1 = f(t_n, y_n)$$

$$k_2 = f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1\right)$$

$$k_3 = f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2\right)$$

$$k_4 = f(t_n + h, y_n + hk_3)$$

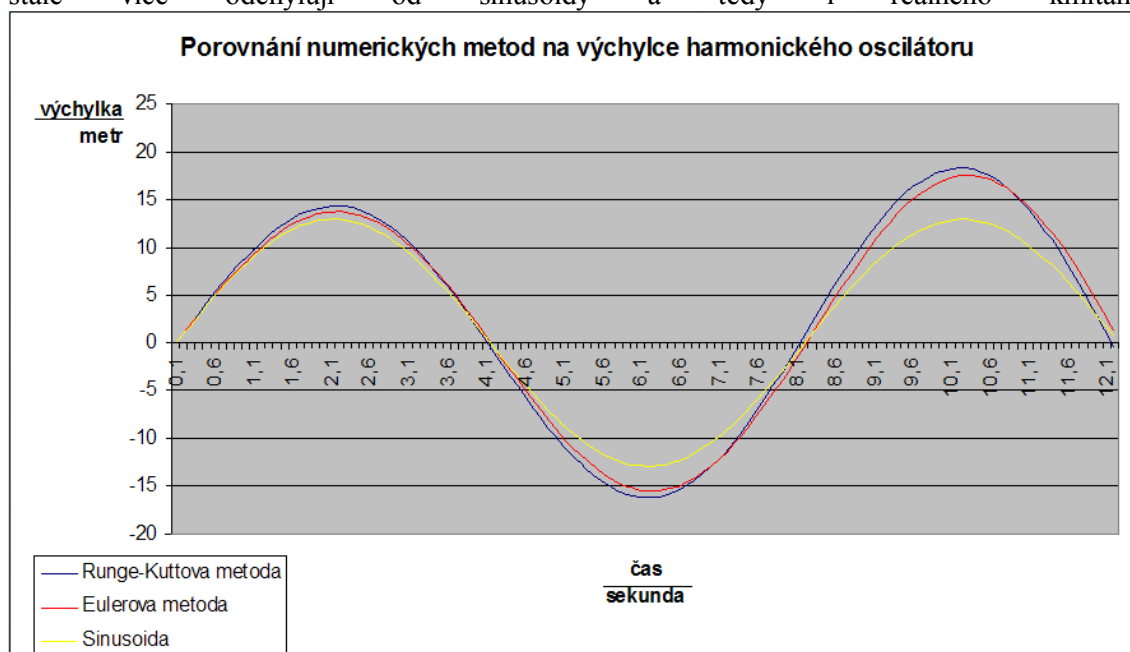


Porovnání Eulerovy a Runge-Kuttovy metody na harmonickém oscilátoru

Vyřešením rovnic pro harmonický oscilátor (nebudeme rozebírat postup, jak jsem dostali graf)

$\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$ dostaneme graf. Na jeho vykreslení jsme použili podobný postup jako při výše uvedených úlohách, ale použili jsme jednak Eulerovu metodu, jednak Runge-Kuttovu metodu. Výsledky jsme porovnali se sinusoidou, která je (jak je všeobecně známo) analytickým řešením pro harmonický oscilátor.

Můžeme vidět, že Runge-Kuttova metoda je přesnější než Eulerova, v tomto případě ne o tolik – Runge-Kuttova je přesnější ve shodě na x-ové ose, Eulerova se více blíží amplitudě sinusoidy. Kdybychom modelovali delší časový úsek, zjistili bychom, že obě dvě metody se stále více odchyľují od sinusoidy a tedy i reálného kmitání.



3 Shrnutí

Naše výpočty ukázaly odlišnosti mezi Eulerovou a Runge-Kuttovou metodou. Současně jsme zkoumali vlivy jednotlivých parametrů (především délku kroku) na výsledek. Můžeme říct, že pokud je zapotřebí numerická modelace nějakého děje, tak existuje škála metod, které poskytují různě přesné výsledky. Při rozhodování, kterou metodu využijeme musíme brát v potaz délku trvání zkoumaného jevu, účel modelu a tedy jeho přesnost a samozřejmě výpočetní potenciál, který máme k dispozici.

Runge-Kuttova metoda není nejpřesnější samozřejmě. Jsou další metody založené na podobných principech, s více kroky či kombinací těchto prvků. Za nejpřesnější můžeme označit metodu predikátor-korektor, která je logicky také nejnáročnější pro modelaci.

Poděkování

Velice děkujeme našemu supervizorovi Ing. Hynku Lavičkovi za jeho konzultace a navedení správným směrem.

Reference:

- [1] Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic
URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/Numerické_řešení_obyčejných_diferenciálních_rovnic
[cit. 2007-06-19]
- [2] Eulerova metoda URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/Eulerova_metoda [cit. 2007-06-19]
- [3] Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic – počáteční úloha URL: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-558-7/pages-img/058.html [cit. 2007-06-19]

Měření rentgenových spekter Cu anody

Josef Navrátil, Bořek Leidl, Jan Stránský

Gymnázium I.O. Semily, SPS Stavební Plzeň, Gymnázium Dobruška

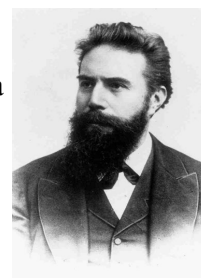
pepa.navratil@gmail.com, leidl@seznam.cz, str.jan@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho měření bylo pozorování rentgenového záření a jeho vlastností pomocí krystalového spektrometru LiF, a také změření Planckovy konstanty.

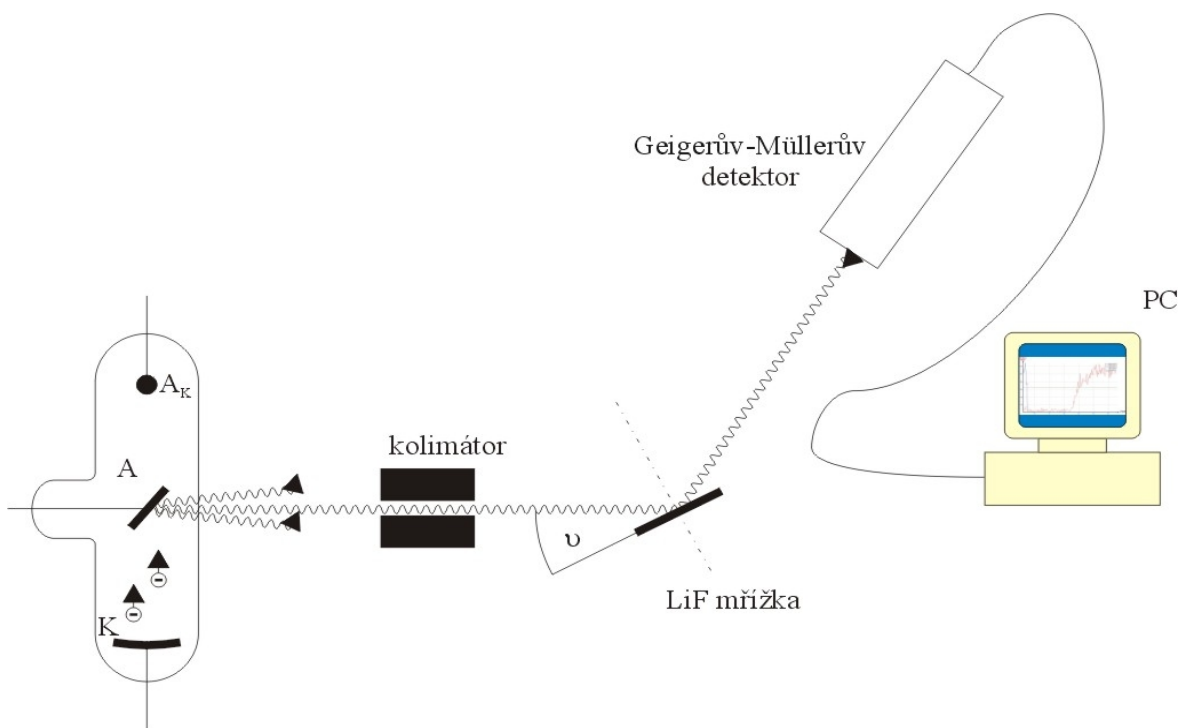
1 Úvod

Rentgenové záření objevil náhodou v roce 1895 německý badatel W.C. Rentgen a v roce 1901 za tento objev získal jako první Nobelovu Cenu za Fyziku. V roce 1906 C.G. Barkla. Největšího využití našel jeho objev v medicíně při zjišťování diagnózy.



W. C. Röntgen

2 Aparatura



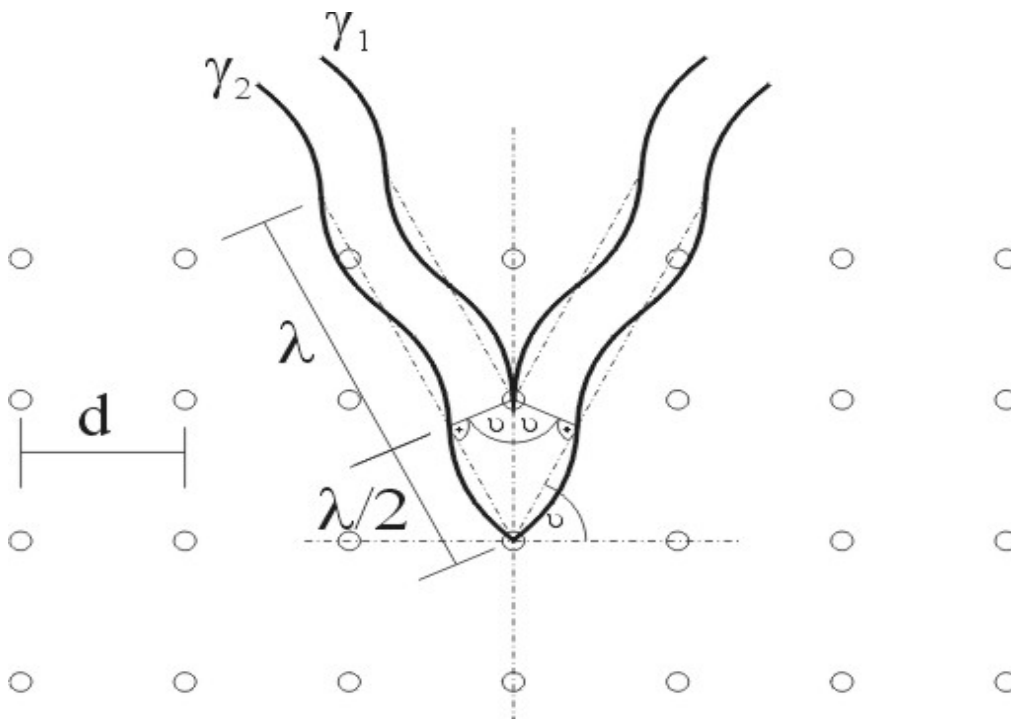
Obr 1: Schéma přístroje

Základem přístroje je rentgentka, tj. dioda zapojená v obvodu s vysokým napětím (v našem případě 15-35kV). Na žhavené katodě se emitují elektrony s energií danou Boltzmannovským rozdělením rychlostí. Tyto elektrony jsou vysokým napětím urychleny a dopadají na anodu, kde mohou vyrazit elektron z atomu a po přechodu elektronu z vyšších hladin dojde k vyzáření tzv. charakterického záření, nebo mohou dopadem na anodu zbrzdit a vzniká brzdné záření – záření X, které vylétá z trubice ven. Energie letících elektronů je vyjádřena vztahem $E=e \cdot U$, kde e je elementární elektrický náboj a U je urychlující napětí. Energie, která se přemění na rentgenové záření je přímo úměrná protonovému číslu materiálu, ze kterého je vyrobena anoda. Proto se na její výrobu používají těžké kovy (nejčastěji Wolfram).

Další část přístroje tvoří kolimátor, který kolimuje rentgenové záření do svazku rovnoběžných paprsků.

Poté paprsek pokračuje ke krystalu LiF umístěnému na goniometru (přístroj na měření úhlů), kde dochází k interferenčnímu rozptylu a výslednou intenzitu rozptýleného svazku detekujeme na Geiger-Müllerově detektoru, který je připojen k počítači.

3 Braggova rovnice



Obr 2: Odvození Braggovy rovnice

Rovnice, která popisuje interferenční rozptyl na krystalu se nazývá Braggova rovnice a má tvar $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$ (1)

kde d je mřížková konstanta, n řád maxima, λ vlnová délka záření a θ úhel rozptylu záření. Pokud budeme měnit úhel θ , bude se měnit intenzita rozptylu. Při určitém úhlu bude intenzita záření nejvyšší, protože obě vlny budou mít stejnou fázi a bude zde tzv. první reflexe.

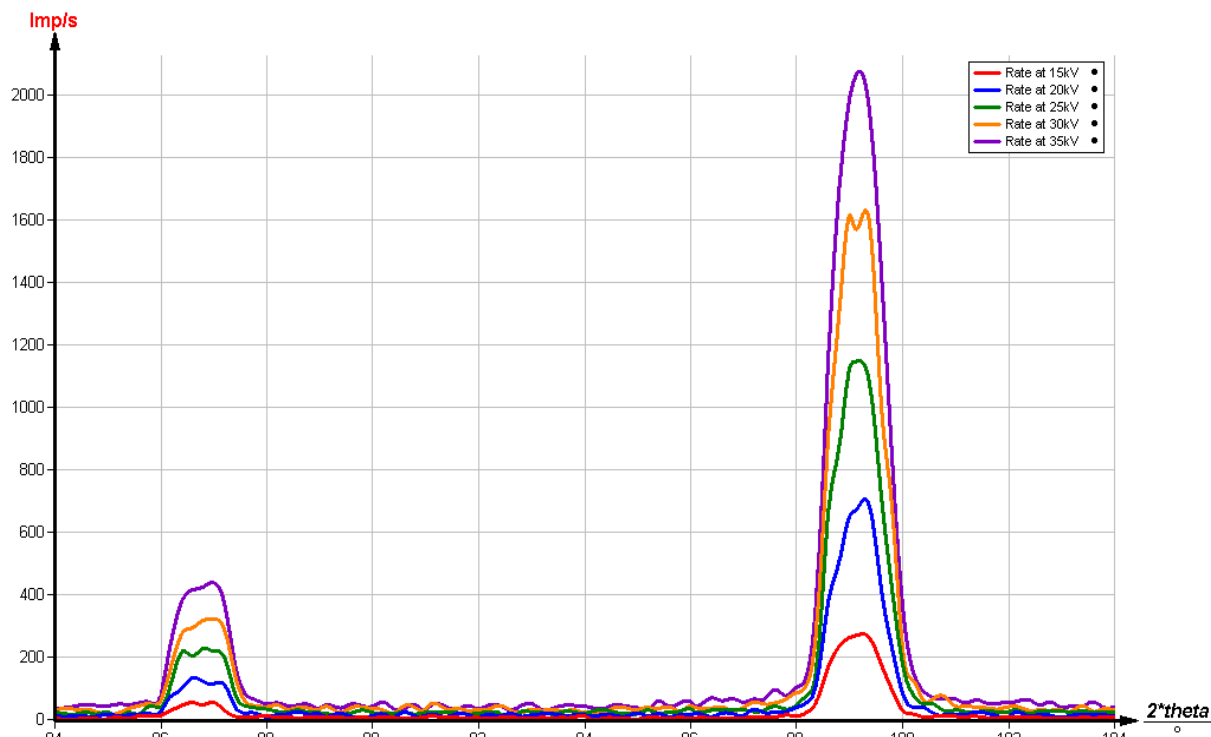
Pokud do Braggovy rovnice dosadíme $\lambda = h \cdot c / E$ dostáváme vztah:

$$\frac{n \cdot h \cdot c}{E} = 2 \cdot d \cdot \sin \theta \Leftrightarrow E = \frac{n \cdot h \cdot c}{2 \cdot d \cdot \sin \theta} \quad (2)$$

Hodnoty θ získáme měřením. Později budeme schopni z tohoto vztahu vypočítat hodnotu Planckovy konstanty.

4 Výsledky měření a výpočet Planckovy konstanty

Měřila se závislost intenzity rozptýleného záření a úhlu θ při různých napětích (15-35 kV). Výsledky se zaznamenávaly v počítači do grafu. Z výsledných grafů lze nalézt maxima prvního a druhého řádu pomocí nařítování křivky Gaussovým rozdělením a vypočítat jejich energie v maximech.



Obr 3: Graf závislosti počtu impulsů na úhlu θ a různých napětích. Levý peak – brzdné záření; Pravý peak – charakteristické záření

U(kV) / I	$K_{\alpha 1} - E(J)$	$K_{\alpha 2} - E(J)$	$K_{\beta 1} - E(J)$	$K_{\beta 1} - E(J)$
15	1,317E-18	1,303E-18	1,456E-18	1,442E-18
20	1,320E-18	1,306E-18	1,456E-18	1,442E-18
25	1,317E-18	1,303E-18	1,456E-18	1,442E-18
30	1,317E-18	1,303E-18	1,456E-18	1,442E-18
35	1,314E-18	1,300E-18	1,456E-18	1,442E-18

Tabulka 1: Energie hladin α a β (maxima prvního řádu)

U(kV) / I	$K_{\alpha 1} - E(J)$	$K_{\alpha 2} - E(J)$	$K_{\beta 1} - E(J)$	$K_{\beta 1} - E(J)$
15	1,302E-18	1,299E-18	1,439E-18	1,438E-18
20	1,301E-18	1,299E-18	1,439E-18	1,438E-18
25	1,301E-18	1,299E-18	1,443E-18	1,438E-18
30	1,301E-18	1,299E-18	1,443E-18	1,437E-18
35	1,301E-18	1,298E-18	1,443E-18	1,437E-18

Tabulka 2: Energie hladin α a β (maxima druhého řádu)

Pokud známe urychlovací napětí, můžeme využít Braggovu rovnici a dosazením hodnot získat velikost Planckovy konstanty. Víme, že $E=e.U$, kde e je elementární elektrický náboj.

$$\frac{n.h.c}{e.U} = 2.d.\sin \theta \Leftrightarrow h = \frac{2.d.e.U.\sin \theta}{nc} \quad (3)$$

Měření jsme provedli pro různé hodnoty napětí, a pro výpočet jsme použili metodu nejmenších čtverců. Vyšla nám hodnota:

$$h = 6,04 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}^{-1},$$

což se od tabulkové hodnoty liší přibližně o 11%.

5 Shrnutí

Podařilo se nám změřit energii hladin α a β , dále jsme dokázali získat přibližnou hodnotu Planckovy konstanty, která je jedinou konstantou v kvantové mechanice a také jsme se naučili pracovat s rentgenovou aparaturou PHYWE.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Davidu Tlustému, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské v Praze a nadačnímu fondu teoretické fyziky

Reference:

- [1] RNDr. Ullmann Vojtěch.: *Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření*
URL: <<http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>> [cit. 19.06.2007]
- [2] Vladimír Linhart.: *Studium rentgenového spektra – úvod*, 2003
- [3] URL: <<http://fyzika.fjfi.cvut.cz/index.php?said=19&sbid0=83&sbid1=101&task=001>>
[cit. 19.06.2007]

Studium ultrazvukových vln

Helena Bohuslavová¹, Kristýna Štancelová²

¹Katolické gymnázium Třebíč, ²Gymnázium Bučovice

¹HelenaBohuslavova@seznam.cz, ²akinara@seznam.cz

Abstrakt:

Časté využívání ultrazvukových vln v mnoha odvětvích jako je medicína, technika i živá příroda, nás vedlo k pochopení jeho základního principu a použití v praxi.

Při našem projektu jsme pomocí generátoru zvukových vln (40 kHz) s vysílačem a přijímačem ověřovali zákon odrazu, kdy nám odražený signál zaznamenával osciloskop. Druhá část experimentu se týkala měření rychlosti zvuku a měření vzdálenosti, kde jsme využili laboratorní princip sonaru. Dalším krokem naší studie bylo experimentálně dokázat Dopplerův jev pomocí změny frekvence zvukových vln. V poslední části projektu jsme se zabývali difrakčními jevy na mřížce.

Teorie ultrazvuku

Ultrazvukové vlnění získáme periodickým nabíjením destičky vhodného materiálu (např. křemene, syntetické látky). Nastává piezoelektrický jev. Vlivem proudu se materiál smršťuje a rozpíná (deformuje). A tím vzniká mechanické vlnění.

Oblast mechanického vlnění s frekvencí vyšší než 16 000 Hz označujeme jako ultrazvuk. Člověk není schopen takto vysoké hodnoty zpracovávat, a proto ho nedokážeme vnímat. Naproti tomu může ultrazvuk některým živočichům sloužit jako prostředek k dorozumívání, jako je tomu u delfínů. Delfíni spolu s netopýry používají echolokační princip k vyhledávání potravy, rozpoznání překážek.

Echolokace je postup, kdy se vysílaný zvuk odrazí od předmětu zpět, kde je zachycen. Z času od vyslání vlny (zvuku) do příjmu odražené vlny (ozvěny) se dá spočítat vzdálenost předmětu. Princip echolokace se dá také využít při zkoumání hloubky moří a oceánů – používané zařízení se nazývá sonar. Sonar (z anglického SOund Navigation And Ranging - zvuková navigace a zaměřování [1]) je zařízení na principu radaru, které místo rádiových vln používá ultrazvuk. Používá se především pod vodou, protože rádiové vlny mají pod vodou výrazně menší dosah než na souši a zvuk naopak větší.

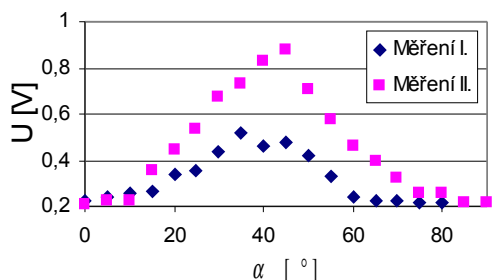
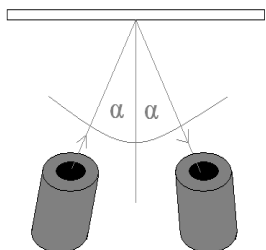
V technice je ultrazvukem možno “prosvítit” vrstvu kovu tlustou i více než 1 m, tedy mnohem více než rentgenovým zářením. Při tom lze zjistit nehomogenní místa o rozměru třeba jen 1 mm. Dále se ultrazvuku využívá pro čištění vzduchu (odstranění exhalací), sterilizaci vody, mléka a jiných roztoků, promíchání galvanické lázně, čištění předmětů, v medicíně při fyzioterapii nebo při zjišťování pohlaví dítěte. Není pochyb, že ultrazvuk má před sebou velkou budoucnost.

Experiment

V našem experimentu jsme použili následující přístroje: Generátor 40 kHz, přijímač/vysílač zvukových vln, zesilovač, parabolická anténa s vysílačem, odrazová plastová deska, dvoukanálový osciloskop, difrakční mřížka s nastavitelným počtem šěrbin, elektrický vozíček s nastavitelnou rychlostí pojezdu, pojezdová lavice s měřítkem (2 ks), stopky, kabely, laserový zaměřovač.

Ověření zákona odrazu $\alpha=\beta$

Zjišťovali jsme velikost úhlu odrazu zvukových vln na odrazové ploše pomocí odečítání velikosti zobrazeného signálu na osciloskopu, viz obr.1. Postupným otáčením odrazové desky o pět stupňů jsme na osciloskopu zjišťovali rozdíl v amplitudě sinusové křivky. Hodnoty jsme zapisovali do tabulky, z které jsme vytvořili graf, obr. 2.



Obr. 1.: Schéma rozestavení aparatury. Obr. 2.: Ověřování rovnosti úhlu dopadu a odrazu.

Výsledkem našeho pozorování v 1. měření bylo zaznamenání maximální hodnoty při úhlu 35° , což neodpovídá ve skutečnosti zákonu odrazu. V 2. měření maximální hodnota nastala při úhlu 45° , což odpovídá zákonu odrazu. Úhel dopadu se rovnal úhlu odrazu.

Měření rychlosti zvuku

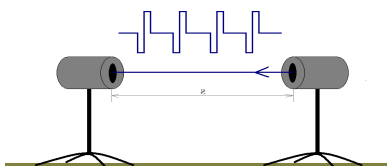
Dvoukanálovým osciloskopem s módem pro odečítání časových intervalů jsme zjišťovali rychlost zvuku dle vztahu

$$c = \frac{s}{t}, \quad (1)$$

kde c je rychlost zvuku ve vzduchu, s je součet vzdáleností mezi vysílačem a přijímačem a t je časový interval zvukových vln mezi přijímačem a vysílačem. Posunem po pěti centimetrech jsme zaznamenávali rozdíl časových intervalů a pomocí toho jsme mohli vypočítat výslednou průměrnou rychlost zvuku,

$$c = 412 \text{ m/s.}$$

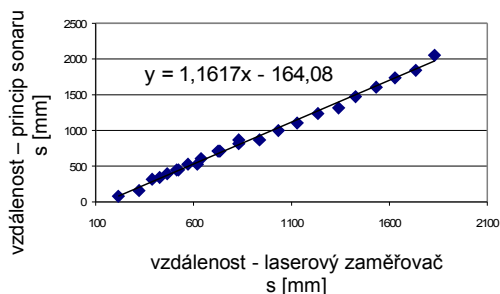
Při teplotě 28°C je tabulková hodnota rychlosti zvuku ve vzduchu 349 m/s .



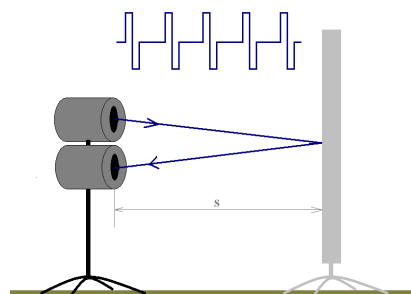
Obr. 3.: Schéma rozestavení aparatury při měření rychlosti zvuku.

Měření vzdáleností – princip sonaru

Při měření vzdálenosti jsme využili princip sonaru, vysílač a přijímač byly ve stejné poloze a na osciloskopu jsme odečítali dobu, za kterou se vrátil signál zpátky. Vzdálenost jsme měřili také laserovým zaměřovačem. Výsledky jsme srovnali v grafu obr.4. Princip sonaru funguje při větší vzdálenosti přesněji, v laboratoři jsme měřili s přesností pouze na 20 cm .



Obr. 4.: Srovnávací graf vzdáleností.



Obr.5.: Schéma aparatury.

Dopplerův jev

Dopplerův jev souvisí s posuvem frekvence v závislosti na rychlosti zdroje zvukových vln. Jestliže se vysílač zvukových vln pohybuje k přijímači, pak pro frekvenci přijímaných zvukových vln platí vztah

$$f = \frac{f_0}{1 - \frac{v}{c}}, \quad (2)$$

kde f_0 je počáteční frekvence, v je rychlost vysílače zvukových vln, který se pohybuje k přijímači a c je tabulková rychlost zvuku. Jestliže se pohybuje přijímač k vysílači, který je v klidu, platí vztah

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right), \quad (3)$$

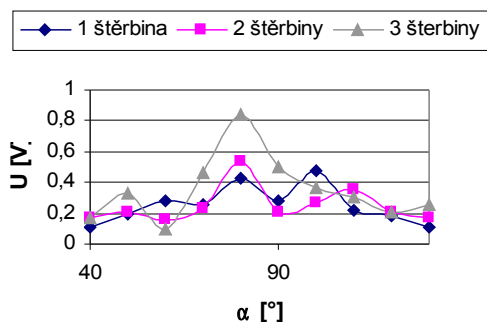
kde v je rychlost, při které se pohybuje přijímač k vysílači.

Popis experimentu: na pojezdovou lavici s měřítkem jsme umístili elektrický vozíček s přijímačem, který jsme posílali směrem od pevného vysílače. Na úseku 0,5 metru jsme stopkami měřili čas a na osciloskopu jsme pozorovali počáteční frekvenci zvukových vln a zapisovali do tabulky společně s frekvencí vln při pohybu vozíčku. Po naměření hodnot jsme rychlost vozíčku změnili a provedli nové měření. Pozici vysílače a přijímače jsme vyměnili, abychom dostali 4 způsoby pohybu. Výsledky jsou uvedeny v tab.1.

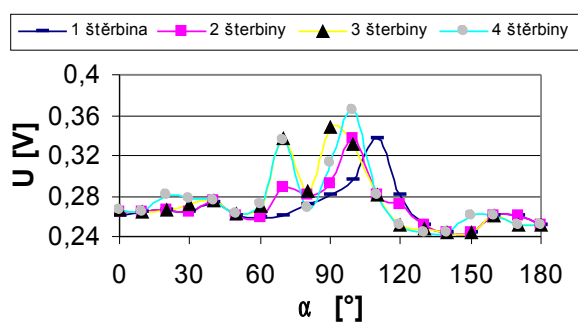
Tab. 1: Pozorování Dopplerova jevu.

vysílač pevný Pohyb: přijímač od vysílače	měřená	vypočtená	přijímač pevný Pohyb: vysílač od přijímače	měřená	vypočtená
	f [kHz]			f [kHz]	
	39,09	39,08		39,00	38,98
	39,04	39,01		38,99	38,97
vysílač pevný Pohyb: přijímač k vysílači	měřená	vypočtená	přijímač pevný Pohyb: vysílač k přijímači	měřená	vypočtená
	f [kHz]			f [kHz]	
	39,16	39,16		39,10	39,10
	39,15	39,14		39,03	39,03

Difrakce na mřížce



Obr.8.: Měření difrakce I



Obr.9.: Měření difrakce II.

Poslední částí našeho projektu bylo studium difrakčních jevů na mřížce $d = 3\text{cm}$. Naše pozorování difrakce je uvedené v grafech obr. 8, 9.

Závěr

Studovali jsme ultrazvukové vlny, zákon dopadu a odrazu jsme potvrdili. Změřili jsme rychlost zvukových vln ve vzduchu, při 28°C $c = 412\text{ m/s}$ (tab. hodnota je 349 m/s) a využili jsme princip sonaru na měření vzdálenosti. Dopplerův jev jsme úspěšně ověřili. Při difrakci jsme pozorovali maxima a minima.

Poděkování

Poděkování za finanční podporu, konzultace Katedře fyziky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské, ČVUT v Praze.

Reference:

- [1] WIKIPEDIE: *Ultrazvukové vlny*. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>, 2007, s. 1.
- [2] KOLEKTIV KF FJFI: *Studium ultrazvukových vln*. <http://praktika.fjfi.cvut.cz/>, 2007, s. 5.
- [3] HALLIDAY A SPOL.: *Fyzika, Mechanika – Termodynamika, Část 2*. Prométheus, 2001, s. 466-485.

Cavendishův pokus: Určení gravitační konstanty „Vážení Země”

Jiří Krist - Mendlovo gymnázium, Opava, SO2@seznam.cz
Tereza Steinhartová - gymnázium J. K. Tyla Hradec Králové,
SteinT@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem Cavendishova experimentu je určení gravitační konstanty prostřednictvím měření sil v řádech 10^{-10} N na torsních vahách. Pomocí gravitační konstanty lze určit nejen gravitační sílu působící mezi dvěma tělesy, ale i hmotnost libovolného tělesa, známe-li gravitační zrychlení a vzdálenost tělesa v daném místě.

1. Úvod

Newtonův gravitační zákon nám říká, že dvě tělesa se navzájem přitahují gravitační silou, která je přímo úměrná součinu hmotností obu těles a nepřímo úměrná kvadrátu jejich vzdálenosti. V matematickém vyjádření této síly se nám ale musí objevit gravitační konstanta, kterou jsme se rozhodly změřit. Vztah pro výpočet této síly je pak

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (1)$$

kde G je právě gravitační konstanta, m_1 , m_2 hmotnosti těles a r jejich vzdálenost.

Experiment je rovněž nazýván Vážení Země, což je nepřesné, ale vystihuje to jeden z největších přínosů. Jak bylo řečeno v abstraktu, změříme-li G můžeme určit nejen hmotnost Země, ale i jakéhokoli jiného tělesa, známe-li gravitační zrychlení a vzdálenost v daném bodě. Pro tento výpočet upravíme výše uvedený vztah do podoby

$$M = g \frac{r^2}{G}, \quad (2)$$

kde M je hledaná hmotnost a g je gravitační zrychlení v daném místě. (Jako g se standardně označuje tíhové zrychlení, do kterého je ale započteno odstředivé zrychlení na dané rovnoběžce. My ale potřebujeme pouze zrychlení dané gravitací planety, nikoli její rotací.)

Základní motivací pro nás bylo zkusit s jakou přesností se nám povede gravitační konstantu změřit.

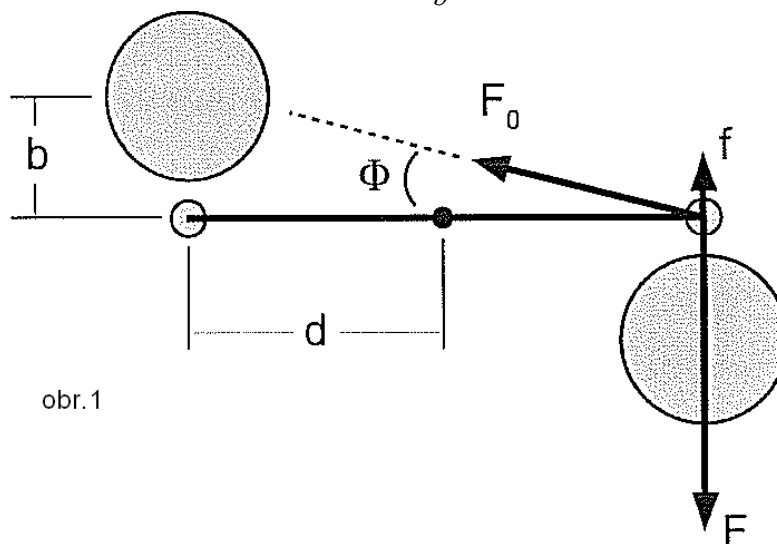
2. Experiment

a) Teorie: Měření na torsních vahách je založeno na vlastnostech lanka či pásku a nosné tyčky s tělesy. Lanko nám zde hraje roli pružiny, kterou v tomto experimentu nelze pro nedostatečnou přesnost při měření velmi malých sil použít.

Velké koule o hmotnostech m_1 působí na malé koule o hmotnostech m_2 stejně velkými silami opačného směru F podle gravitačního zákona, (samozřejmě působí i malé koule na velké silou F , ale zrychlení způsobené těmito silami je tak malé, že je neuvažujeme). Vzniká moment síly $\tau_k = 2Fd$ (d , F viz obrázek). Jako reakce na tento moment vzniká v lanku moment síly $\tau_l = -\kappa\theta$, kde θ je úhel stočení a κ je torsní neboli kroutící moment lanka. Tyto dva momenty se musí rovnat (zákon akce a reakce).

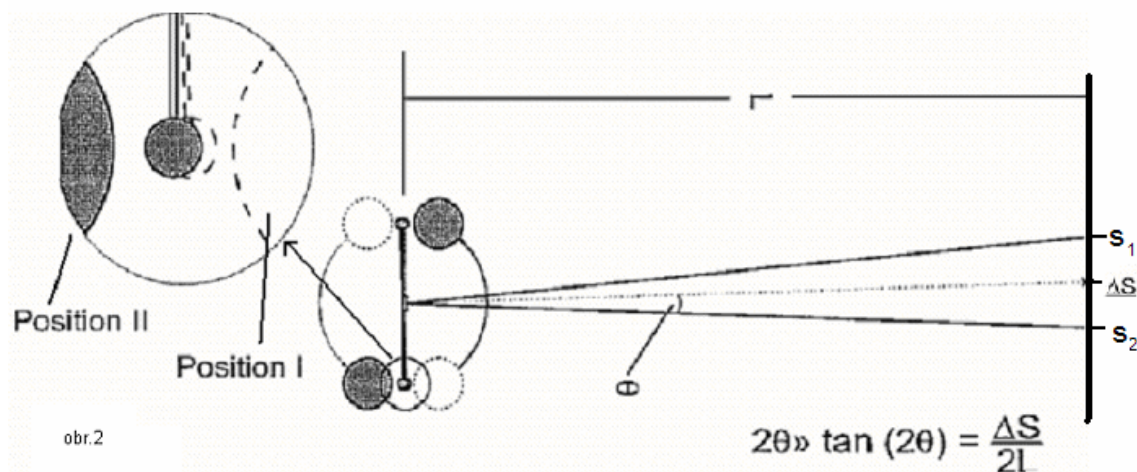
$$\tau_k = -\tau_l \quad (3)$$

$$\kappa\theta = 2dG \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (4)$$



Úhel θ si vyjádříme pomocí goniometrických funkcí a experimentálně naměřených hodnot $S_{1,2}$ (viz obr.2). Aproximace goniometrické funkce na její argument je možná u malých úhlů (cca do 5°).

$$\theta = \frac{\Delta S}{4L} \quad (5)$$



Torsní moment κ je s periodou kmitů torsních vah T , kterou získáme fitováním naměřených hodnot, ve vztahu

$$T^2 = \frac{4\pi^2 J}{\kappa}, \quad (6)$$

kde J je moment setrvačnosti soustavy malých koulí (m_2) vůči ose kolmé na tyčku a procházející jejím středem, přičemž tyčku pro její malou hmotnost zanedbáme. Moment J je za použití Steinerovy věty [2]

$$J = 2m_2(d^2 + \frac{2}{5}r^2). \quad (7)$$

Z toho je

$$\kappa = 8\pi^2 m_2 \frac{d^2 + \frac{2}{5}r^2}{T^2} \quad (8)$$

Nyní upravíme vztah (4), dosadíme do něj vztahy pro θ , κ a získáme vztah pro výpočet gravitační konstanty

$$G = \pi^2 \Delta S b^2 \frac{d^2 + \frac{2}{5}r^2}{T^2 m_1 L d} \quad (9)$$

Je nutné provést korekci. Malá koule m_2 je ovlivněna i vzdálenější větší koulí (obr.1,[3]-s.12).

$$G_0 = \frac{G}{1-b} \quad (10)$$

Do tohoto vztahu dosadíme naměřené a zpracované údaje.

b) Měření: Měření jsme prováděli metodou popsanou v manuálu [3] metodou II. Laserový



Výsledky: Laserový paprsek odrážející se od zrcátka na ose torsních vah dopadal na stupnici ve vzdálenosti L. Z této stupnice jsme odečítali hodnoty zobrazené v grafu černými tečkami. Je vidět, že změnou polohy velkých koulí jsme získali dvě různé sinusoidy. Navífováním v programu Orange jsme získali parametry těchto sinusoid a červenou stopu v grafu, která je zobrazením těchto funkcí s nejmenší možnou odchylkou od naměřených hodnot.

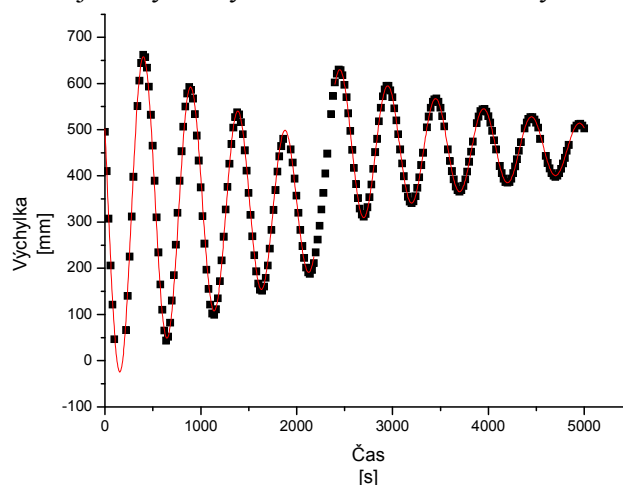
Tyto funkce zapíšeme

$$f = Ae^{-\frac{x}{\tau}} \sin\left(\frac{2\pi}{T}(x - x_c)\right) + A_0 \quad (11)$$

	1. funkce	2. funkce
A	396 ±6	-524±5
A ₀	336±1	460,7±0,1
T	492,5±0,5	500,1±0,1
τ	2090±70	2166±12
x _c	281	2577,1±0,2

Pro výpočet použijeme zvýrazněné hodnoty. T jsou periody z kterých uděláme průměr, A0 jsou hodnoty S1,2 (obr.2). Údaje uváděné v tabulce jsou výsledky dílčích měření – rozměry pomůcek a vzdáleností (obr.).

r	9,55	0,00955
d	50,00	0,05
b	46,50	0,0465
L	6077,00	6,077
dS	124,00	0,124
T	496,00	
m1	1,49	
G	G0	chyba %
6,01E-011	6,30E-011	
	6,67E-11	5,5



3. Shrnutí

Tento typ měření gravitační konstanty prováděn s chybou průměrně 5% [3], což jsme s naměřenou hodnotou 6,3 E-11 a tedy odchylkou 5,5% přibližně dodrželi. Myslím, že vzhledem k zaokrouhlování, které jsme prováděli, je výsledek opravdu dobrý. Asi nejdůležitější je dostatečně velký statistický vzorek měření, aby výsledek měření zpracovaný počítačem byl zatížen co nejmenší statistickou chybou.

4. Poděkování

Za konzultace našemu supervisorovi Davidu Koňáříkovi a za skvělé zázemí FJFI ČVUT.

5. Reference:

- [1] FEYNMAN, R. P. – LEIGHTON, R. B. – SANDS, M. *Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady* Fragment 2000 č. strany - 102
- [2] <http://www.vysokeskoly.cz/maturitniotazky/otazky/fyzika/TuheTeleso.htm>
- [3] Gravitational torsion balance PASCO scientific 1998
<http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FundKonst/Cavendish/CavendishEn.pdf>

- [4] Macháček, J.- Mouchová, Z- Nowakova, J. *Cavendishův pokus: Měření grav. konst.*
FYZTYD 2006 č. str. 2
<http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2006/web/post/prispevky/sbpdf/cavendish.pdf>

Základní experiment fyziky plazmatu

P. Háček, M.Kubič
Supervisoři miniprojektu, KF FJFI ČVUT, Praha
M. Tripský
Masarykovo gym., Příbor
m.tripsky@atlas.cz
K. Mitošinková
gym. Mikulov
K.Mitosinkova@seznam.cz
V. Nešverová
Gymnázium Jiřího Gutha – Jarkovského, Praha
v.nesver@volny.cz
M.Odstrčil
Gym. Postupická, Praha
Michal@gmail.com

Abstrakt:

Při doutnavém výboji jsme pomocí dvojité Langmuierovy sondy měřili voltampérovou charakteristiku (I-V) plazmatu v nízkotlakové výbojové trubici, která byla naplněna řídkým plynem (neon). Z těchto naměřených hodnot jsme sestrojili I-V charakteristiku, kterou jsme potom porovnali s teoretickou křivkou. Pomocí naměřených hodnot a jejich porovnávání jsme pak došli k hodnotám hustoty a teploty daného plazmatu.

1 Úvod

Při experimentu jsme pracovali s nízkoteplotním plazmatem. Plazma je kvazineutrální plyn nabitých a neutrálních částic, který vykazuje kolektivní chování. Kvazineutralita - celkový elektrický náboj je mnohem menší než celkové množství absolutní hodnoty záporného a kladného náboje. Kolektivním chováním rozumíme pohyby, které nezávisí pouze na lokálních podmínkách, ale rovněž na stavu plazmatu ve vzdálených oblastech. Dále jsme používali dvojitou Langmuierovu sondu, což je malá kovová elektroda, která přichází do přímého kontaktu s plazmatem a měří jeho proud. Pro I-V charakteristiku dvojitých Langmuierových sond platí vztahy (1) a (2):

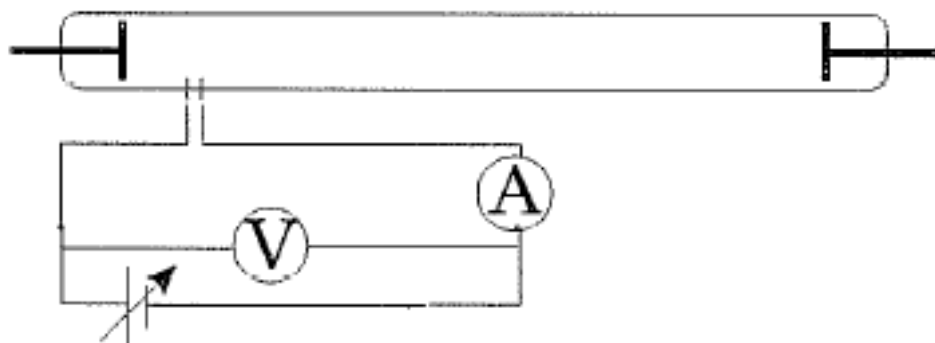
$$I = I_s \frac{e^{\left(\frac{q_e(V-\Delta\phi)}{kT}\right)} - 1}{1 - \frac{A_1}{A_2} e^{\left(\frac{q_e(V-\Delta\phi)}{kT}\right)}} \quad (1),$$

$$I_s = A q_e n_i \sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (2),$$

kde I je proud protékající sondou, I_s je iontový saturevaný proud, A_1 a A_2 jsou plochy částí Langmuierových sond v plazmatu, $q_e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C elementární náboj, V je měřené napětí na sondě, $\Delta\phi$ je rozdíl potenciálů sond, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ JK⁻¹ je Boltzmannova konstanta, T je teplota plazmatu v K, $m = 3,35 \cdot 10^{-26}$ kg je hmotnost atomu neonu a n_i je hustota iontů.

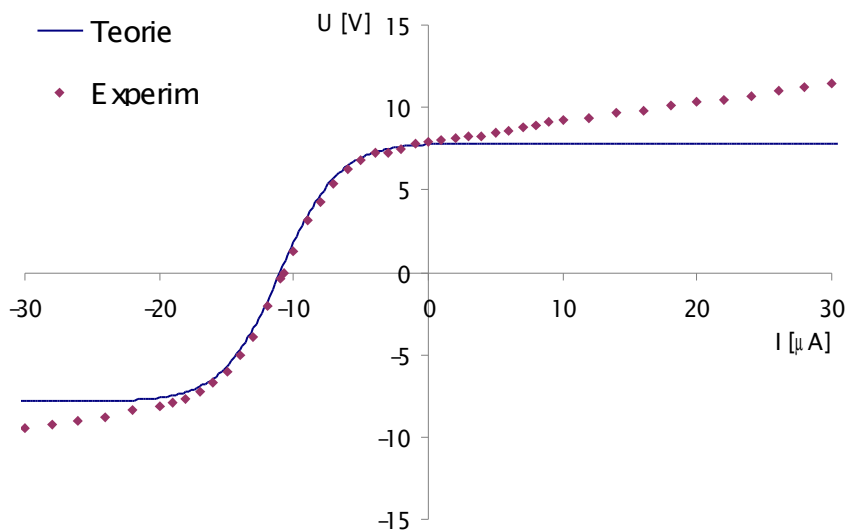
2 Měření

Provedli jsme dvě měření na nízkotlakové neonové trubici pomocí dvojité Langmuierovy sondy (obr. 1). U prvního měření s napětím 850V jsme měřili s krokem napětí 2V a v částech, kde docházelo k výrazným změnám v hodnotách proudu jsme zvolili krok 1V. Při druhém měření s napětím 1000V jsme postupovali podobně, ale v částech s největšími rozdíly hodnot proudu jsme zvolili krok 0,5V.

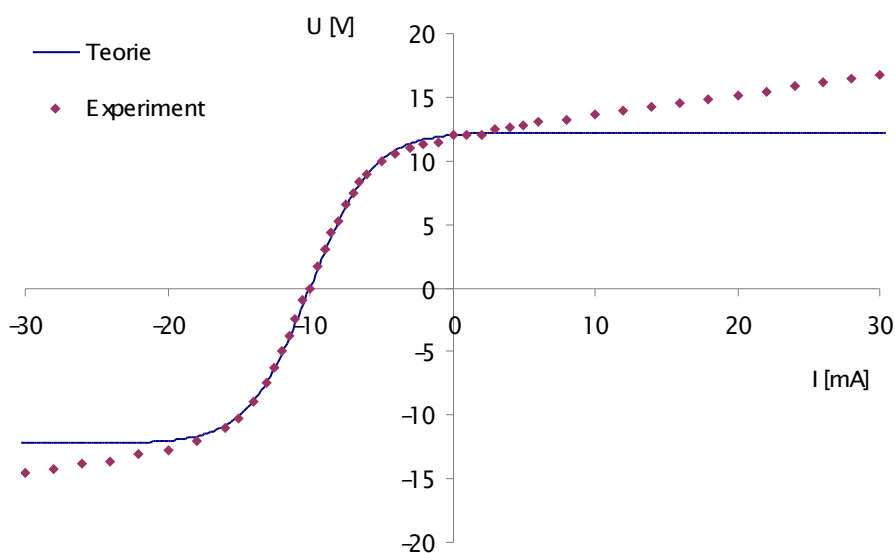


Obr.1: Schéma zapojení experimentu

Tak jsme vytvořili graf naměřených hodnot I-V charakteristiky a porovnávali s teoretickou křivkou. Změřili jsme průměr a délku částí Langmuierových sond, které přicházely do přímého kontaktu s plazmatem, abychom mohli dopočítat jejich povrch a dosadit jej do vztahů (1) a (2). Tak jsme vytvořili graf naměřených hodnot I-V charakteristiky a porovnávali s teoretickou křivkou (graf 1, graf 2). Z porovnání I-V charakteristik jsme získali hustotu a teplotu plazmatu v trubici.



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



Graf 2: *I-V charakteristika při zdrojovém napětí 1 000V*

3 Shrnutí

Provedli jsme dvě měření na nízkotlakové neonové trubici pomocí dvojité Langmuierovy sondy. Nejdřív se zdrojovým napětím 850V a potom se zdrojovým napětím 1000V. Naměřili jsme dvě I-V charakteristiky a z nich jsme získali porovnáním s teoretickou křivkou podle vztahů (1) a (2) hustotu a teplotu plazmatu (*tab.1*). Zjistili jsme, že s napětím nám vzrostla hustota a teplota plazmatu. Hustota a teplota nám s napětím rostla, protože při vyšším napětí se ionizovalo více částic. Pro typický doutnavý výboj je hustota plazmatu v řádech 10^{15} m^{-3} a teplota 2eV ($1\text{eV} \approx 11\,600\text{K}$). Naše naměřené hodnoty přibližně odpovídají těmto hodnotám. Chyby nám mohly vzniknout nepřesným změřením plochy sondy, protože bylo provedeno

přes výbojovou trubici. Dalším zdrojem chyb mohlo být nestálostí proudu mezi sondami při konstantních hodnotách napětí.

Tab. 1: *Získané hodnoty hustoty a teploty plazmatu*

$U [V]$	$n_i [m^{-3}]$	$T [K]$
850	$1,6 \cdot 10^{15}$	25 000
1000	$2,4 \cdot 10^{15}$	27 000

Poděkování

Poděkování za zapůjčení přístrojů, dodání nových informací, našim skvělým supervisorům za pevné nervy a všem, kteří nám umožnili, aby takováto akce vůbec vznikla.

Reference:

- [1] CHEN, F. F. *Úvod do fyziky plazmatu* Academia, 1984.
- [2] KRACÍK, J. – SLAVÍK, J.B. – TOBIÁŠ, J. *Elektrické výboje SNTL*, 1964.
- [3] STEJSKAL, P. *Měření základních parametrů plazmatu Langmuierovými sondami*, 2003.

Termodynamické zákony v praxi

M. Dicková, A. Krucký

Gymnázium Plasy Gymnázium, Dr.Emila Holuba Holice

mikafa@seznam.cz, adamkrucky@seznam.cz

Abstrakt

Cyklický děj jednoduchého tepelného stroje byl v průběhu jednotlivých fází snímán a v počítači zanášen do grafu. Bylo zjištěna i změna potenciální energie. Druhé měření bylo zaměřeno na účinnost Peltierova aparátu.

1. Úvod

Termodynamika popisuje rozsáhlé systémy mnoha molekul, které by mohly být popsány klasickou dynamikou, popřípadě elektrodynamikou, ale v praxi by byl takový přístup téměř nemožný. 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 lepší počítač. O molekulách ideálního plynu můžeme říci:

- 1) jejich velikost je velice zanedbatelná na rozdíl od jejich střední vzdálenosti
- 2) molekuly ideálního plynu mezi sebou navzájem nepůsobí přitažlivými silami
- 3) srážky molekul o stěnu nádoby nebo vzájemná srážka molekul je dokonale pružná – bez ztráty kinetické energie

Každou molekulu ideálního plynu považujeme za hmotný bod s hmotností m_0 . Z druhého předpokladu vyplývá, že celková hodnota kinetické energie soustavy molekul ideálního plynu je nulová. Mezi jednotlivými srážkami se molekuly pohybují neuspořádaným kmitavým pohybem. S ideálním plynem souvisí stavová rovnice

$$pV = NkT$$

Plyn v rovnovážné stavu s objemem V , tlakem p a termodynamickou teplotou T .

Jak z Newtonovského popisu molekul byla odvozena stavová rovnice?

Jestliže vyjdeme ze vztahu: T =teplota, $\langle v \rangle$ =střední rychlost molekul, (to je průměrná rychlost všech molekul v plynu), m_m =molární hmotnost plynu, R =plynová konstanta

$$T = \frac{\langle v^2 \rangle \cdot m_m}{3R}$$

Úpravou dostaneme vzorec :

$$T = \frac{2N_a}{3R} \langle E_k \rangle$$

Ze kterého vyplývá, že teplota je přímo úměrná střední kinetické energii molekul.

2. Základní termodynamické děje

Stav ideálního plynu je tedy charakterizován třemi veličinami p , V , T ,

Ze stavové rovnice vychází, že u ideálního plynu mohou probíhat čtyři základní děje

- 1) Izotermický děj – je děj, při kterém je teplota plynu konstantní a mění se pouze objem a tlak. Podle Boyle – Mariottova zákona platí vztah $pV = konst.$ Z prvního termodynamického zákona plyne, že teplo Q přijaté ideálním plynem je rovno práci W' , kterou plyn při práci vykonal. : $W' = Q$
- 2) Izochorický děj – je děj, při kterém je objem plynu stálý, mění se pouze teplota a tlak. Podle Charlesova zákona platí, že $p = konst. \cdot T$. Při izochorickém ději plyn nekoná práci, protože plyn mění svůj objem a teplo přijaté (resp. odevzdané) je rovno přírůstku (resp. úbytku) vnitřní energie. : $\Delta U = Q$
- 3) Izobarický děj – je děj, při kterém se nemění tlak plynu, mění se jeho teplota a objem. Z Guy – Lessacova zákona vyplývá, že $V = konst. \cdot T$. Z prvního termodynamického zákona vyplývá, že teplo přijaté plynem se rovná přírůstku jeho vnitřní energie a vykonané práce : $Q = \Delta U + W'$
- 4) Adiabatický děj – je děj, při kterém nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím $pV^\gamma = konst.$ Z toho plyne, že změna vnitřní energie je rovna dodané nebo vykonané práci : $\Delta U = W$

Cyklický děj – je děj, při kterém se soustava po výměně tepla a práce vrátí do výchozího stavu, tedy $\Delta U = 0$ a z prvního termodynamického zákona plyne, že $W = -Q$, na tomto principu pracují tepelné stroje.

Carnotův cyklus – označuje vratný kruhový děj ideálního tepelného stroje, který se skládá ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů.

Účinnost stroje je poměr vykonané práce k dodané energii. V případě Carnotova cyklu to znamená :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_3}{Q_1}$$

Účinnost lze také vyjádřit vztahem :

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Tepelné stroje fungují díky rozdílu teplot (tepelnému toku mezi chladnějším a teplejším prostředím). U cyklicky pracujících tepelných strojů prochází pracovní látka posloupností termodynamických dějů a na konci každého cyklu se vrací do výchozí polohy.

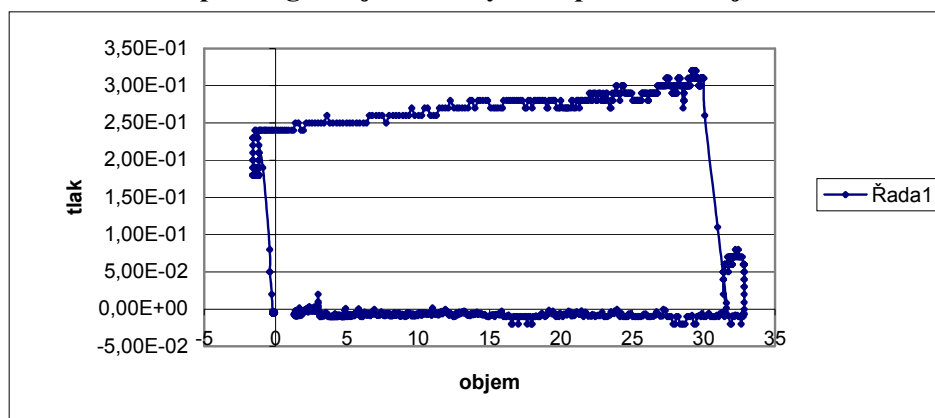
Jestliže tyto děje zobrazíme v pV diagramu, dostaneme uzavřený obrazec. Plocha tohoto obrazce je rovna práci, kterou stroj vykonal v jednom cyklu.

Měření

První měření

Na kruhovém ději jednoduchého tepelného stroje jsme demonstrovali jednotlivé fáze cyklického děje, průběh měření byl snímán přístrojem a v počítači zanášen do grafu.

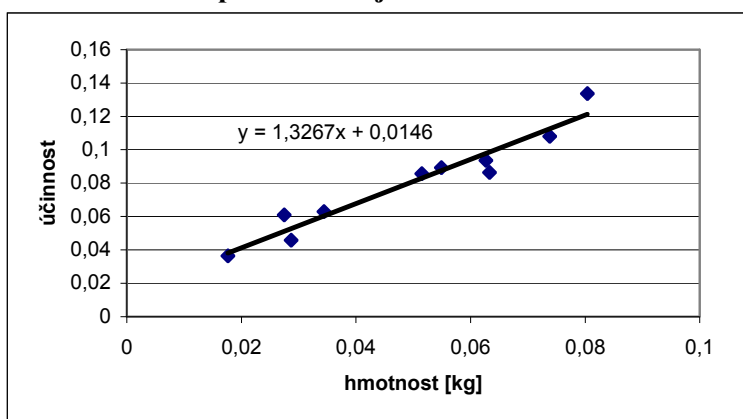
pV diagram jednoho cyklu tepelného stroje



- 1) Na pohyblivý píst bylo vloženo závaží, tím se v uzavřené části izotermicky zmenšil objem a zvýšil tlak.
- 2) Po zahřátí pracovní látky se izobaricky zvětšil objem a teplota (v grafu není tlak konstantní, odchylka měření), píst konal práci.
- 3) Při sundání závaží se snížil tlak a při opětovném schlazení se soustava vrátila do původního stavu.

Obsah obrazce v grafu by měl v ideálním případě být roven změně potenciální energie závaží.

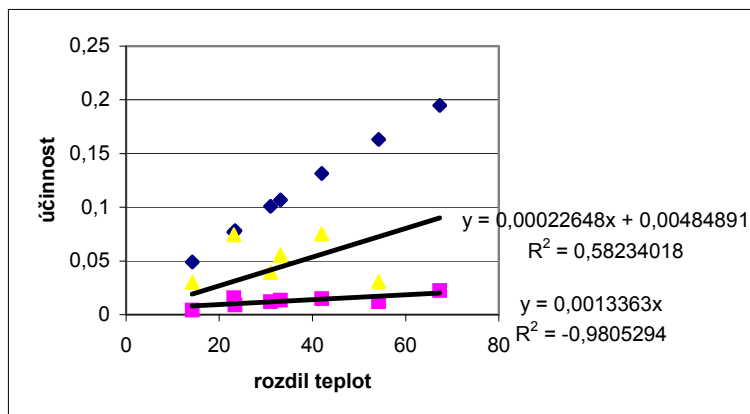
Graf účinnosti tepelného stroje v závislosti na velikosti závaží :



Druhé měření

Měření bylo zaměřeno na zjištění účinnosti tepelného stroje (Peltierova aparátu), na základě rozdílných teplot dvou fází aparát vyvíjel elektrickou energii.

Graf účinnosti stroje v závislosti na rozdílu teplot fází



Námi zjištěné hodnoty účinnosti byly velmi nízké. Oproti teoretickému stavu, což je zapříčiněno přeměnou většiny energie(v podobě tepla) mezi chladnou a teplou fází. Tepelná energie kterou stroj přeměňuje na elektrickou je mizivá v poměru s celkovým tokem.

3. Shrnutí

V této práci jsme měli možnost pracovat s Peltierovým aparátem a zabývat se kruhovým dějem, zvláště pak Carnotůvým cyklem.

Poděkování

- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT
- Supervizorovi a všem, kteří nám pomáhali

Reference

- [1] Ing. TARÁBEK P., Mgr. ČERVINKOVÁ P. a kolektiv, *Odmaturuj z fyziky*, Didactis s.r.o. Brno 2004
- [2] URL http://cs.wikipedia.org/wiki/Carnot%C5%AFv_kruh%C3%BD_d%C4%9Bj[cit. 19. 06. 2007]:

Využití plynové chromatografie pro vyhodnocování výsledků radiační degradace PCB

M. Zábranský*, J. Tkadlec**, V. Duchoslav***

*gymn. Litoměřická, Litoměřická 726, Praha 9-Prosek **gymn. Jana Keplera, Parlérova 2, Praha 6-Střešovice ***Gymnázium Česká Lípa, Žitavská 2969, Česká Lípa
m.zabransk@seznam.cz

Supervisor: ing. Rostislav Silber, CSc., FJFI ČVUT

Abstrakt:

Plynová chromatografie je metoda oddělování složek směsí a jejich následné analýzy. Její využití spočívá především v analýze směsí organických látek. V naší práci jsme se zaměřili konkrétně na detekci polychlorovaných bifenyly ve vzorcích podrobených radiační degradaci pomocí plynové chromatografie. Radiační degradace úspěšně odstraňuje PCB postupem „step by step“ od výše po níže chlorované. Po ekonomické stránce je ale tento proces zatím příliš náročný.

1 Problematika PCB v životním prostředí

V uplynulých desetiletích se polychlorované bifenyly produkovaly ve velkém množství. PCB byly používány do kondenzátorů a barviv. Tyto látky nejsou biodegradabilní a představují tudíž pro životní prostředí velkou zátěž. Postupně se kumulovaly v tukových tkáních živočichů a v biotopu vůbec. Jelikož nejsou rozpustné ve vodě a mají větší hustotu než tato, došlo během posledních padesáti let ke kumulaci enormních množství PCB na dně velkých jezer. Jelikož spalováním PCB může vznikat například toxický dibenzofuran, je nasnadě otázka ekologické likvidace těchto sloučenin. Jednou z odpovědí na tuto otázku je radiační degradace PCB. Výsledky této metody je možno monitorovat právě pomocí plynové chromatografie. Cílem naší práce je ověřit účinnost odbourávání PCB radiační degradací.

2 Radiační dechlorace PCB

Radiační dechlorace je proces, při kterém ozařováním chlorované látky docílíme odštěpení atomu chloru. Používá se záření o energii řádově v jednotkách MeV, které je v našem případě aplikováno na směs polychlorovaných bifenyly s isopropylátem draselným a iniciuje vznik radikálu isopropylalkoholového aniontu. Tento radikál reaguje s molekulou PCB a proběhne reakce, která vyústí ve vznik chloridového aniontu a chlorovaného bifenyly, jehož stupeň chlorace je o jednotku nižší než u výchozí látky. Sekvencí několika ozáření tak

můžeme dospět až k úplné eliminaci chlorderivátů bifenyly ze směsi za vzniku bifenyly. Reakční schéma je uvedeno na obr. č.1.

Pro radiační dechloraci je využíváno především záření β a γ o energiích dostatečně vysokých pro změnu chemismu, ale zároveň dostatečně nízkých na to, aby nedošlo k průniku částic k jádru a vzniku umělé radioaktivity.

3 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie je fyzikálně-chemická metoda dělení složek směsí. Využívá se především při analýze organických vzorků a v této oblasti je také velice rozšířena. Analyzovaná směs je v injektoru zachycena mobilní fází, již je zpravidla inertní plyn jako dusík, argon, vodík nebo helium, a kontinuálně putuje přes chromatografickou kolonu. V této koloně se nachází stacionární fáze, již může být tuhá látka (adsorbent) nebo kapalina. Mezi stacionární fází a látkami vzorku existují interakce a ustavuje se dynamická adsorpčně-desorpční rovnováha. Na základě odlišné míry adsorpce jednotlivých složek na stacionární fází a odlišné míry desorpce jednotlivých složek ze stacionární fáze každá komponenta postupuje kolonou jinou rychlostí. Látky vzorku podobné chemické podstaty jako stacionární fáze interagují s touto silněji, a tudíž postupují kolonou pomaleji než látky, které se sorbentem kolony neinteragují. Takto je možné celou složku nahromadit a izolovat ze směsi. Dokonalost oddělení směsi roste s počtem adsorpcí a desorpcí a tudíž je výsledná frakce čistší v případě užší a delší kolony.

Retence v chromatografické koloně

Analyzované vzorky se do chromatografu vnášejí injektorem skrze septum speciální injekční stříkačkou o objemu 1 μ l až 0,1 μ l. Zde je vzorek uveden do plynného skupenství a postupuje dále do kolony s mobilní fází. V chromatografické koloně se směs separuje na jednotlivé komponenty, která dále prostupují navzájem rozdílnou rychlostí, která je úměrná počátečnímu tlaku nosného plynu. Základními typy chromatografických kolon jsou kapilární a náplňová. Kolona je neustále zahřívána, především v případech, kdy má vzorek vysoký bod varu. Její náplň je zvolena podle potřebné polarit v závislosti na odhadovaném složení vzorku.

Sběr dat v detektoru

Po průchodu kolonou putuje každá frakce do detektoru, kde je analyzována. Existuje velké množství druhů plynově-chromatografických detektorů. Nejzákladnějšími typy jsou ECD (electron capture detector) a FID (flame ionization detector).

- ECD je používán především při analýze směsí derivátů organických látek obsahujících elektronegativní prvek (chlor, kyslík). Je tvořen katodou, kterou je nízkoeenergetický β zářič ^{63}Ni . Emitované elektrony jsou zachycovány anodou a mezi elektrodami tak protéká konstantní proud. Elektronegativní prvky reagují s elektrony β záření, snižují jejich tok, čímž dochází k poklesu měřeného proudu.
- FID na rozdíl od detektoru ECD registruje všechny složky směsi bez ohledu na elektronegativitu. Frakce vzorku je zde ionizována kyslíko-vodíkovým plamenem, vzniklé ionty jsou přitahovány elektrodami a mění se tak proud protékající mezi nimi.

Detektory FID a ECD je také výhodné používat paralelně. Je tak totiž možné zaregistrovat všechny látky směsi a zároveň stanovit, které obsahují chlor, popřípadě jiný silně elektronegativní prvek.

Data z detektoru se dále zpracovávají a zapisují do chromatogramu. Schéma plynového chromatografu a získaných chromatogramů jsou znázorněny na obrázcích č.2 a č.3.

Použité přístroje

V naší práci jsme použili kapilární kolonu CP-Sil 5 CB, detektor ECD, chromatograf Chrompack CP 9002 a program Apex pro vyhodnocení dat chromatografie vzorku s radiačně dechlorovaným PCB. Měření jsme provedli při standardním teplotním režimu. Analyzovali jsme vzorek PCB v isopropanolu degradovaný ionizujícím zářením.

4 Výsledky měření koncentrace PCB

Citlivost ECD na silně elektronegativní prvky jako je právě chlor obsažený v PCB nám umožnila určit s relativně velkou přesností účinnost radiační dechlorace dané látky. Na obrázku (obr.3) je možno vidět postupné snižování koncentrace polychlorovaných bifenyků ve prospěch bifenyku. PCB jsou podle výsledků plynové chromatografie postupně degradovány na nižší chlorderiváty bifenyku a až na samotný bifenyl bez chloru.

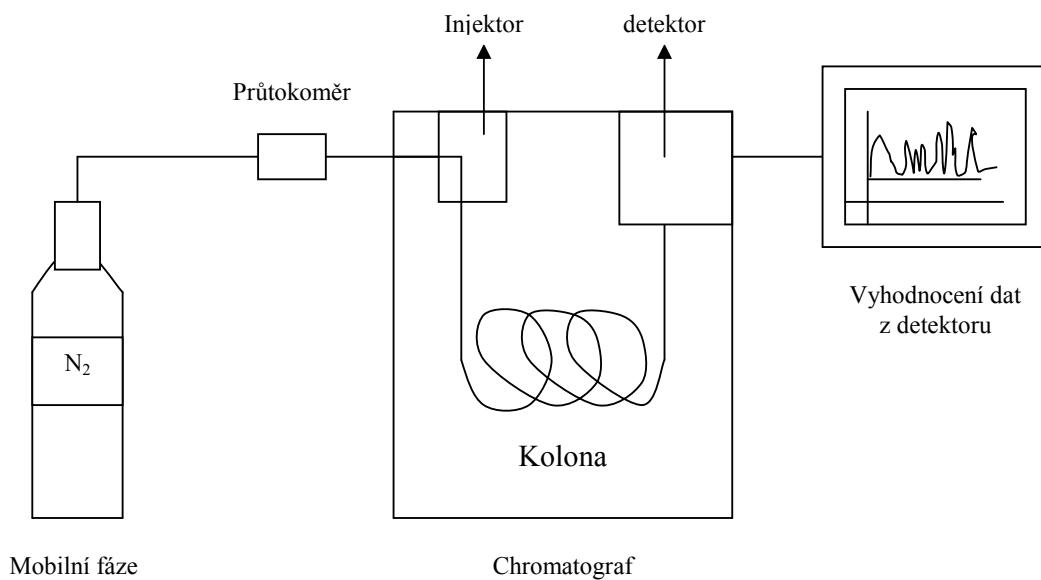
Pro úplnou degradaci PCB na bifenyl je třeba relativně vysokých dávek ($[D]=Gy$; poměr přijaté energie a hmotnosti), které jsou zatím spolu s pořizovacími náklady celých zařízení ekonomicky nepřijatelné. Situaci komplikuje i dnešní stav v legislativě.

5 Shrnutí

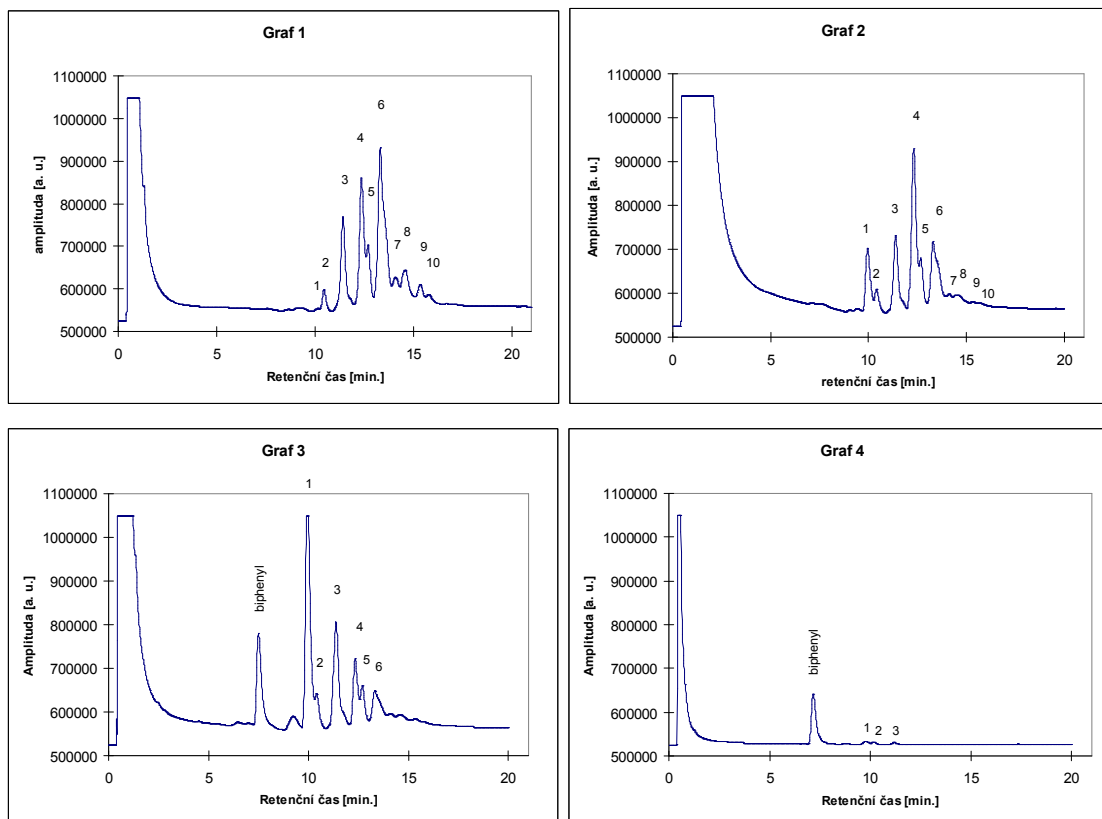
Sledovali jsme výsledky radiační dechlorace PCB plynovou chromatografií. Z chromatogramů je patrné, že radiační dechlorace je účinná metoda odstraňování PCB a obecně chlorovaných organických látek ze životního prostředí. S přihlédnutím na potřebnou energii a zázemí pro samotnou degradaci je nutno konstatovat, že tato metoda je ekonomicky mnohem náročnější než stávající likvidace ve spalovnách. Zde je nutno provádět spalování za takových teplot, aby bylo zabráněno vzniku nebezpečných sloučenin jako jsou dibenzofurany.

Cílem dalšího výzkumu by mohlo být hledání výhodnějšího uplatnění radiační dechlorace v praxi, jelikož je to, jak ukazují výsledky našich měření, bezesporu perspektivní metoda degradace chlorovaných organických látek. Dalšími překážkami, jež je nutno překonat, je legislativní blok upřednostňující metodiku bez využití radioaktivních zářičů a negativní postoj laické veřejnosti k zářičům.

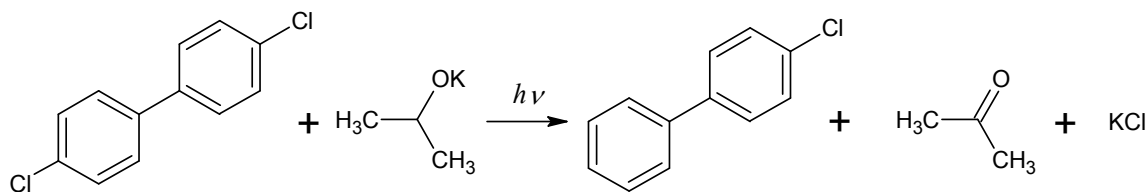
Obrázky:



Obr.2: Na obrázku je znázorněno schéma aparatury na plynovou chromatografii (za použití ECD).



Obr.3: Na grafech je znázorněno postupné snižování koncentrace PCB; pozn.: data grafů 1, 2 a 3 byly naměřeny na ECD a data grafu 4 na FID.



Obr.4: Schéma znázorňuje proces radiační dechlorace PCB isopropanolátem sodným.

Poděkování

Tímto děkujeme pořadatelům Fyzikálního týdne 2007 za výbornou organizaci a FJFI ČVUT za poskytnutí prostoru. A především děkujeme našemu supervizoru ing. Rostislavu Silberovi, CSc. za poskytnutí výkladu problematiky a odborné konzultace.

Reference:

- [1] Múčka V., Silber R., Kropáček M., Pospíšil M., Kliský V.: *Electron Beam Degradation of Polychlorinated Biphenyls*, Radiat. Phys. Chem. 50, 1997, 503-510.
- [2] Silber R., Múčka V., Pospíšil M., Bartoníček B., Kliský V.: *Electron Beam Dechlorination of PCE and PCBs in Liquid Phase under Static and Flow-through Conditions*, Abstract No 187, Fourth International Symp. and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, Warsaw '98, September 15-17, 1998.
- [3] Neumann, B.-Grudzien, M.-Beneš, D.-Zgažar, M.-Sobek, L.: *Využití plynové chromatografie pro sledování radiační degradace chlorovaných organických látek ve vodě*, FyzTýd, 2002, 1-5
- [4] Zýka, J.-Beran, B.-Číhalík, J.-Doležal, J.-Fetl, L.-Hejtmánek, M.-Kučera, Z.-Smolková, E.-Sýkora, V.-Štulík, K.-Šůcha, L.-Vláčil, F.-Vrbský, J.-Zýka, J.: *Analytická příručka Díl I.*, SNTL ALFA, 1979, 219-228.
- [5] Šingliar, M.: *Plynova chromatografia v praxi*, 1961, SVTL, 13-14, 31-32
- [6] Internetové zdroje, nalezeny 19. VI. 07 z připojení na FJFI ČVUT:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/PCB>
<http://www.chromatography-online.org/GC/modern-GC/rs2.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Gas_chromatography

Role mikroskopů v materiálovém výzkumu

Daniel Šilar, GPB Frýdek – Místek, silar.dan@seznam.cz
Jana Veselá, SŠPST a VOŠ Chrudim, vesela.listicka@seznam.cz
Hana Šustková, GTU Trutnov, Amalthea24@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo seznámení s elektronovým a optickým mikroskopem, které probíhalo na příkladu vzorku zirkoniové trubičky. Během našeho krátkého studia jsme zjistili jeho nehomogenost a nestejnou tvrdost daných fází v průběhu materiálem a vznik krystalické formy na rozhraní oxidu zirkoničitého a fáze α zirkonia.

Úvod

Aby mohly vzniknout nové, potřebných vlastností dosahující materiály, je třeba je v rámci výzkumu podrobit zatěžkávacím zkouškám a dále analýze a fyzikálnímu ohledání. Vzhledem k povaze materiálů, jejichž vnitřní struktura, zvláště pak kovů a jiných krystalických látek, je pouhým okem neviditelná, je nutné ke studiu materiálů použít vhodné přístroje, v našem případě elektronový a optický mikroskop.

Z fyziologického hlediska je pro člověka nemožné pozorovat detaily či předměty pod menším zorným úhlem než 1° , což umožňují výše zmíněné přístroje překonat zvětšením zorného úhlu nazírání daného subjektu.

Mikroskopy podle záření, které se užívá k vyobrazení předmětů, dělíme na optické a elektronové. Optické mikroskopy kvůli povaze světla dosahují maximálního zvětšení 2000x, zato elektronové mikroskopy umožňují zvětšení i na úroveň rozeznání jednotlivých atomů.

Elektronové mikroskopy se dále dělí na:

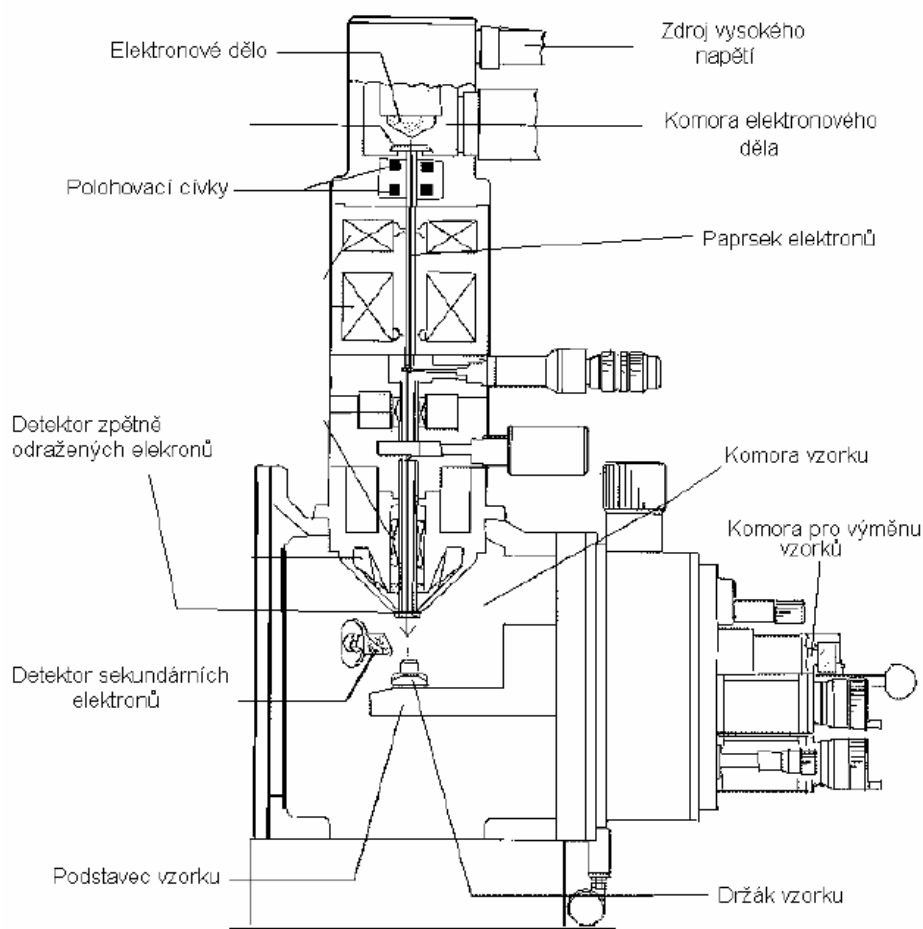
-transmisní

Transmisní elektronový mikroskop umožňuje pozorovat tenké vzorky – obraz je tvořen zářením, které vzorkem prochází.

-rastrovací

Rastrovací (též řádkovací) elektronový mikroskop pracuje s tenkým svazkem elektronů dopadajících postupně na všechny části zorného pole a obraz je tvořen emitovaným zářením ve zpětném směru – jsou to zejména sekundární elektrony, zpětně odražené elektrony a RTG záření. Nejvíce používaný je obraz vzniklý díky sekundárním elektronům uvolněným z elektronového obalu zkoumaného vzorku a elektronů zpětně odražených. Dále vzniká interakcí RTG záření, jež je využitelné v analýze chemického složení vzorku v daném bodě či ploše dopadu svazku vyslaných elektronů.

Na našem pracovišti v prostorách Katedry materiálů FJFI ČVUT Praha jsme měli tu možnost provádět výzkum na rastrovacím elektronovém mikroskopu JEOL JSM 5510LV, jehož maximální užitná rozlišovací schopnost se pohybuje nad 30 000x.



Obr.1 Schéma rastovacího elektronového mikroskopu

Dále jsme použili mikroskop optický, přesně řečeno metalografický mikroskop Neophot 32 doplněný o kameru Olympus, jehož maximální užitná rozlišovací schopnost je 1600x.

Rozdíl mezi oběma mikroskopy je markantní a sestává z výše uvedeného – optický mikroskop nabízí barevné obrázky, elektronový zato může dosáhnout až mnohokrát vyššího rozlišení a zároveň nabízí výrazně vyšší hloubku ostrosti.

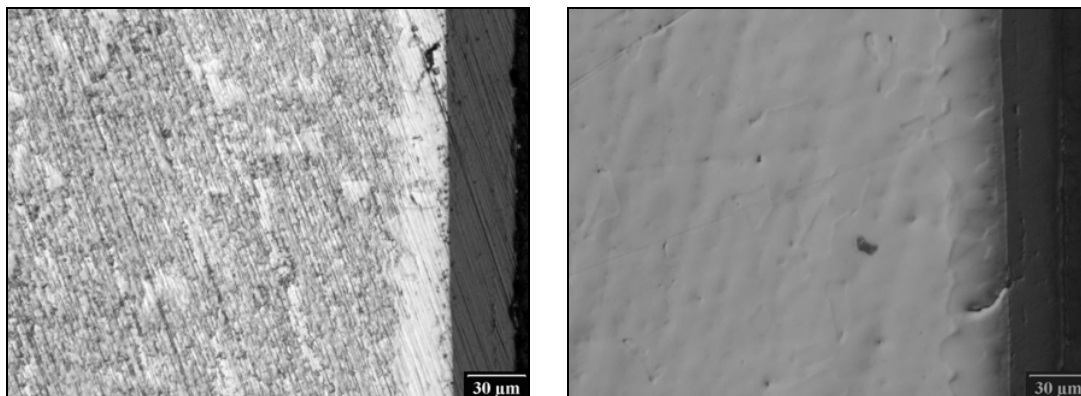
Experiment

Materiál vzorku

V rámci této seznamovací práce s elektronovým a optickým mikroskopem jsme studovali vzorek trubičky slitiny zirkonia s 1% cínu používané jako obal jaderného paliva. Tato trubička byla předem vařena v 450°C páře, znovu prudce ohřátá na 950°C v argonu po dobu 15 minut a nakonec prudce zchlazena. U této trubičky jsme sledovali podélný řez vybroušený pro pozorování na optickém mikroskopu a na analýzu do mikroskopu elektronového a lom orientovaný stejně jako podélný řez.

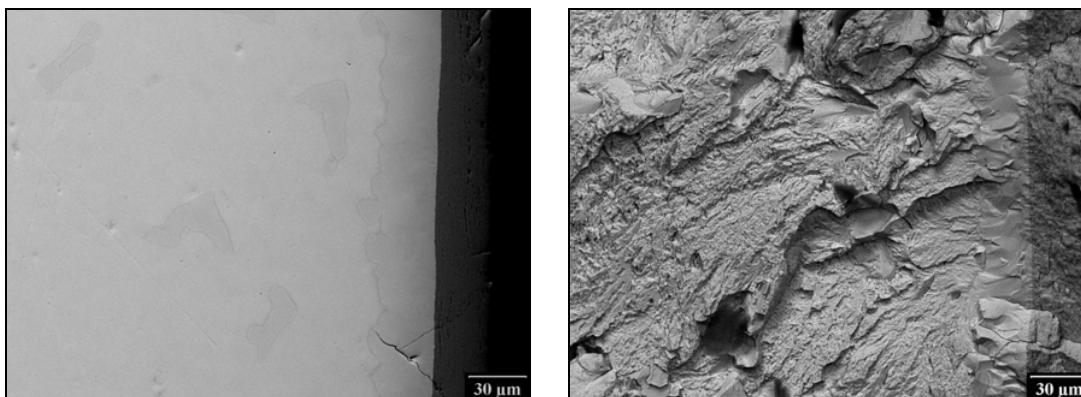
Výsledky naší práce

Na obrázku 2 jsou zachyceny různé fáze přípravy vzorku pro optickou mikroskopii. Vzorky se připravují broušením na speciálních papírech, následně se vyleští speciální suspenzí. Po broušení zpravidla nezískáme příliš informací, zatímco po leštění se nám můžou objevit prvky mikrostruktury materiálu, a to v případě, kdy se výrazně liší tvrdostí.



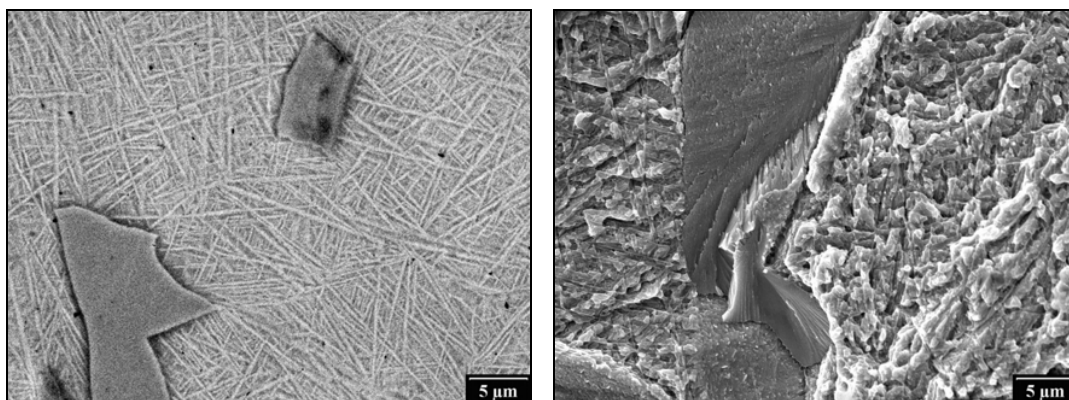
Obr. 2 Vlevo řez trubičkou po broušení, vpravo řez trubičkou po leštění diamantovou suspenzí – optický mikroskop

Na následujícím obrázku vidíme postupně zleva základní materiál trubičky, dále vrstvu α stabilizovanou kyslíkem, která vzniká nad teplotou 800°C, a korozní vrstvu vzniklou při expozici za 450°C. Zrnka α jsou patrná i ve středu průřezu trubičky, viz snímky na obrázcích 3 a 4. Na řezu materiálem byly patrné rozdíly tvrdosti zrn a příslušných fází slitiny, které se projevovaly nerovnostmi, popř. nesouvislostí.



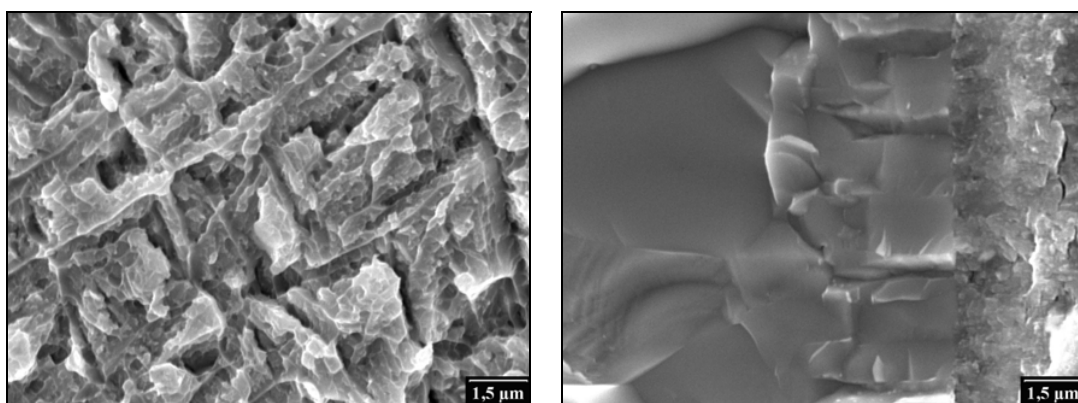
Obr. 3 K porovnání s obr. 1 řez trubičkou při stejném zvětšení na elektronovém mikroskopu a lomová plocha (oba snímky pořízené díky zpětně odraženým elektronům)

Na obr. 4 si můžeme všimnout shody mikrostruktury zbrúšeného základního materiálu a mikromorfologie lomu této trubičky. Nalevo jsou jasné jehličky tvořené fází vzniklé při rychlém ochlazení trubičky, které jsou v pozadí druhého snímku, na němž vidíme tyto jehličky již deformované – proběhla zde lehká plastická deformace, na rozdíl od štěpného lomu na zrnku α , které vzniklo při expozici na 950°C. Obrázek je kontrastní díky vlastnosti zpětně odražených elektronů, které se více emitují z míst s větším průměrným atomovým číslem. Na REM mikroskopu jsme sledovali lomovou plochu, na níž se některé částice porušovaly štěpným lomem a linie porušované spíše tvárným způsobem. Tudíž jsme zjistili, že zrna, fáze α zirkonia a oxid zirkonia jsou křehčí než původní vnitřní slitina.



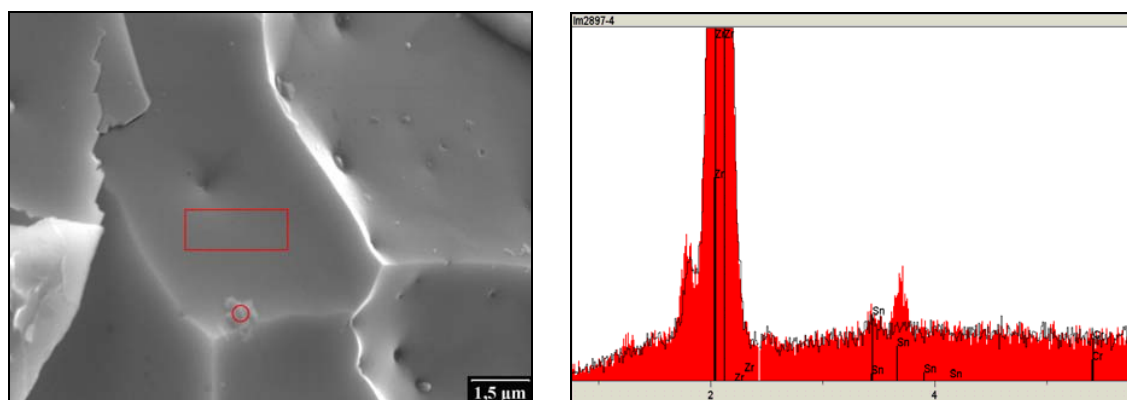
Obr. 4 Porovnání mikrostruktury (BES= zpětně odražené elektrony) a mikromorfologie lomu (SEI = obraz v sekundárních elektronech) trubičky ve střední části průřezu.

Obrázek 5 ukazuje částečnou plastickou deformaci porušených jehliček α , které vystupují nad rovinu lomu, a vpravo je lom při okraji trubičky. V levé části jsou velká zrna fáze α (vzniklá při vysoké teplotě) porušena štěpným lomem a při rozhraní s zoxidovanou vrstvou se nalézají drobná zrna α , která vznikla rozpouštěním této korozní vrstvy při 950°C.



Obr. 5 Mikromorfologie lomové plochy ve středu trubičky a na okraji (oba snímky v sekundárních elektronech)

Na obrázku 6 pozorujeme na hranici zrna α vzniklé za 950°C, ze které byla pořízena RTG analýza a získané spektrum bylo porovnáno se spektrem základního materiálu. Tím byla prokázána vyšší koncentrace Sn v precipitátu.



Obr. 6 RTG analýza bodu v porovnání s okolím – napravo energetické spektrum částice, černá křivka kopíruje spektrum základního materiálu vyznačeného obdélníčkem na obrázku vlevo.

Závěr

Jak jsme se sami přesvědčili, mezi oběma typy mikroskopů existují celkem výrazné diference, jež spočívají zvláště v ceně a využití. Optické mikroskopy jsou relativně levné, mohou ukazovat barevný obraz, můžeme využít možnosti polarizace a sami jsme se je naučili ovládat. Bohužel však nemusí odhalit všechny vlastnosti struktury, která zůstává skryta, je omezená rozlišovací schopnost a zároveň disponují malou hloubkou ostrosti, tudíž vyžadují speciální přípravu vzorků.

Řádkovací elektronové mikroskopy jsou naproti tomu dražší, avšak dosahují vyššího rozlišení – nejsou limitovány vlastnostmi světla – a vyšší hloubky ostrosti spolu s možností pozorovat lomové plochy, což se ukazuje ve studiu struktury materiálů jako klíčové. Nové typy řádkovacích elektronových mikroskopů umožňují pozorovat i méně vodivé materiály jako jsou plasty. Používají se hojně pro odhalení mikrostruktury materiálu, jenž se nám zpočátku jevil jako průměrný, ale pod elektronovým mikroskopem vypadají jemné mikrostruktury daleko plastičtěji.

Poděkování

Na prvním místě bychom chtěli vyzdvihnout neúnavnou práci a pomoc supervizora, který si poděkování velmi zaslouží:

Ing. Jan Adámek

z **Katedry materiálů FJFI ČVUT**,

jíž tímto náleží také velká část díky za prostory, čas a zapůjčení přístrojů, dále děkujeme

Sponzorům a organizátorům Fyzikálního týdne 2007

a **Gymnáziu Petra Bezruče Frýdek-Místek, SŠPST a VOŠ Chrudim a Gymnáziu Trutnov** za perfektní přípravu na Fyzikální týden.

Reference

[1] NAVRÁTIL J., BÁREK A., FOJTŮ P., SOLNÝ P., *Elektronová mikroskopie ve výzkumu materiálů*; FJFI ČVUT 2005

Difrakce elektronů v krystalech

Veronika Hamplová

Gymnázium Jeseník, Komenského 281

hamplova.veronika@seznam.cz

Darina Součková

Gymnázium Otokara Březiny Telč, Hradecká 235

Darina.Souckova@seznam.cz

Honzíček Kunderlík

SPŠ Kutná Hora, Masarykova 197

JKunderlik@seznam.cz

Abstrakt:

Z difraktogramů získaných pomocí transmisní elektronové mikroskopie je změřením úhlů a vzdáleností jednotlivých objektů a dále se znalostí strukturního faktoru možno určit směry dopadajícího elektronového svazku či strukturu pozorovaného materiálu. Takto byly v předkládané práci určeny tři směry dopadajícího záření a čtyři druhy testovaných materiálů.

1 Úvod

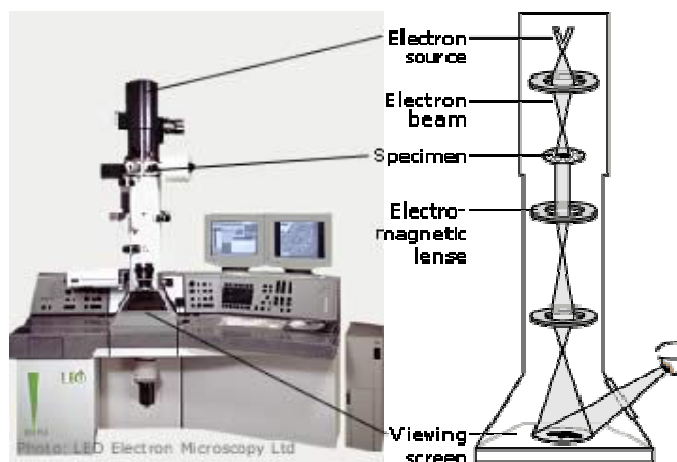
Jedním ze základních stavebních pilířů každé moderní civilizace je kvalitní zpracování materiálů. To se samozřejmě neobejde bez studia jejich vlastností a struktury. V současnosti se k tomuto využívá elektronové mikroskopie, s kterou dosáhneme zvětšení až 800000x. Největší problémy spojené s transmisní elektronovou mikroskopií (TEM) jsou zejména pracná příprava vzorků a dále vyhodnocení získaných obrazců.

2 Popis a výsledky měření

• Transmisní elektronový mikroskop (TEM)

TEM je založený na proudu elektronů produkovaných elektronovou tryskou a urychlených pomocí akceleratorů. Tyto elektrony dále procházejí soustavou složenou většinou ze dvou

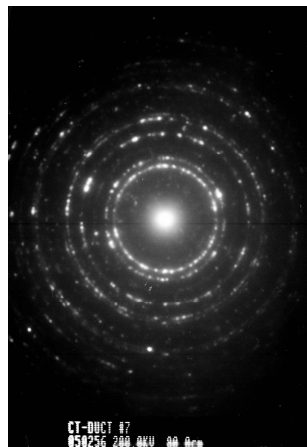
kondenzorů, dopadají na studovaný vzorek a vstupují do zobrazovací soustavy (obr. 1) [1]. Výsledný obrazec je tvořen u monokrystalických materiálů soustavou bodů, tzv. difraktogramů (obr. 2), u polykystalických pak soustavou soustředných kružnic (obr. 3). Z těchto obrazců pak lze na základě znalosti reciprokého prostoru (viz. 'Reciproký prostor') určit strukturu testovaného vzorku [2].



Obr. 1 [4]



Obr. 2

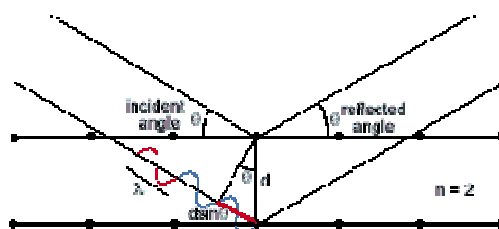


Obr. 3

- **Braggův zákon**

Rozptyl elektronů na mřížce se řídí tzv. Braggovým zákonem (1), který byl objeven sirem W. H. Braggem a jeho synem W. L. Braggem v roce 1912. Přestože je zákon velice jednoduchý, lze jím popsat chování jak klasických částic, tak i RTG záření či neutronů.

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



Obr.4

- **Reciproký prostor**

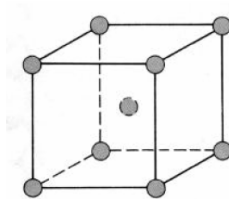
Každou elementární buňku je možno podle sady předepsaných vztahů [2] převést do tzv. reciprokého prostoru, ve kterém je již možno pracovat s difraktogramy. Pro představu je možno uvést buňku FCC, která se pomocí vztahů pro přepočet do reciprokého prostoru zobrazí na buňku BCC.

- **Strukturní faktor**

Strukturním faktorem označujeme součet amplitud rozptýlených jednotlivými atomy elementární buňky (2).

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

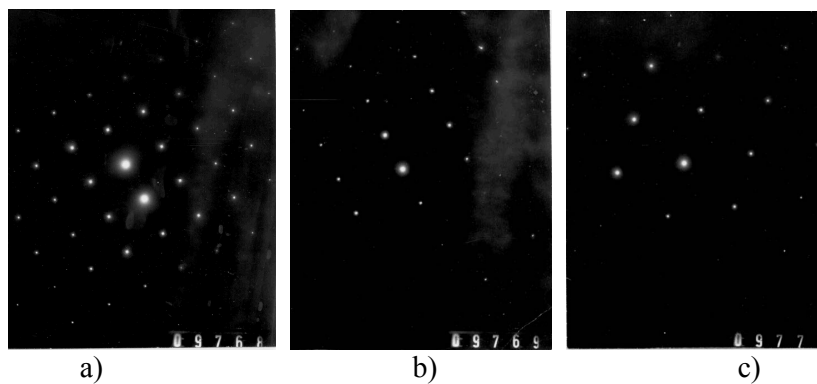
Hodnota strukturního faktoru se liší podle typu krystalové mřížky, např. pro strukturu bcc (obr. 5) je velikost faktoru rovna $F_{hkl} = f_1 + f_2 \exp [\pi i(h+k+l)]$, bude-li pak součet $h+k+l = 2k+1$, $\exp$ bude roven -1 a $F = f_1 - f_2$, pokud $h+k+l=2k$, $F = f_1 + f_2$.



Obr. 5 [5]

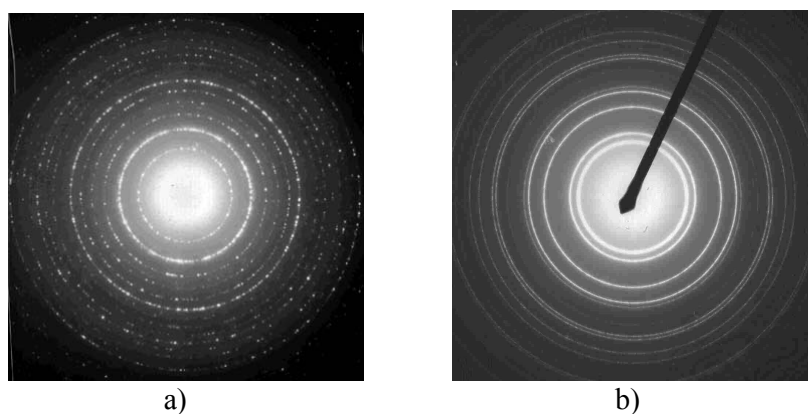
- **Zpracování difrakčních obrazců**

Z difraktogramů monokrystalu zlata na obrázcích 6 a-c bylo třeba určit směr dopadajícího elektronového svazku. Porovnáním s difraktogramy uvedenými v [3] a změřením úhlů byly zjištěny hodnoty směrů u obr. 6a) [100], 6b) byl přiřazen směr [113] a 6c) směr [114].



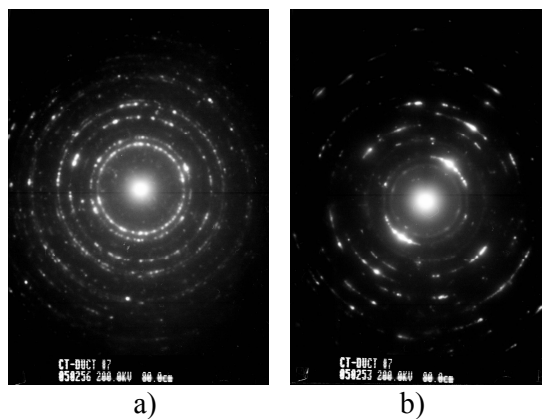
Obr. 6

U dvou difraktogramů polykrystalického materiálu bylo třeba přiřadit každé soustředné kružnici odpovídající rovinu a z těchto výsledků poté přiřadit danému difraktogramu materiál, ze kterého byl složený testovaný vzorek. Z výsledků bylo konstatováno, že difraktogram na obrázku 7a) odpovídá polykrystalu TiCl_3 a difraktogram na obr. 7b) Al .



Obr. 7

Vyhodnocením velikostí strukturních faktorů dle vztahu (2) [2] u difraktogramů na obr. 8 a), b) byla difraktogramu 8a) přiřazena struktura fcc a obrázku 8b) struktura bcc.



Obr. 8

3 Závěr

Hlavním úkolem předkládané práce bylo teoretické seznámení s transmisní elektronovou mikroskopií a následné zpracování difraktogramů. Na několika předložených fotografiích byla provedena analýza difrakčních obrazců, pomocí které byly určeny směry dopadajícího elektronového svazku a dále struktury testovaných vzorků.

Poděkování

Děkujeme Ing. Tomáši Skibovi za obětavou pomoc a vynikající oběd v Menze UK. Dále FJFI ČVUT v Praze za organizaci Fyzikálního týdne, Ing. Jakubu Prahlovi za úvod do problematiky a vedení MINIPROJEKTU a v neposlední řadě za vzornou přípravu materiálů a poskytnutí prostor doc. Dr. RNDr. M. Karlíkovi.

Reference:

- [1] KARLÍK, M. *Transmisní elektronová mikroskopie: pohled do nitra materiálů* Čs. čas. fyz. 55/2005 pp. 457 – 464
- [2] KITTEL, CH. *Úvod do fyziky pevných látek* Academia, Praha 1985
- [3] SMOLA, B. *Transmisní elektronová mikroskopie ve fyzice pevných látek* UK Praha 1983 pp. 158 - 159
- [4] http://nobelprize.org/educational_games/physics/microscopes/tem/index.html
- [5] <http://webpages.charter.net/ericbeaton/powerpt/chpt3.pdf>

Počítačové zpracování obrazu – Analýza snímků družic.

Lucie Nováková¹, Jakub Kákona²

¹ Gymnázium Soběslav, ² SPŠ SE České Budějovice

¹ ChaosDell@seznam.cz, ² kaklik@mlab.cz

Abstrakt:

Úkolem projektu je ověřit optickou metodu určování parametrů drah těles obíhajících kolem Země. Rychlosti byly určovány pomocí počítače zpracováním fotografií pořízených CCD kamerou. Toto měření je důležité z důvodu ochrany a prevence srážek aktivních družic s kosmickým smetím.

1 Úvod

Do projektu jsme se pustili, protože lidstvu za posledních pár desetiletí vyvstal nový problém. Je jím kosmické smetí – Space Debris. Od roku 1957, kdy byla do kosmu vypuštěna první družice, se prostor kolem naší planety stále více „znečišťuje“ zbytky nosných raket, nefunkčními družicemi, fragmenty vzniklými rozpadem družic a raket (při srážkách a explozích zbytků paliva..) a dalším smetím vzniklým jako vedlejší produkty kosmických misí. Veškeré dnes funkční družice (sloužící různým účelům - astronomie, sledování Země, předpovědi počasí, telekomunikace, vojenské družice...), kterých je dnes kolem 700, jsou ve stálém nebezpečí srážky právě s tímto smetím.

Proto je nutné se před ním chránit jejich stálým pozorováním a katalogizací. Na oběžných dráhách Země se dnes nachází asi 6000 družic a jen necelých 12% z nich je funkčních. A pro ně jsou nebezpečím i úlomky o velikostech 0,5cm, právě díky velkým rychlostem (3,1–7,6 km/s). My se ale nebudeme pouštět do sledování tak malých objektů. Zaměříme se na fotografování družice Meteor-3M zabývající se měřením teploty, vlhkostních profilů, mraků a částic s vysokou energií ve vyšších vrstvách atmosféry a budeme se snažit z fotografií určit její úhlové rychlosti.

2 Detekce objektů

K detekci objektů se používají 2 metody. První pomocí mikrovlnných radarů, která je nezávislá na počasí. Mikrovlnné záření se odráží od objektu a vrací se zpět, přičemž se měří čas resp. vzdálenost objektu a úhel.

Při optické metodě se teleskop zaměří do místa, kde se očekává předpokládaný průlet objektu a synchronizuje se na hvězdy. Družice nasvícená Sluncem se pak na snímku jeví jako čára zatímco hvězdy jako body. U inverzní optické metody je tomu naopak, teleskop se

synchronizuje na dráhu družice a ta se pak na snímku jeví jako bod, zatímco hvězdy jako čáry. Tato metoda umožňuje sledovat objekty s menší odrazivostí a při přesném sledování objektu teleskopem i přesněji určit jeho úhlové rychlosti, protože na snímku je pak naexponováno více stop (od hvězd), ale musíme alespoň přibližně znát dráhu sledovaného tělesa.

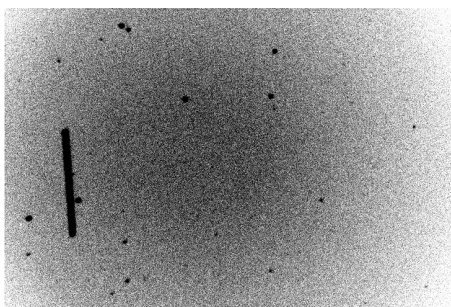
My jsme používali obě metody, na snímku je ale metoda klasická – neinverzní. Na Štefánkově hvězdárně na Petříně v Praze jsme měli k dispozici robotický dalekohled MARK. Ale kvůli jeho poruše a následné opravě byl přístroj špatně zkalibrován a nám se nepodařilo nafotit vlastní snímky, použili jsme proto archivní snímky.

2 Zpracování dat

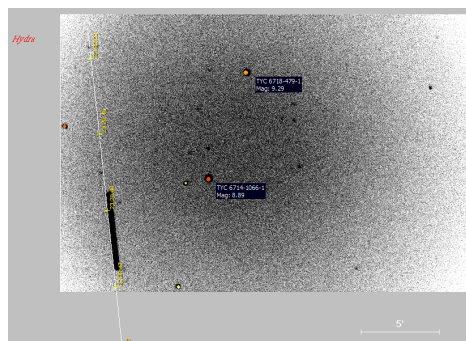
Zpracování dat získaných snímků předpokládá znalost přesného času začátku a konce expozice. Dále úhlovou vzdálenost mezi alespoň třemi hvězdami na snímku. Aby bylo možné určit úhlovou rychlost.

Postup zpracování je pak takový, že zjistíme úhlovou délku naexponované stopy tak že jí porovnáme se vzdáleností známých hvězd na snímku. Z expozičního času pak zjistíme za jakou dobu tuto vzdálenost objekt uletěl. A tím zjistíme úhlovou rychlost.

Pro zjednodušení této práce Ing. Martin Němec naprogramoval speciální software SkyMapToFIT, který je zatím ve vývojové fázi.



Obrázek 1. Vstupní data satelit Meteor-3M



Obrázek 2. Přeložení hvězdné mapy s předpokládanou dráhou družice Meteor-3M přes snímek z CCD kamery.

Úhlové rychlosti jsme naměřili s odchylkou 27,52 arcsec/sec.

3 Shrnutí

Možností jak snížit riziko srážek je prevence proti vzniku nového kosmického smetí již při vývoji družic a nosných raket, např. zbytečně neodhazovat nepotřebné součásti, vypuštění zbylého paliva, deaktivaci starých baterií a důsledné odstraňování nefunkčních satelitů z nejčastěji používaných orbitů, nebo alespoň zamezení rozpadu na menší části. Problematické jsou i zbytky nosných raket, jejichž část by mohla dopadnout na Zemi. Pokud je těžké odstranit satelit z orbity, je jednodušší jej tam nechat a jeho dráhu neustále monitorovat.

Ovšem žádné z těchto opatření nemůže zcela odstranit nebezpečí srážky s orbitálním odpadem, které i v budoucnu neustále poroste. A budou jím ohroženi i lidé účastníci se vesmírných misí na ISS.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali organizátorům za snahu a trpělivost, Dále také panu Ing. Martinu Fuchsovi, který nám umožnil přístup k teleskopu a práci s ním. A především Ing. Martinu Němcovi, bez kterého bychom to nezvládli.

Reference:

- [1] Mokřý K. - Vesmírný nepořádek v okolí Země <http://www.astro.cz/clanek/742>
- [2] Ing Němec M. – Počítačové zpracování obrazu – analýza snímků družic
- [3] Vodňanský J., Vondráček J., Bittner O - Počítačové zpracování obrazu – analýza snímků družic.

Počítačové zobrazení fraktálních množin

J. Dohnal* Z. Másler** H. Švihlová***

Střední škola stavební Jihlava*

Střední odborná škola a SOU Hořovice**

Gymnázium P. Bezruče***

jakudohn@centrum.cz*

zmasler@gmail.com**

helena.svihlova@seznam.cz***

Abstrakt:

Práce se věnuje fraktálním množinám a to jak jejich definici a výpočtu fraktální dimenze, tak jejich zobrazení na počítači.

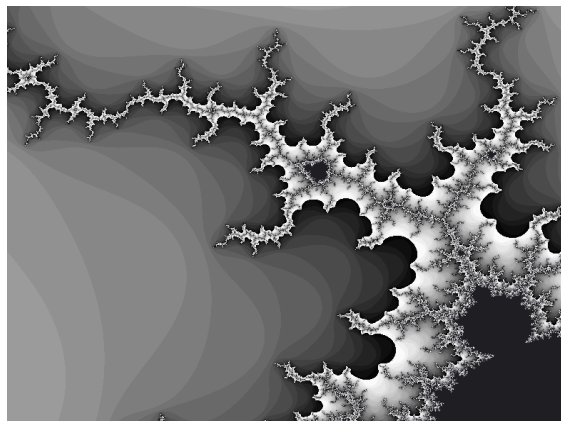
1 Úvod

Fraktál se dá nejjednodušeji definovat jako nekonečně členitý útvar, jehož základní vlastností je soběpodobnost, tzn. že objekt vypadá stejně, ať se na něj díváme v jakémkoliv zvětšení.

Fraktální geometrie slouží k chápání složitosti některých struktur a k pochopení některých jevů v přírodě jako je např. délka meandru řeky, která je závislá na měřítku, které používáme, s přesnějším měřítkem se jeho délka zvyšuje.

Přesná definice fraktální množiny dosud neexistuje, jako první ji definoval matematik B.B.Mandelbrot a to jako „množinu či geometrický útvar, jehož Hausdorffova dimenze je ostře větší než jeho dimenze topologická.“

Abychom pochopili Mandelbrotovu definici, je třeba tyto pojmy definovat.



2 Fraktální geometrie

Topologická dimenze

- je celočíselná, používá se pro geometricky hladké objekty, tedy objekty popsatelné Eukleidovskou geometrií. Zjednodušeně jde o určení počtu parametrů nutných k určení objektu.

Fraktální dimenze

- pomocí ní se určuje složitost některých struktur. Nekonečně složitá struktura, tedy např. členité pobřeží, má větší dimenzi než geometricky hladký objekt, např. křivka, ale ještě se nejedná o rovinu, takže má dimenzi vyšší než 1, ale menší než 2.

Výpočet fraktální nebo také Hausdorffovy dimenze

Zjednodušeně můžeme použít výpočet pomocí logaritmů. Vezmeme-li jakýkoliv objekt, např. úsečku, tak ji můžeme rozdělit na N částí. Tím získáme zmenšení $1/N$. Platí, že vynásobením částí objektu a jeho zmenšení umocněním dimenzí objektu dostáváme jedna.

$$N \frac{1}{N^D} = 1,$$

kde N je počet částí objektu a D je jeho dimenze.

U fraktálů ale neplatí, že zmenšení je rovno $\frac{1}{N}$, takže počítáme se zmenšením s . Pak platí

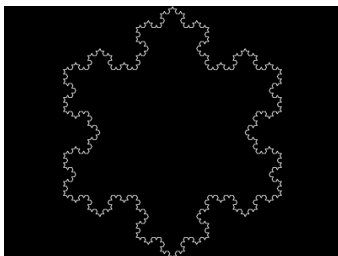
$$N \cdot s^D = 1,$$

kde s je zmenšení objektu, N je počet jeho částí a D jeho dimenzí. Získáváme tedy exponenciální rovnici, ze které vyjádříme D jako

$$D = \frac{-\log N}{\log s}$$

Tento výpočet můžeme demonstrovat na známém fraktálním objektu Kochova křivka.

Kochova křivka



Při vytváření Kochovy křivky máme úsečku rozdělenou na třetiny, kdy prostřední třetinu nahradíme rovnostranným trojúhelníkem. Postup neustále opakujeme. Získáváme tedy zmenšení $1/3$ při čtyřech částech.

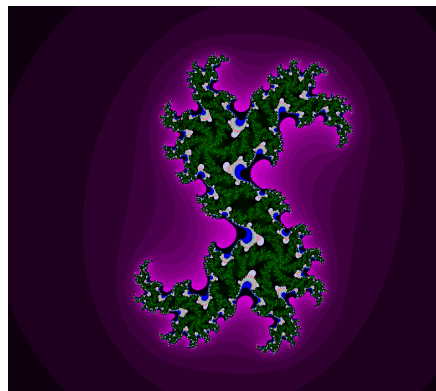
$$D = \frac{\log 4}{\log 3}, \text{ což je přibližně } 1,26186$$

Další příklady fraktálních množin

Juliovy množiny

Juliovy množiny jsou pojmenovány po francouzském matematikovi Gastonu Juliovi, který se zabýval chováním funkce komplexní paraboly $y = f(x) = x^2 + c$ a to zejména o iterační proces, tedy y v jednom kroku je použito jako x pro krok následující. Dostáváme tedy

$$z_n = z_{n-1}^2 + c,$$



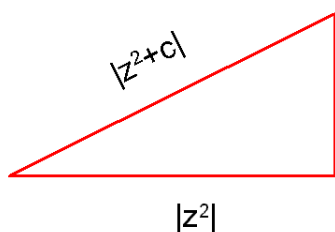
kdy z_n i c jsou komplexní čísla, z_0 určuje pozici bodu v komplexní rovině a c je libovolná konstanta.

Juliovy množiny jsou definovány jako množiny všech komplexních čísel z_0 , pro které tato posloupnost nediverguje, tj. neblíží se nekonečnu.

Prahový poloměr divergence

Při počítačovém zobrazování Juliovy množiny máme k dispozici pouze konečný počet iterací. Při zjišťování, zda posloupnost $z_n = z_{n-1}^2 + c$ diverguje, tedy zda dané z_0 patří do dané množiny, využíváme toho, že pokud platí $|c| \leq |z|$ a zároveň $|z| > 2$, pak posloupnost diverguje.

Důkaz vychází z trojúhelníkové nerovnosti:



$$\begin{aligned} |z^2| &\leq |z^2 + c| + |c| \\ |z^2 + c - c| &\leq |z^2 + c| + |c| \text{ tzn. } |z^2| - |c| \leq |z^2 + c| \\ \text{Jestliže tedy } |z| &> |c| \text{ znamená to, že i} \\ |z^2| - |c| &\leq |z^2 + c| \\ \text{Na levé straně vytkneme } |z| &\text{ a dostáváme} \\ |z^2 + c| &\geq |z| (|z| - 1), \text{ tedy } |z_{n+1}| > |z_n| (|z_n| - 1) \end{aligned}$$

Pokud zároveň $|z| > 2$, tak $|z| - 1 > 1$ a můžeme tedy $(|z_n| - 1)$ nahradit $(1 + \varepsilon)$, pak dostáváme

$$|z_{n+1}| \geq |z_n| (1 + \varepsilon) > |z_n|$$

a pro každé následující

$$|z_{n+2}| \geq |z_{n+1}| (1 + \varepsilon)^2 > |z_{n+1}|$$

Půjde-li tedy dále z_{n+1} do nekonečna, bude se $(1 + \varepsilon)$ nekonečně mocnit, tzn. můžeme určit, že posloupnost diverguje, když $|z|$ přesáhne hodnotu 2.

Mandelbrotova množina

Je také vytvořena díky iteraci funkce komplexní paraboly $z_n = z_{n-1}^2 + c$, kde z_n i c jsou komplexní čísla a c již není ve výpočtu konstantou, ale závisí na bodu, pro který počítáme posloupnost.

Program zobrazující Mandelbrotovu a Juliovu fraktální množinu

Vytvořili jsme si program, který vycházel ze zdrojového kódu vytvořeném Ing. Petrem Paušem. Tento zdrojový kód je šířen pod GNU licencí. Je psán v jazyce C++, využívající SDL knihoven. Původní program zobrazoval Mandelbrotovu množinu. Po naší úpravě zobrazuje jak Mandelbrotovu tak i Juliovu množinu.

Při spuštění programu se v konzoli dostanete do hlavní nabídky, ve které si můžete zvolit nastavení barev nebo zobrazení množin (fraktálů). Menu výběr barev; zde si můžete vybrat odstíny šedivé, zelené, modré a červené. Po zvolení barev, jste přesunuti opět do hlavní nabídky. Při zadání jedné z množin si můžete vybrat jednu z devíti možností. Možnosti jsou od původní množiny až po různě pozměněné; například pomocí funkce sinus nebo cosinus.

Dále jsme původní program vylepšili o ovládání pomocí klávesnice. Kurzorovými klávesami se posouváte po množině vykreslené v okně 800 na 600 pixelů. Dále pomocí numerického plus a minus lze přibližovat nebo oddalovat obraz téměř do nekonečna, to je omezeno počtem iterací.

```
//MANDELBROTOVA MNOZINA
int mandelbrot(double cx, double cy, int maxiter)
{
    double zx=0, zy=0, zx2, zy2;
    int iter=0;
    do {
        zx2=zx*zx;
        zy2=zy*zy;
        zy=2.0*zx*zy+cy;
        if (a == 0) zx=zx2-zy2+cx;
        if (a == 2) zx=cos(zx2-zy2+cx);
        if (a == 3) zx=log(zx2-zy2+cx);
        if (a == 4) zx=sqrt(zx2-zy2+cx);
        iter++;
    } while (iter<maxiter && (zx2+zy2)<4.0);
    return iter;
}
```

část zdrojového kódu zobrazující část, která počítá mandelbrotovu množinu

Algoritmus

Hlavní část algoritmu je v cyklu do-while. Programovací jazyk nepodporuje výpočty s komplexními čísly, proto je nutné výpočet rozepsat.

$$z_{n+1} = (z_n - i)^2 + c$$

$$z_x + z_y \cdot i = (z_x + z_y \cdot i)^2 + c_x + c_y \cdot i$$

$$z_x + z_y \cdot i = z_x^2 + 2z_x z_y \cdot i - z_y^2 + c_x + c_y \cdot i$$

Z toho vyplývá:

$$z_x = z_x^2 - z_y^2 + c_x$$

$$z_y = 2z_x z_y + c_y$$

3 Shrnutí

Fraktální geometrie je samostatná vědní disciplína, která je intenzivně rozvíjena zhruba od 60. let 20. století. Za jejího objevitele je považován polský vědec Benoit B. Mandelbrot.

Pravděpodobně největší uplatnění má dnes fraktální geometrie a fraktály v počítačové grafice. Fraktály lze v počítačové grafice využít například ke generování přírodních útvarů jako jsou stromy, rostliny, hory, mraky, kameny atd. V této oblasti neexistuje lepší způsob, který by dával věrohodnější výsledky.

V práci jsme se zaměřili na výpočet prahového poloměru divergence a fraktální dimenze. Tento výpočet je sice hodně zjednodušen, ale čas i formální stránka práce už nám neumožnily se rozepsat. Dále jsme se naučili základy fraktálních množin a vytvořili jsme program na jejich zobrazování, na kterém bychom chtěli i dále pracovat.

Poděkování

Chceme velice poděkovat organizátorům a sponzorům Fyzikálního týdne, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a nejvíce našemu supervizorovi Petru Paušovi. Chceme také poděkovat našim školám, které nás připravily na tento týden.

Reference

- [1] P.Pauš, *Počítačové metody analýzy fraktálních množin*, FJFI ČVUT 2005/2006,
http://kmlinux/~pausp1/html/skola/Fraktaly/Diplomova_prace.pdf
- [2] P.Pauš, *Počítačové generování fraktálních množin*, FJFI ČVUT 2003/2004
http://kmlinux/~pausp1/html/skola/resersni_prace/reserse.pdf
- [3] P. Tišnovský <http://www.root.cz/clanky/fraktaly-v-pocitacove-grafice/>
- [4] P.Tišnovský <http://www.fit.vutbr.cz/~tisnovpa/publikace/diplomka/doc/node20.html>
- [5] P.Tišnovský <http://www.fit.vutbr.cz/~tisnovpa/publikace/diplomka/doc/node24.html>
- [6] P.Tišnovský <http://www.fit.vutbr.cz/~tisnovpa/publikace/diplomka/doc/node25.html>
- [7] P.Tišnovský http://www.vood.mysteria.cz/fraktaly/clanky/1.htm#tth_sEc1.2

Svoboda systému aneb OS LINUX

Petra Hornáková
Gymnázium Františka Palackého Valašské Meziříčí
P.Hornakova@sh.cvut.cz

Vojtěch Mikšů
Gymnázium Humpolec
miksuv@gymhu.cz

Michal Eichner
SŠITSP Brno
michal.e@seznam.cz

Abstrakt:

Tato práce pojednává ve stručnosti o Linuxovém operačním systému , používaného ať už na serverech, tak běžným uživatelem.

1 Úvod

Linux/GNU, známý jednoduše jako Linux, je operační systém budoucnosti. Stabilní, flexibilní, otevřený. Záleží jen na uživateli jak se postaví k jiné architektuře operačního systému.

2. Historie

V roce 1983 založil Richard Stallman projekt GNU, který nyní poskytuje základní část většiny linuxových systémů (viz pojem GNU/Linux níže). Cílem projektu GNU je vyvinout kompletní unixový operační systém složený výhradně ze svobodného softwaru. V roce 1991 započal vývoj jiného jádra, které nakonec dostalo jméno „Linux“. Původně ho začal psát finský student helsinské univerzity Linus Torvalds jako svůj koníček. Linux byl pak zkompileován do binární podoby a naboťován z diskety, takže mohl běžet mimo původní operační systém. První verze linuxového jádra (0.01) byla vydána na Internetu 17. září 1991, další následovala v říjnu téhož roku . Od té doby se na tomto projektu podílely tisíce vývojářů z celého světa.

3. O Linuxu

Linuxové jádro a mnoho dalších GNU komponent je licencováno pod [GNU General Public License](#) (GPL). Zdrojové kódy software pod GPL mohou být svobodně upravovány a používány, šířeny však musí být opět pod GPL (jestliže se je rozhodnete dále šířit) avšak binární formy software používající GPL mohou být poskytovány za libovolně vysokou úplatu. Ostatní subsystémy mohou mít jiné licence, ale všechny spadají do kategorie svobodného softwaru/open source.

4. Svobodný systém – Open Source Software

Co si představit pod pojmem Open Source Software což znamená v českém překladu software s otevřenými zdroji? Paradoxně v tomto případě můžeme chápat anglický překlad doslova. Zdroji se v tomto případě myslí zdrojové kódy softwaru, které musí být k dispozici všem bez výjimky. Zdrojové kódy jsou zapsány programovacími jazyky Java, C v současné době i Assembler.

Svoboda těchto „otevřených“ systémů tedy vychází z principu, že kdokoli může program přetvářet a využívat k jakýmkoli účelům, třeba i komerčním.

5. Distribuce

Jak již bylo řečeno Linux není GNU/Linux. Linux sám o sobě je pouhým Linuxovým jádrem, skutečný operační systém který stojí na linuxovém jádru je GNU/Linux, což je Linuxové jádro plus GNU aplikační balíky. K linuxovému jádru můžeme přidružit libovolné množství a libovolné druhy GNU balíků. Na základě těchto odlišností v obsahu doprovodného aplikačního softwaru rozlišujeme tzv. Linuxové distribuce.

V zásadě můžeme dělit distribuce do dvou skupin, ze dvou různých hledisek pohledů. Jedním je rozdělení všech distribucí na skupinu pro pokročilého uživatele, zvyklého pracovat v unixových operačních systémech a skupinu pro začátečníky, kteří mají zkušenosti s prací v takovémto typu operačního systému minimální. Druhým je rozdělení distribucí na distribuci, kterou musíme instalovat z CD/DVD a na tzv. „Live“ distribuci, která je přímo zpustitelná z CD bez instalace a bez nutnosti oddělení místa pro nový OS na fyzickém disku

5.1. Začátečník vs. pokročilý uživatel

Do skupiny pro začínající uživatele bychom určitě z nejznámějších distribucí měli zařadili Ubuntu, Mandrake později vyvíjen jako Mandriva, RedHat později vyvíjen jako FedoraCore, SuSE aj. Ačkoli jakýkoli unixový systém což je i Linux je ovládán pomocí příkazového řádku, disponují veškeré tyto verze grafickým prostředím, které je velmi blízké svou podobou ještě stále standartizovanému grafickému prostředí operačního systému firmy Microsoft, Windows. Díky grafickému prostředí uživatel není nucen k přímé konforntaci s konzolí, ale naopak na rozdíl od komerčních systémů typu OS Mac nebo Windows se může posupně s konzolí pracovat naučit a tím i mnohem lépe pochopit pricip celého operačního systému.

Naopak do skupiny pro pokročilé uživatele, kteří již nějaké zkušenosti se systémem unixového typu mají a odokáží ovládat Linux pomocí příkazové řádky a jsou obeznámeni s architekturou systému, bychom mohli zaradit distribuce GNU/Debian, Slackware a Gentoo, které se svými principy blíží spíše unixovým platformám. Gentoo je samo o sobě velmi specifickou verzí která se pohybuje na hraně linuxového OS a unixové platformy. Tato distribuce je poměrně mladá a vyžaduje po uživateli dokonalou znalost vlastního hardwaru. Umožňuje si sestavit celou linuxovou distribuci samostatně a zcela na míru svým potřebám.

5.2. Instalace vs. Live verze

Nespornou výhodou Linuxu oproti jiným komerčním operačním systémům je zajištění možnosti vyzkoušet si nebo dokonce provozovat systém naprosto nezávazně bez jakékoli instalace. Tuto možnost ocení zejména uživatelé jiného OS, kteří si ještě nejsou zcela jisti jakou distribuci by chtěli používat nebo pokud uživatel z jakéhokoli důvodu nechce Linux instalovat na pevný disk.

Linuxové live verze jsou přímo zpustitelné z CD/DVD přímo v jiném OS, např. Windows. Z nejrozšířenějších live verzí jmenujme alespoň Ubuntu live, Slax live, Mandriva One Live, Danix live (česká distribuce), Knoppix nebo Fedora live.

Každá distribuce GNU/Linux je něčím specifická, proto záleží čistě na uživateli jakou zvolí.

6. GUI

GUI je zkratka od „Graphic User Interphase“ (Grafické uživatelské prostředí). Nejznámějším typem GUI je systém oken. N obrázovce existovat velké množství oken, ve kterých může nezávisle na sobě probíhat několik procesů. Grafických systémů je celá řada, ale u většiny Linuxových distribucí je defaultně přednastaveno KDE nebo GNOME. Dalším typem oblíbeného uživatelského rozhraní je FluxBox.

7. Shrnutí

Linux je bezesporu operačním systémem budoucnosti. Je to systém stabilní, flexibilní, otevřený. Jediná věc, která brání Linuxovým systémům získat výsadní postavení je zvyklost na jiné operační systémy. Zbývá jen doufat, že tento trend se bude mít v budoucnu tendenci měnit.

Poděkování

Největší poděkování patří panu Ing. Robertu Strakovi, za veškerou pomoc v rámci tohoto projektu a za jeho trpělivost. Dále bychom rádi poděkovali celému kolektivu FJFI ČVUT a zajištění naše velké dík patří sponzorům Fyzikálního týdne 2007.

Reference:

0 ... www.linux.cz

1 ... webová encyklopedia wikipedia www.cs.wikipedia.org/wiki/linux

2 ... Linux jdi do toho by Janet Valade nakladatelství Grada ISBN 80-247-1455-8

Využití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek

T. Fördös, H. Švecová, K. Melounová
Gymnásium Petra Bezruče Frýdek-Místek
Gymnásium Jeseník
Gymnásium Český Brod

tfordos@seznam.cz, svecova.hana@post.cz, klara.mel@seznam.cz

Abstrakt:

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je metoda, která využívá charakteristické záření vybuze­né ze vzorku k určení přítomnosti prvků. Výhodou této metody je fakt, že nedochází k destrukci zkoumaného vzorku. Z tohoto důvodu se tato metoda využívá ke zkoumání historických památek, např. ke stanovení pravosti starých obrazů, fresek, pís­emností (složení inkoustu specifické pro určitou dobu).

1 Úvod do teorie

Mezi spektrometrickými metodami používanými k analytickým účelům mají významné místo metody založené na využití charakteristického záření vybuze­ného z elektronového obalu zkoumaných atomů. Základní princip spočívá v použití vhodného zdroje budícího záření a detektoru, který snímá záření vybuze­né. Budící záření dodává elektronům energii. Pokud je tato energie dostatečná, dochází k vyražení elektronu z některé vnitřní slupky atomu. Prázdné místo se zaplní některým elektronem ze slupky vnější. Přičemž dojde k vyrovnání vazebných energií, což se projeví vyzářením kvanta energie. Toto kvantum energie nazýváme charakteristické rentgenovské záření a je pro každý atom specifické.

Zákon, který objevil H. G. J. Moseley, vyjadřuje závislost mezi energií jednotlivé čáry a protonovým číslem atomu prvku, v jehož elektronovém obalu došlo k fotoefektu. Lze ho zapsat rovnicí:

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

K, b – konstanty

Z – protonové číslo

E – energie čáry

Ke každé hodnotě Z je přiřazena energie čáry, která je prvkem emitována. Změříme-li tedy energii čáry, je možné zjistit, kterým prvkem byla emitována. Hodnoty energií čar lze najít v tabulkách.

Nejčastějšími radionuklidovými zdroji jsou ^{55}Fe , ^{238}Pu , ^{109}Cd , ^{247}Am , ^{57}Co . Při výběru vhodného zdroje je podstatné především to, aby měl energii dostačující k vybuzení charakteristického záření.

2 Analýza mincí

Cílem naší práce bylo zjistit a porovnat prvkové složení čtyř mincí. Zkoumali jsme mince ze 4 stol. n. l., z roku 1982 - USA, dnešní mince 5 Kč, 10 Kč.

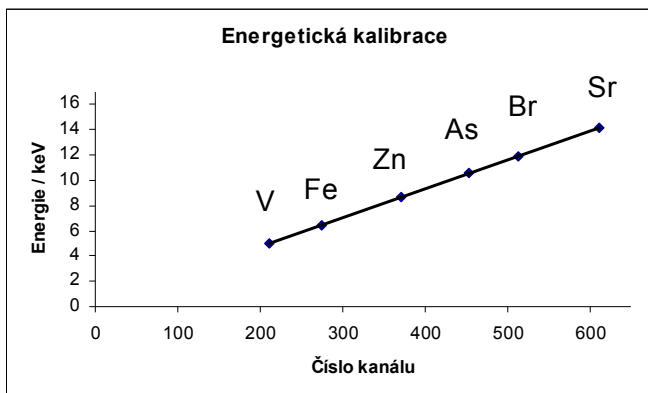
K zjišťování složení jednotlivých mincí jsme použili aparaturu sestavenou ze zářiče ^{238}Pu , detektoru, zesilovače, mnohakanálového analyzátoru a počítače. Před samotným měřením bylo nutné provést energetickou kalibraci analyzátoru pomocí destičky se známým složením, neboť jednotlivé píky jsou vztaženy na kanály, ke kterým následně přiřadíme energii čáry. Energii čar známých prvků nalezneme v tabulkách a sestavíme kalibrační rovnici, neboť víme, že tato energie je lineárně závislá na čísle kanálu. Také graf potvrdil lineární závislost.

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

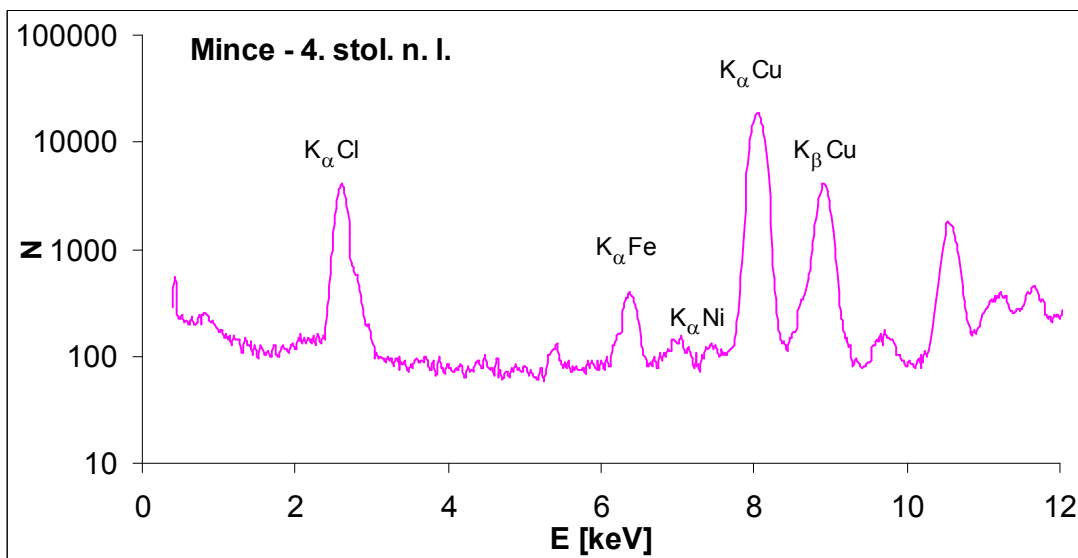
CH - číslo kanálu

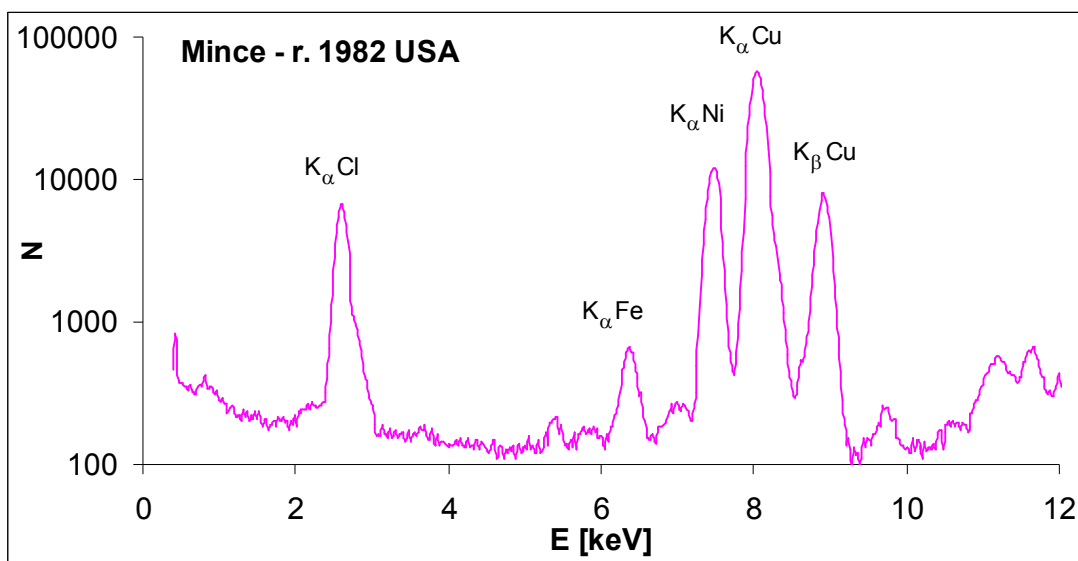
$$E = 0,0231 \text{ CH} + 0,0426 \text{ keV}$$

Prvek	Kanál	Energie [keV]
Vanad	212	4,952
Železo	275	6,403
Zinek	372	8,638
Arsen	454	10,543
Bróm	513	11,923
Stroncium	611	14,164

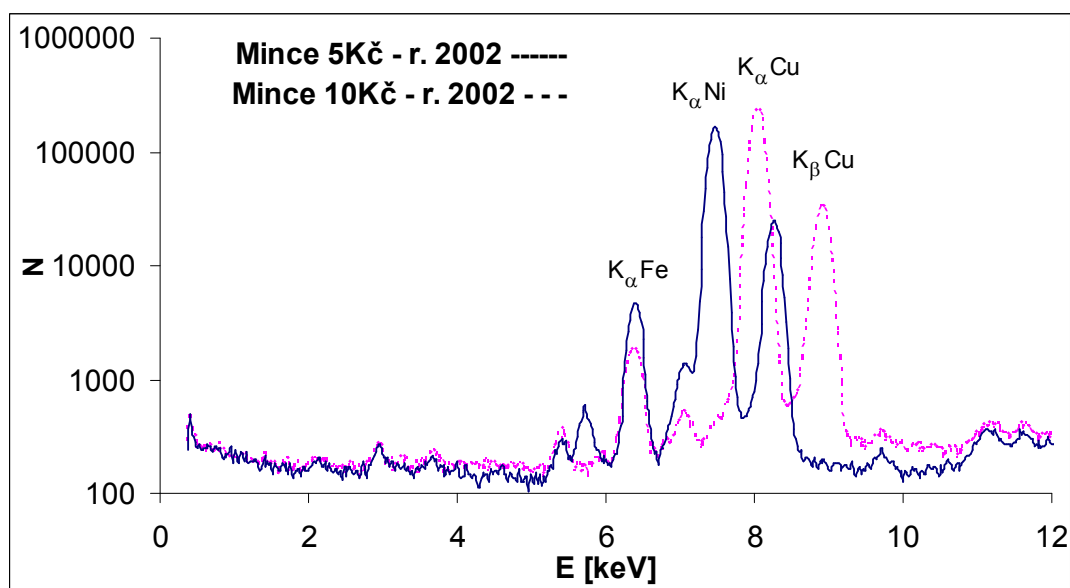


Zjistili jsme prvkové složení jednotlivých mincí a sestrojili příslušné grafy (x-E, y-N počet impulzů). Každé měření trvalo asi půl hodiny.





Z grafů je jednoznačně patrné složení mincí (Fe, Ni, Cu). Zjištěný chlór pochází z fóliového obalu mincí.



3 Shrnutí

Při srovnání mince ze 4. století s mincí z roku 1982 pozorujeme rozdílnou koncentraci niklu a železa. Při porovnávání mince 10 Kč a 5 Kč pozorujeme, že mince 10 Kč je převážně složena z mědi a naopak mince 5 Kč je převážně složena z niklu. Tomu odpovídá i vzhled jednotlivých mincí. Veškerá měření jsme provedli, aniž bylo nutné zkoumané předměty poškodit. Obdobně lze zkoumat další památky.

Poděkování

Děkujeme RNDr. Lence Černé za pomoc při práci na miniprojektu.

Reference:

ŠEDA, J.: *Dozimetrie ionizujícího záření*, SNTL, 1983.

MATEJKA, K.: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí*, ČVUT.

MUSÍLEK, L.: *Využití ionizujícího záření ve výzkumu*, ČVUT.

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice

Autoři: P. Košťál, J. Zajíčková, M. Bartošák, F. Krompolt

Gymnázium Voděradská, Gymnázium F. Palackého Valašské
Meziříčí, Gymnázium Jeseník, Gymnázium T. G. Masaryka, Příbor

janaave@centrum.cz

Abstrakt:

Počítačové algebraické systémy, zkráceně PAS jsou programy umožňující uživateli rychlé získání řešení složitých úloh, které by byly pomocí běžných prostředků jako papír a tužka prakticky neřešitelné. Mezi nejznámější a nejrozšířenější patří Mathematica a Maple, ale samozřejmě existují i další – Maxima, Axiom atd. My se nyní budeme zabývat převážně programy Maple a Mathematica.

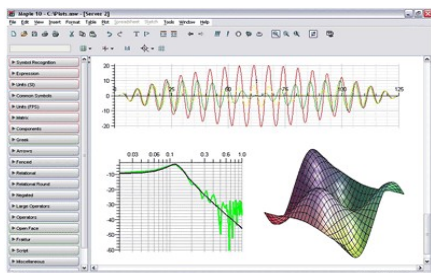
1 Úvod

S rozvojem vědy a techniky je zapotřebí řešit stále náročnější a složitější úlohy, ať se týkají výpočtů pevnosti látek nebo třeba dráhy raketoplánů. Tyto úlohy je třeba řešit rychle a hlavně správně. A počítače narozdíl od lidí dělají mnohem méně chyb a jsou schopny zpracovat několikanásobně větší množství informací za několikanásobně kratší dobu. Proto vzniká software, zaměřený na řešení nejrůznějších matematických úloh. Takovým softwarem jsou i počítačové algebraické systémy [1].

2 Maple

Maple [2] je programový systém počítačové algebry vyvinutý během uplynulých dvaceti pěti let. V současné době jeho další vývoj řídí kanadská firma Maplesoft Inc., sídlící ve Waterloo ve státě Ontario. Během posledních deseti let se Maple stal jedním z nejmodernějších a nejintenzivněji se rozvíjejících systémů počítačové algebry ve světě. Systém Maple umožňuje vedle provádění symbolických a numerických výpočtů a vytváření grafů i jejich doplnění vlastními texty a vytváření tzv. *hypertextových zápisníků* = *worksheet*.

V Maplu 11 se používá vlastní programovací jazyk čtvrté generace podobný Pascalu s mnoha předdefinovanými funkcemi a procedurami. Maplovské funkce pokrývají mnoho odvětví matematiky od základů diferenciálního a integrálního počtu, lineární algebry, řešení rovnic, až k řešení diferenciálních a diferenčních rovnic, diferenciální geometrii a logice.



```
r1:=subs(x=x1,y=y1,kuzel);
```

$$r1 = -\frac{A u^2}{(u+v)^2} + 2 \frac{D u}{u+v} + F = 0$$

```
> r2:=subs(x=x2,y=y2,kuzel);
```

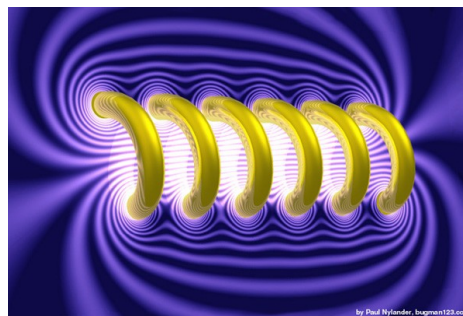
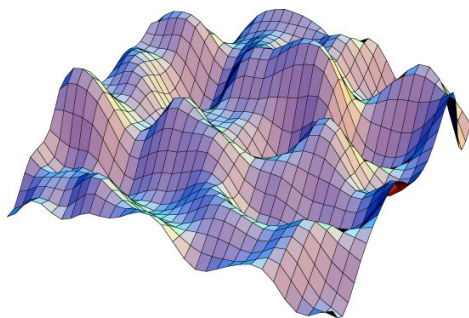
$$r2 = -\frac{A u^2}{(u-v)^2} + 2 \frac{D u}{u-v} + F = 0$$

```
> r3:=subs(x=x3,y=y3,kuzel);
```

$$r3 = A \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{u^2}\right)^2 + 2B \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{u^2}\right) \sqrt{\left(\frac{v}{u} - \frac{1}{2} \frac{v^2}{u^2}\right) \left(\frac{v}{u} + \frac{1}{2} \frac{v^2}{u^2}\right)} + C \left(\frac{v}{u} - \frac{1}{2} \frac{v^2}{u^2}\right) \left(\frac{v}{u} + \frac{1}{2} \frac{v^2}{u^2}\right)$$

3 Mathematica

Mathematica [3] je programový systém pro provádění numerických i symbolických výpočtů a vizualizaci dat. Silnou stránkou tohoto systému je vlastní programovací jazyk na bázi jazyků umělé inteligence. Díky tomu *Mathematica* nachází široké uplatnění v praxi zejména v oblastech vědecko-technických výpočtů, statistickém zpracování dat, finančním managementu atd. Jednotná koncepce systému umožňuje studovat závislost matematických modelů reálných systémů na parametrech jak symbolicky (parametry jsou reprezentovány např. písmeny) tak numericky (pro konkrétní číselné hodnoty parametrů).



Jazyk systému *Mathematica* je navržen tak, že umožňuje velmi snadnou manipulaci s grafickými objekty. Využití možností grafického programování vede k lepší prezentaci probraného učiva. Lze velmi jednoduše vytvářet animace např. u funkčních závislostí grafu funkce a změny parametru.

4 Shrnutí

Dá se říct, že Maple je zaměřený spíše na výpočty a Mathematica spíše na grafické zpracování, ale oba programy jsou velmi dobré a záleží pouze na uživateli, kterému z nich dá přednost. Na obou neustále pracují špičkoví programátoři a vytvářejí stále nové a nové verze.

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 Dr. Ing. Milanu Šiňorovi, bez jehož pomoci by tato práce určitě nevznikla.

Reference:

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_algebra_system
- [2] <http://www.maplesoft.com/applications/index.aspx>
- [3] <http://www.wolfram.com>

Šifrování tajných zpráv

P. Pompe, Gymnázium Jeseník, patrik.pompe@gmail.com

J. Veselý, Gymnázium Nad Kavalírkou Praha

M. Macko, Gymnázium Vídeňská Brno

O. Perutka, SPŠ Uherské Hradiště

Abstrakt:

Kryptografie jako věda zabývající se šifrováním a následným dešifrováním zpráv využívá různé matematické postupy. Uvádíme příklady funkcí jednotlivých metod a podrobně jsme zkoumali šifrování pomocí matic. Součástí naší práce je i jednoduchý program využívající této metody.

1 Úvod

Šifrování tajných zpráv – kryptografie, slouží ke změně zprávy tak, aby ji nepovoláná osoba nemohla přečíst. Historie šifrování je snad stejně stará jako historie posílání vojenských a milostných zpráv. Na jedné straně ji využíval Caesar při komunikaci se svými jednotkami a na straně druhé se zmínky o šifrování objevují i v kamasutře [2]. V dnešní době neustále vzrůstají požadavky na bezpečný přenos dat, především v oblasti internetu, bankovníctví a v armádě.

Cílem naší práce bylo vyzkoušet si některé základní metody kryptografie a využít je při tvorbě programu na šifrování a dešifrování zpráv.

2 Metody kryptografie

Prvním krokem většiny kryptografických metod je převedení zprávy do podoby posloupnosti čísel. Např. máme-li zprávu zapsanou velkými písmeny a bez mezer, můžeme použít následující mapování znaků: $A \rightarrow 0, B \rightarrow 1, \dots, Z \rightarrow 25$.

Číselnou reprezentaci zprávy dále modifikujeme pomocí matematické funkce, která je závislá na tzv. klíči (parametr funkce). Podle klíče lze kryptografii rozdělit na:

- **Symetrickou**
- **Asymetrickou**

U symetrické kryptografie je využíván stejný klíč pro zakódování i dekodování zprávy, je tedy nutné, aby ho znal příjemce i odesílatel zprávy. Před odesláním zprávy si jej musí nějak bezpečně předat. Její výhodou je nižší výpočetní náročnost, a proto je využívána zejména při šifrování velkého objemu dat. Příkladem symetrické kryptografie je metoda posuvné a afinní transformace. Při afinní metodě je číselná reprezentace zprávy modifikována pomocí funkce:

$$f(x) = ax + b \bmod N,$$

kde a, b jsou celočíselné parametry transformace (klíč), N počet znaků abecedy a funkce mod (modulo) zabráňuje přetečení mimo obor hodnot. Posuvná metoda je zvláštní variantou metody afinní, kdy $a = 1$.

V současnosti jsou při menším objemu dat používány metody asymetrické, které využívají dvou odlišných klíčů. Příjemce bez obav sdělí svůj veřejný klíč odesilatel, který pomocí něj zprávu zašifruje. Příjemce je schopen zprávu rozluštit jen pomocí klíče soukromého, který drží v tajnosti. Základem těchto metod jsou tzv. trapdoor funkce. To jsou algoritmicky rychle vyčíslitelné funkce, u kterých navíc požadujeme, aby nalezení inverzního zobrazení (které se používá při dekódování) bylo – bez nějaké dodatečné informace (soukromý klíč) – co nejsložitější. Trapdoor funkce využívají např. jednoduchého součinu velkých prvočísel a jeho následného složitého rozkladu, bodů na eliptických křivkách, či násobení v konečných (velkých) Abelovských grupách.

3 Použití kódovacích matic

My jsme při tvorbě kryptografického programu použili metodu kódovacích matic. Zprávu jsme rozdělili na dvojice znaků, které představují dvojrozměrné vektory. Následně jsme tyto vektory násobili kódovací maticí $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ax + by \\ cx + dy \end{pmatrix} \bmod N.$$

Aby byla zachována bijektivnost (jednoznačnost) transformace, musí být největší společný dělitel determinantu matice $\det A = ad - bc$ a N roven jedné [2, Tvrzení III.2.1].

Dekódování probíhá pomocí inverzní matice

$$\begin{pmatrix} D^{-1}d & -D^{-1}b \\ -D^{-1}c & D^{-1}a \end{pmatrix},$$

kde $D = \det A$ a D^{-1} je inverzní prvek k $D \bmod N$, tzn. $DD^{-1} = 1 \bmod N$. Inverzní prvek D^{-1} se hledá pomocí rozšířeného Euklidova algoritmu [3].

Vstupem našeho programu je řetězec obsahující malá písmena a mezery, šifrovací matice. Výstupem je zašifrovaný řetězec. Naš program umožňuje samozřejmě i převod opačným směrem.

4 Závěr

```
l lg ghpeqmynskxgrcvzjleg yp hivnuz
nhvuvvcypnahetkehjuuyqieghejgvukxs bc
rcuytvhvrnxpfbypcrctktqdig lkxzztkvcoedpmxfbardpnssknhnsyp
hl kxaouxugeukdxhdbwtkvcsizcpgzczfpzl
fveqlrpztkgitsvydpnslkjbhohg gyqmmf
```

$$\begin{pmatrix} 5 & 7 \\ 2 & 17 \end{pmatrix}$$

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za organizaci fyzikálního týdne, jmenovitě našemu supervizorovi Ing. Petrovi Ambrožovi, PhD za uvedení do problematiky a ochotnou pomoc při vypracování projektu a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za obětavou organizaci

Reference:

- [1] [HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KRYPTOGRAFIE](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kryptografie), 19.6.2007
- [2] KOBLITZ, N.: *A Course in Number Theory and Cryptography*, Springer, 1994
- [3] [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EXTENDED_EUCLIDEAN_ALGORITHM](http://en.wikipedia.org/wiki/Extended_Euclidean_Algorithm), 19.6.2007

Simulace socio-ekonomických systémů

K. Rezková*; P. Skála**; J. Jelínek***

Gymnázium Voděradská*; Gymnázium Litoměřická**; Gymnázium
Opatov***

karolina.rezkova@gmail.com*; skalic.petr@gmail.com**;
kni.zka@seznam.cz***

Abstrakt:

V článku se nejprve zamyslíme nad potřebou simulací. V další části si přiblížíme dvě metody - vysvětlíme si jejich princip, k čemu se nám hodí, jaké jsou jejich vady. Poté simulace s různými parametry spustíme a zamyslíme se nad tím, co výsledek ovlivňuje a co vlastně výsledky znamenají. Nakonec prodiskutujeme věrohodnost simulací.

1 Úvod

Pro interpolování dějů ve společnosti je potřeba, stejně jako v ostatních vědních oborech, mít určité metody, pomocí kterých se bude předpovídat vývoj v čase v závislosti na jednotlivých parametrech. Právě tyto simulace jsme zkoumali a nyní výsledky těchto simulací rozebereme.

2 Modely

Pro simulování skutečnosti lze použít různé modely v závislosti na tom, jaký jev chceme zkoumat. My jsme se zabývali dvěma z nich. První z nich simuluje společnost, kde jedinci nesou následky rozhodnutí sebe i jiných a kde je výhodné být v menšině. Druhý společnost, kde s výměnou názorů, kde je naopak výhodou být v přesile.

Menšinová hra

Představte si, že jste někde v Santa Fé, kde je pouze jediný bar - El Farol, kam se vejde maximálně polovina obyvatel. A vy řešíte dilema: Jít do baru a riskovat, že tam bude plno, nebo zůstat doma, ačkoliv by mohlo být v baru volno a vy byste se mohli bavit.

Na základě takovéto skutečnosti vznikl model, který se nazývá menšinová hra. Zkoumané objekty, které nazýváme „agenti“, zde mají v každém kole na výběr ze dvou možností. Podle toho, kterou možnost zvolili, se rozdělí do dvou skupin. Agenti, kteří byli v té menší skupině, vyhráli a získají bod (počet udělovaných bodů by také mohl záviset na rozdílu počtu agentů ve vítězné a prohrávající skupině, ale simulace ukázaly, že tato změna výsledek příliš neovlivňuje). Poražení nezískají žádné body. Tímto krokem kolo končí a agenti volí znovu. Počet agentů musí být lichý, aby bylo jasné, která strana vyhrála.

Z pravidel hry je jasné, proč se metodě říká „menšinová hra“- vítězí menšina.

Vylepšený model

Ve skutečnosti se ale každý nerozhoduje nezávisle na celé společnosti, nýbrž pozoruje své okolí a hodnotí, zda někdo není úspěšnější. V tom případě by pro něj mohlo být výhodné

chování napodobit. Informace jsou ale cenná věc, a tak se často stává, že ten úspěšnější chce za poskytnutí takovýchto informací zaplatit.

Pro zpřesnění modelu se tedy bere v úvahu i struktura společnosti. Objekty pak mají možnost se podívat, jak se zachová nejúspěšnější osoba v jejich okolí, a následně imitovat její rozhodnutí. Za možnost okopírovat její chování jí ale následně musí zaplatit určité procento ze svého zisku.

U této simulace můžeme nastavit počet osob a výši platby, jakou agenti odvádí za možnost imitovat úspěšnějšího kolegu.

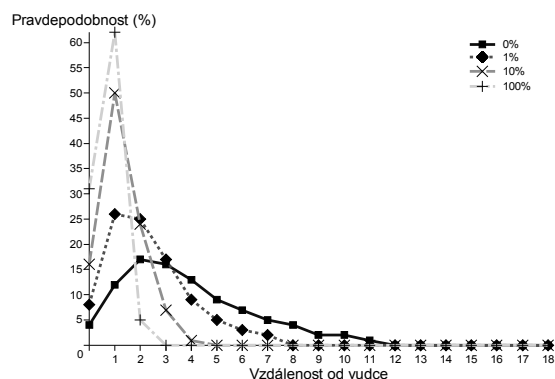
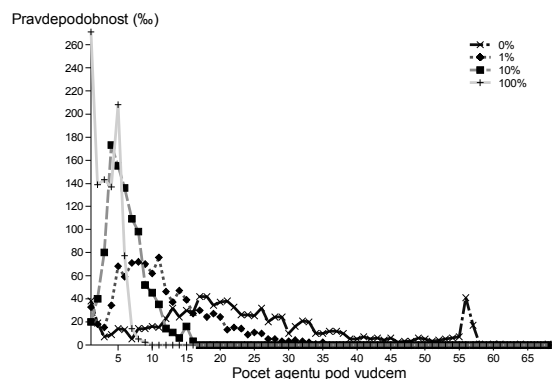
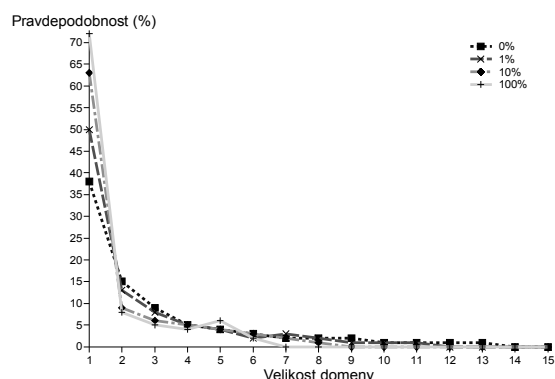
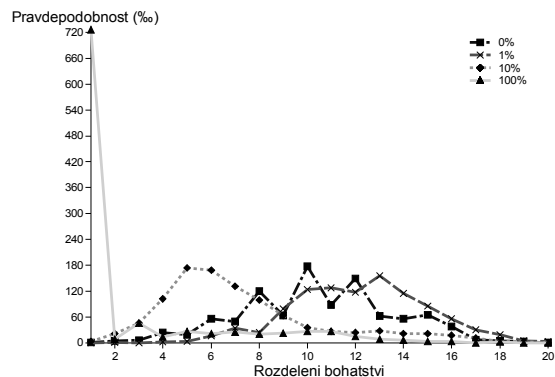
Rozbor dat

Provedli jsme simulace na mřížce 15x15 polí, což je podle našeho názoru dostačující, neboť větší pole sice nepatrně zvětší přesnost, ale za cenu větší časové náročnosti, přičemž přesnost námi užitá velikosti je pro naše potřeby dostačující.

Jak je vidět z prvního grafu (kde je míra bohatství vyjádřena poměrně), rozdělení bohatství je závislé na výši poplatku za imitaci, neboť pokud není úrok žádný, nemusí imitátoři za imitaci vůbec nic platit a bohatství bude rozděleno podle Gaussova uspořádání, naopak čím větší je poplatek, tím bohatší bude několik jedinců a tím více těch nejchudších. Až při poplatku 100% odevzdají vše, co vydělají.

Naopak velikost domén má u všech případů podobný průběh. Částečně je zde vidět působení rozdělení bohatství, neboť nejvíc domén nulové velikosti je u případu s největším poplatkem za imitaci, neboť zde je nejvíce těch nejchudších, které už nikdo imitovat nemůže. Naopak nejméně domén nulové velikosti je u simulace systému s nulovým poplatkem, kde je více vrstev lidí se stejným bohatstvím a zároveň je zde nejvíce těch nejdelších řetězců, opět ze stejného důvodu.

Počet agentů pod vůdcem (zde se nebere ohled na další agenty v řetězci) má také podobný průběh, je zde však zřetelně



vidět posun a změna velikosti vrcholu. Případ s největší daní má nejvíce nejkratších vrcholů ze stejného důvodu, jako jsem zmiňoval v minulém odstavci, neboť křivka rozložení bohatství je příliš strmá a následně příliš pozvolná.

Totožně lze zdůvodnit také křivky vzdálenosti od vůdce, které mají průběh podobný průběhu v předchozím případě. Je zde vidět, že nejvíce lidí je velmi blízko svým vůdcům. Což lze v případě s velkou daní vysvětlit tím, že už první imitátor má výrazně menší bohatství, takže se šance, že ho bude moci imitovat ještě někdo další, výrazně snižuje. V opačném případě to lze vysvětlit tím, že těch bohatších je tolik, že je pro agenty výhodnější neimitovat imitátora, ale jiného souseda.

Sznajdův model

Druhým modelem jest Sznajdův model, který se zabývá konkurenčním bojem.

Každý agent má na začátku na výběr z několika možností, z nichž se pro jednu rozhodne. Následně se v každém kroku vyberou dva agenti, kteří spolu sousedí a mají stejný názor. Ti následně přemluví jednu osobu ve svém okolí, aby si zvolila stejnou možnost. Poté se volba dvojice opakuje.

V simulaci, kterou jsme měli k dispozici, jsme mohli nastavovat počet osob, počet názorů, z kterých si osoby mohou vybrat, počet kroků, kolikrát nějaká dvojice změní názor souseda a počet opakování simulace, pro zprůměrování výsledků.

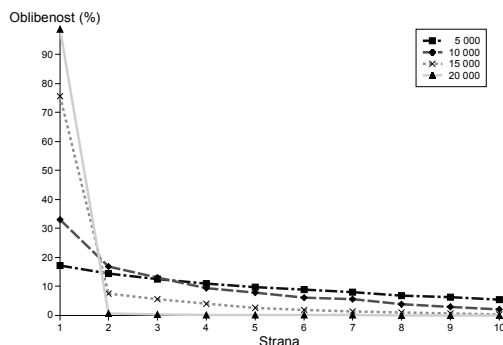
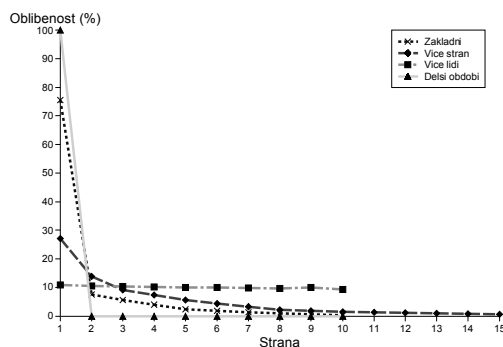
Tento model není pro fyziky převratnou novinkou, neboť nápadně připomíná Isingův model, využívaný ve statistické fyzice.

Ani tento model samozřejmě není dokonalý, neboť se zde netvoří nové názory a po dostatečně dlouhé době zůstane pouze jeden názor, a to tehdy, když jsou na začátku simulace alespoň dva lidé stejného názoru vedle sebe. Také nepočítá s psychologickou stránkou agenta a agent si musí zvolit právě jednu možnost.

Rozbor dat

Nejdříve jsme provedli základní simulaci pro 1000 lidí s 10 názory a 15000 kroků a následně, abychom si ověřili chování modelu v závislosti na parametrech, jsme provedli další simulace - v jedné jsme zvýšili počet názorů na 100, v druhé jsme zjišťovali stav při 10000 lidech a ve třetí výsledek základního modelu po 150000 krocích.

Model, kde je více možností, se od základního liší tím, že, pokud na začátku nejsou dva agenti stejného názoru vedle sebe, zůstane stejný, nebo, což je pravděpodobnější, zůstane pouze jeden názor v mnohem kratším čase. Neboť bude mnohem méně dvojic, které budou moci někoho ovlivňovat a dvojice bude méně často „vyrušována“ jinou dvojicí. Pokud bude v systému více lidí, vydrží názory mnohem déle, neboť je v systému mnohem více lidí, které je potřeba ovlivnit, a také budou dvojice agentů jiných názorů, které budou ovlivňovat agenty v bezprostředním okolí, což též bude zpomalovat sjednocování



názoru. Pokud se podíváme na systém v pozdějším čase, bude mnohem výraznější dominance jednoho názoru, protože dvojice dominantního názoru mají více času vnutit svůj názor ostatním.

Na druhém grafu zobrazujeme vývoj základního systému v čase. Je zde vidět vývoj od počátečního rovnoměrného zastoupení až po dominanci jedné strany.

3 Shrnutí

Jako většina modelů i tyto skutečnost pouze aproximují, takže výsledky je potřeba brát s rezervou. Ve skutečnosti se zaměřují pouze na určitou stránku problému. Také není možné zachytit všechny parametry. Přesto je možné na ně v krátkém časovém období vzhledem k určité problematice brát ohled, nesmíme ale zapomenout, že budou fungovat pouze pro statisticky dostatečně velký počet objektů.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi ing. Hynku Lavičkovi a organizátorům fyzikálního týdne.

Reference

- 1) *Mechanika voleb*. František Slanina. Vesmír, 2003/5.
URL: <http://www.vesmir.cz/clanek.php3?CID=1771>

Mlžná komora

Radana Janovská (Gymnázium T. G. M. Hustopeče)¹

Martin Veselý (SPŠ a VOŠ Příbram)²

Martin Václavek (Gymnázium J. K. Tyla, Hradec Králové)³

Pavel Motal (SOŠ a SOU Kuřim, s. r. o., Kuřim)⁴

¹ radanajanovska@seznam.cz

² martin.veslo@seznam.cz

³ martin.vaclavek.el@email.cz

⁴ pavel.1@centrum.cz

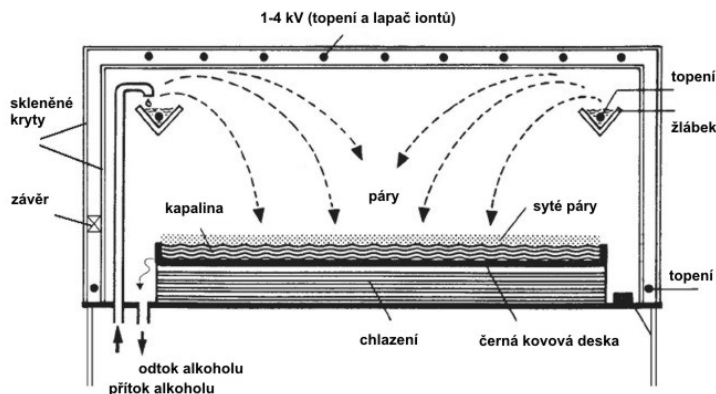
Abstrakt:

Naším úkolem bylo seznámit se s zařízením pro detekci částic, které stálo u zrodu moderní částicové fyziky. Výsledkem experimentu je série fotografií, z nichž je možno určit, o jaký druh částice se pravděpodobně jedná.

1 Historie mlžné komory

Částice není možno pozorovat pouhým okem, a proto bylo vyvinuto zařízení, jež zviditelňuje dráhy těchto elementů hmoty. Mlžná komora byla vynalezena v roce 1911 C. T. R. Wilsonem. Původní konstrukce využívala pro vytvoření nasycených par expanzi vzduchu (tzv. expanzní komora). Dnes používaná komora je založena na difúzi par z teplejší do chladnější oblasti (tzv. difúzní komora). Právě difúzní komora byla předmětem našeho bádání.

2 Princip difúzní mlžné komory



K pozorování drah částic je využívána pára izopropylalkoholu. Ta je vytvořena ve žlábků, který je ohříván odporovým topením. Takto vytvořené páry difundují do spodní části komory, kde je teplota -30°C . V této části zařízení se vytváří sytá pára. Pokud se v páře vyskytne tzv. kondenzační

jádro, dojde k jejímu zkapalnění. Kondenzačními jádry mohou být prachové částice i ionty. Průchod ionizující částice parou způsobí ionizaci prostředí (tvorbu iontů), čímž dojde ke zviditelnění její dráhy, kterou je již možno pozorovat pouhým okem.

Součástí mlžné komory mohou být zdroje magnetických polí. Tato pole působí na nabitě částice magnetickou silou, která způsobí zakřivení drah částic, což umožní přesnější identifikaci pozorovaných částic díky závislosti směru a velikosti magnetické síly na náboji (znaménku a velikosti) a rychlosti částice.

3 Detekce drah jednotlivých druhů částic

Snímky drah částic byly získány pomocí digitální kamery. Záznam se přenesl do počítače, kde byl analyzován. V případě zjištění určité částice byl záznam zastaven a provedlo se vystřížení daného snímku.

Rozměry stop částic jsou dány tzv. ionizačními ztrátami. Ty určují, kolik energie ztratí částice na určité dráze. Čím je ztráta energie vyšší, tím je prostředí více ionizováno a dráha částice je širší. Ionizační ztráty jsou dány Bethe-Blochovým vztahem:

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

Ze vztahu plyne, že ionizační ztráty jsou závislé na hmotnosti částice, na rychlosti a na jejím náboji (určen součinem Ze). Je však nutné si uvědomit, že závislost je popsána mocninnými a logaritmickými funkcemi. Délka dráhy závisí také na kinetické energii částice.

4 Výsledky experimentu

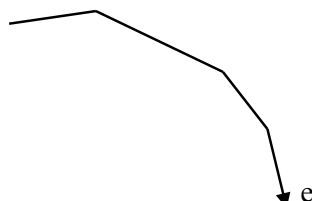
Výsledkem našeho experimentu je série fotografií.

- *Alfa částice* – Jedná se o jádra helia ${}^4_2\text{He}$. Jelikož má toto jádro náboj $2e$ a vysokou hmotnost, vytváří široké krátké stopy. Zdrojem alfa částic byl zářič ${}^{241}\text{Am}$ a náhodné procesy.



- *Beta částice* – Existují dva druhy beta záření:
 - 1) β^- - Toto záření je tvořeno tokem elektronů, které vznikají při rozpadu neutronů v jádře a to podle rovnice: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$;
 - 2) β^+ - Tento druh záření je tok pozitronů (antičástice elektronů) vznikajících při rozpadu excitovaného protonu v jádře podle vztahu: $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$.

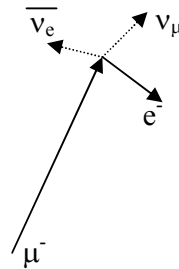
Na obrázku níže je dráha nízkoenergetického elektronu. Kvůli své nízké hmotnosti a nízké energii se snadno odráží od okolních částic, čímž vzniká zakřivená dráha.



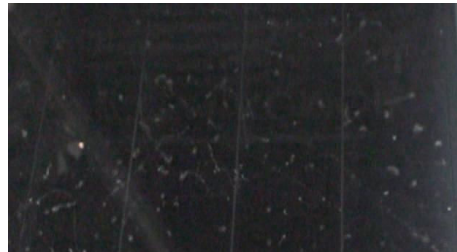
- *Protony* – Jsou kladně nabitě elementární částice nacházející se v atomovém jádře. Zanechávají po sobě široké stopy, jež jsou podobné těm, které zanechávají alfa částice, avšak stopy protonů jsou delší kvůli nižší hmotnosti a náboji.



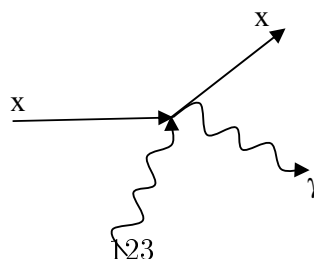
- *Miony* – Jsou to těžké záporně nabitě částice s dobou života cca 2 μ s. Po této době se rozpadají podle vzorce: $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$. Tento rozpad je možno pozorovat v mlžné komoře, avšak neutrina ($\bar{\nu}_e, \nu_\mu$) viditelná nejsou, jelikož nezpůsobují ionizaci prostředí.



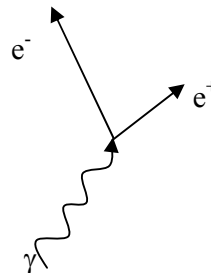
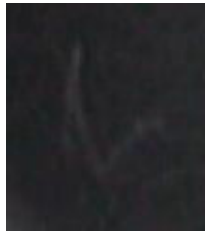
- *Gama záření* – Je elektromagnetické vlnění (dále EMV) s frekvencí vyšší než 10^{18} Hz. EMV je též možné popsat jako částici (tzv. foton) o energii $E = hf$, kde h je Planckova konstanta a f je frekvence EMV. Foton je částice bez náboje, proto není schopen vytvořit mlžnou stopu, avšak lze jej identifikovat podle sekundárních jevů, které způsobuje. Mohou se vyskytnout tři sekundární jevy, přičemž pravděpodobnost výskytu jevu závisí na energii fotonu. Při nízkých energiích dochází k fotoefektu, což je emise elektronu z atomového obalu. Stopa emitovaného elektronu je již viditelná. Na obrázku níže jsou viditelné stopy takto emitovaných elektronů (zdrojem gama záření byl ^{60}Co).



Při vyšších energiích dochází k tzv. Comptonovu rozptylu. Jelikož je foton hmotná částice, dojde při jeho nárazu do jiné částice (x) k odrazení fotonu (γ) a změně směru pohybu obou částic (viz obrázek). Změna směru pohybu je již pozorovatelná.



Pokud energie fotonu přesáhne 1,022 MeV může dojít ke kreaci páru elektron-pozitron. Stopy obou částic je opět možné pozorovat. Pro rozlišení elektronu a pozitronu je nutné do mlžné komory umístit zdroj magnetického (případně elektrického) pole, neboť obě částice se od sebe liší pouze znaménkem náboje. Kreace elektron-pozitronového páru je na obrázku níže.



5 Závěr

Během našeho experimentu jsme zjistili, že částice neviditelné pouhým lidským okem lze detekovat pomocí jejich vizuálních projevů v mlžné komoře. Zároveň nás překvapilo, že i zařízení, jehož princip je znám již od roku 1911, má stále své místo v detekčních metodách částicové fyziky.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervisorovi Bc.Václavovi Zycháčkovi za ochotu a trpělivost při vysvětlování dané problematiky, dále Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za organizaci Fyzikálního týdne a Nadačnímu fondu teoretické fyziky za finanční podporu.

Reference:

- [1] kolektiv autorů: *Atomový věk* SNTL Praha, 1966, kap.14
- [2] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>
- [3] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>
- [4] <http://www.wikiweise.de/wiki/Bild%3ASpektrum.png>

Metoda Monte Carlo

R. Jakubíková*, J. Novák**, J. Korbel***

* Gymnázium Jeseník

** Gymnázium Voděradská, Praha 10

*** Gymnázium Jihlava

honza.novak11@seznam.cz

Abstrakt:

Metoda Monte Carlo je prostředek pro výpočet obsahů rovinných obrazců, pro které ostatní metody selhávají. Při výpočtu se využívá náhodných čísel, proto se metoda jmenuje podle slavného kasina v Monte Carlu. Metoda Monte Carlo nám například umožňuje vypočítat číslo π , plochu pod křivkou, ke které neumíme vypočítat její integrál, a dokonce plochu pod křivkou, ke které neznáme její explicitní vyjádření. K metodě jsou potřeba náhodná čísla, která můžeme získat hodem mincí, kostkou nebo lépe generátorem pseudonáhodných čísel. Pro tuto metodu je tedy ideální využít počítač, který nám za krátký čas poskytne dostatek čísel, což zajišťuje dostatečnou přesnost výpočtu.

1 Úvod

Metoda Monte Carlo (dále jen MC) je způsob, jak vypočítat obsah rovinného obrazce s pomocí pravděpodobnosti. Využívá se při ní náhodných čísel, proto se metoda jmenuje podle kasina v Monte Carlu. Její hlavní výhoda spočívá v tom, že si poradí i s obrazci, na které jiné metody nestačí.

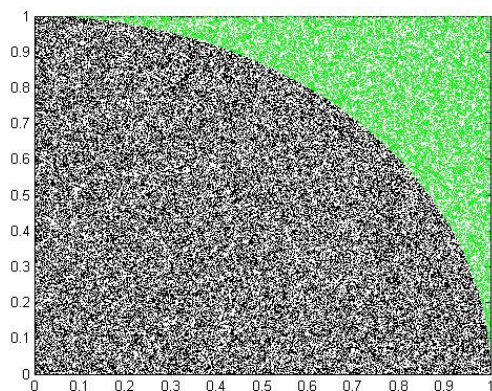
2 Technika výpočtu

Metoda spočívá v tom, že si ohraničíme oblast, ve které chceme vypočítat obsah daného obrazce. Většinou je oblast ohraničená čtvercem nebo obdélníkem. Dále generujeme body, které leží v ohraničené oblasti, a zjišťujeme, zda body v obrazci leží, či nikoliv. Obsah obrazce je tedy roven $\frac{N_0}{N} \cdot S_{ob}$, kde N je počet všech náhodných bodů a N_0 je počet všech bodů ležících uvnitř obrazce a S_{ob} je velikost oblasti.

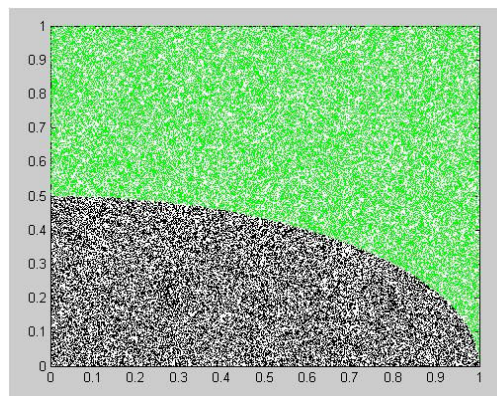
3 Výpočet čísla π pomocí metody MC

Pro výpočet čísla π použijeme čtvrtkružnici s poloměrem $r = 1$ a středem v počátku. Budeme tedy generovat body v intervalu $(\langle 0;1 \rangle \times \langle 0;1 \rangle)$ a budeme zjišťovat, zda daný bod leží uvnitř

kružnice, tzn. splňuje-li nerovnost $x^2 + y^2 < 1$. Obsah čtvrtkruhu je roven $\frac{\pi r^2}{4}$, tedy pro jednotkovou kružnici pouze $\frac{\pi}{4}$. Pokud tedy násobíme obsah čtvrtkruhu čtyřmi, dostáváme číslo π .



Obr.1 - výpočet čísla π pomocí čtvrtkružnice



Obr.2 - výpočet π pomocí elipsy

Počet bodů	10^3		10^5		10^7	
Číslo měření	Kruh	Elipsa	Kruh	Elipsa	Kruh	Elipsa
1	3.200	3.216	3.14364	3.14648	3.1413780	3.1423960
2	3.144	3.024	3.14216	3.14440	3.1427912	3.1411304
3	3.100	3.240	3.14880	3.13368	3.1412712	3.1398808
4	3.176	3.152	3.14564	3.12608	3.1415824	3.1423216
5	3.076	3.032	3.13564	3.14464	3.1413052	3.1402304
6	3.132	3.064	3.13892	3.12816	3.1427072	3.1415344
7	3.104	3.216	3.14312	3.16048	3.1414204	3.1415384
8	3.088	3.080	3.14596	3.13424	3.1419068	3.1420936
9	3.272	3.056	3.14548	3.13864	3.1417596	3.1390248
10	3.176	3.080	3.13740	3.15616	3.1421792	3.1411936
Aritm. průměr	3.1468	3.116	3.142676	3.141296	3.14183012	3.141134
Odchylka od π	-0.00521	0.025593	-0.001083	0.000297	-0.0002375	0.000458

Tab.1 - hodnoty měření čísla π pomocí kružnice a elipsy.

Také můžeme vypočítat číslo π pomocí čtvrtky elipsy s poloosami 1 a 0,5. Opět budeme vybírat body z intervalu $(0;1) \times (0;1)$ a budeme zjišťovat, zda bod splňuje rovnici: $x^2 + 4y^2 < 1$. Nyní ale musíme výsledek násobit osmi, protože obsah naší elipsy je $0,5\pi$.

Výpočet jsme provedli desetkrát pro určitý počet bodů. Pro 1000 hodů byl výsledek ještě nepřesný. Pro větší počet hodů se přesnost výrazně zlepšila.

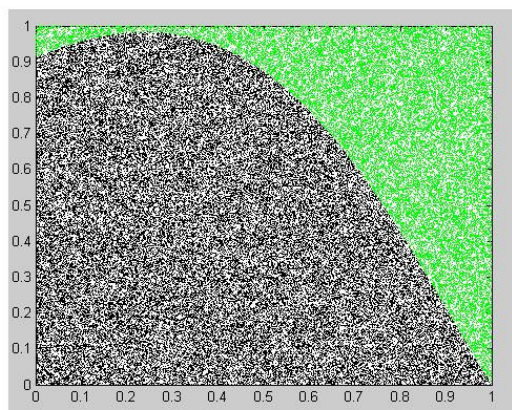
4 Výpočet obsahu pomocí metody MC

Výpočet obsahu pomocí metody MC je vhodný zvláště pro případy, kdy potřebujeme spočítat obsah plochy pod grafem funkce, ale nemůžeme použít jiné metody (např. integrování). Pokud

chceme spočítat obsah plochy pod funkcí $y = x \cdot \cos(e^x) + 0,912$ v intervalu $(0;1)$. Provedli jsme opět třikrát deset měření, podobně jako u π . Výsledek jsme porovnali s výsledkem, který jsme dostali pomocí obdélníkové metody, kdy jsme interval $(0;1)$ rozdělili na 99 999 999 dílků.

Měření č.	Počet bodů	10^3	10^5	10^7
1		0.718	0.72214	0.7221496
2		0.720	0.72131	0.7221243
3		0.737	0.72293	0.7224203
4		0.728	0.72255	0.7221460
5		0.715	0.72137	0.7224054
6		0.697	0.72261	0.7221860
7		0.717	0.72396	0.7222902
8		0.712	0.72269	0.7219560
9		0.730	0.71948	0.7220890
10		0.739	0.72223	0.7221543
Aritm. průměr		0.721	0.72213	0.7221921
Obdélníková metoda				0.722225237

Tab.2 – obsah funkce $y = x \cdot \cos(e^x) + 0,912$ v intervalu $(0;1)$

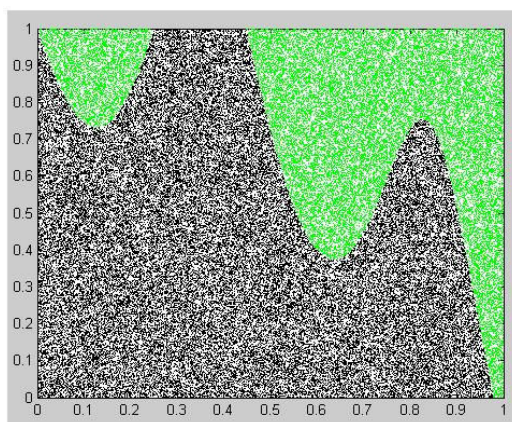


Obr.3 – výpočet obsahu plochy pod funkcí: $y = x \cdot \cos(e^x) + 0,912$

Ještě hodnotnější je výpočet plochy pod grafem pro implicitně zadané funkce, které nelze převést do explicitního tvaru, tedy nelze použít ani obdélníkovou metodu. Příkladem takové funkce je funkce $0,1 \tan(xy) = \ln(x^2 + y) + 0,3 \sin(13x)$. Opět nás zajímá obsah v intervalu $(0;1) \times (0;1)$. Použití metody MC je zde naprosto jedinečné, protože jiné metody zde nefungují.

Měření č.	Počet bodů	10^3	10^5	10^7
1		0.677	0.68821	0.689266
2		0.708	0.68897	0.68946
3		0.675	0.6919	0.689311
4		0.689	0.68849	0.689278
5		0.697	0.69076	0.68911
6		0.695	0.68961	0.689346
7		0.694	0.69146	0.68918
8		0.685	0.69146	0.689261
9		0.672	0.68899	0.689185
10		0.704	0.69076	0.689251
Aritm. průměr		0.689	0.690061	0.689265

Tab.3 – Obsah plochy pod funkcí: $0.1 \tan(xy) = \log(x^2 + y) + 0.3 \sin(13x)$



Obr.4 - funkce $0.1 \tan(xy) = \log(x^2 + y) + 0.3 \sin(13x)$

5 Shrnutí

Metoda Monte Carlo je velice užitečná při výpočtu čísla π a při výpočtu obsahu rovinných obrazců. Význam této metody spočívá hlavně v tom, že je metoda účinná při počítání obsahů, při kterých ostatní metody selhávají.

Poděkování

Děkujeme všem lidem, kteří se podíleli na přípravě Fyzikálního týdne 2007.

Reference:

- [1] M. Virius: Aplikace matematické statistiky -- Metoda Monte Carlo. ČVUT, Praha 1985.
- [2] http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Monte_Carlo_method&oldid=138037321

Simulace provozu JE s reaktory VVER 440 a CANDU 6

J. Chroust - SPŠ SE České Budějovice

V. Bereščák - Gymnázium Nový Bydžov

M. Kovář - Gymnázium Karla Sladkovského, Praha 3

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo se seznámit s principy a vlastnostmi reaktorů VVER 440, CANDU 6 a simulovat jejich provoz v JE. Simulace provozu JE s uvedenými reaktory probíhala ve speciálních programech. Provedli jsme si simulaci jak běžného provozu tak i havarijních stavů.

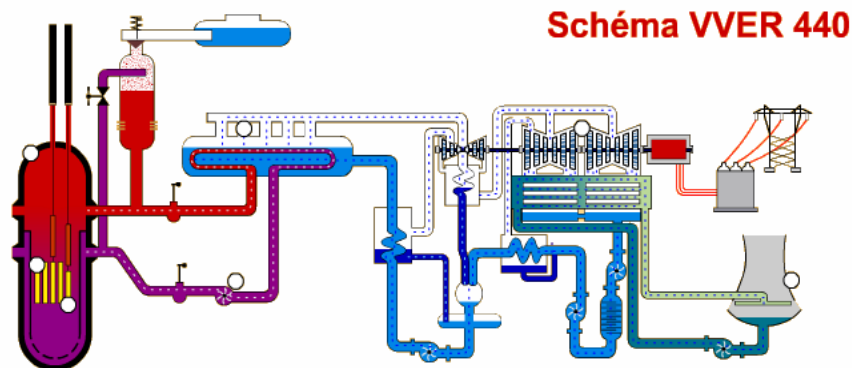
1 Úvod

Náš projekt jsme si vybrali z důvodu nynějšího velkého odporu rakouských aktivistů, kteří usilují o zavření JE Temelín pod záminkou případného jaderného nebezpečí pro jejich stát. A proto jsme se chtěli dovědět více informací o principech a konstrukci jaderných elektráren, především ze strany bezpečnosti provozu. Reaktory VVER patří v nynější době k nejpoužívanějším (tímto typem jsou u nás vybaveny obě JE Temelín a Dukovany).

2 Teoretická část a simulace

Základní informace o VVER 440

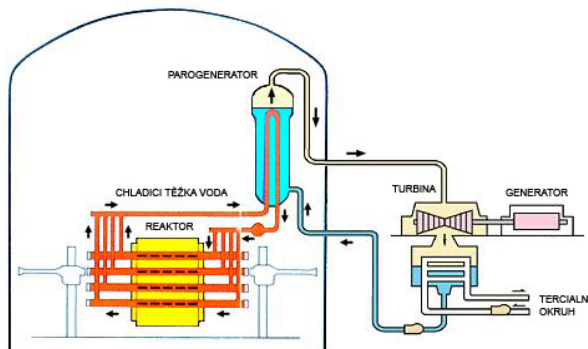
- Ruské zkratce VVER (Водо-водяной энергетический реактор = Vodo–Vodjanoj Energetičeskij Reaktor) odpovídá anglický ekvivalent PWR (Pressurized light-Water cooled and moderated Reactor). Tento reaktor je chlazen a moderován lehkou vodou.



Jedná se o tlakovodní reaktor, který má tlak v primárním okruhu 12,26MPa a teplotu chladiva v rozmezí 267°C - 297°C. Do tohoto reaktoru se vkládá jako palivo obohacený uran (2 % – 4% ^{235}U) ve formě oxidu uraničitého. Reaktor má 349 palivových kazet o celkové hmotnosti paliva 41,88t (hmotnost paliva jedné kazety 120kg). Již název nám říká, že tento reaktor má elektrický výkon 440MW, ale tepelný výkon reaktoru je 1375MW, z čehož nám vyplývá, že účinnost není zrovna nejvyšší. Pohybuje se kolem 32,7%. K regulaci reaktoru se využívají regulační kazety obsahující bórovou ocel a moderátor obsahuje kyselinu boritou (max. 12g na litr vody). K dosažení ještě větší bezpečnosti přispívá záporná teplotní zpětná vazba. Při zvýšení střední teploty v aktivní zóně dochází k poklesu hustoty všech obsažených materiálů, což způsobí snížení neutronového toku a tím i generovaného tepelného výkonu. To vede ke stabilizaci provozu. Celý primární okruh je zaplněn vodou. Je v něm umístěn tzv. kompenzátor objemu pro kompenzaci objemových změn chladiva a k udržování konstantního tlaku, který pomocí sprch a ohříváků, které způsobí kondenzaci respektive vznik páry nad hladinou. Sekundární okruh jaderné elektrárny je konstruován v paralelním provedení se dvěma turbogenerátory o výkonu 220MWe, nízkotlakou a vysokotlakou regenerací, napájecími nádržemi a napájecími čerpadly.

- V současnosti je tento typ reaktoru v České Republice využit v JE Dukovany, která má celkově 4 bloky.

Základní informace o CANDU 6



- Na těžkovodním reaktoru typu CANDU (CANada Deuterium Uranium) je založená jaderná energetika Kanady. Jedná se o energetický reaktor, který jako jaderné palivo využívá přírodní uran a jako chladivo a moderátor slouží těžká voda.

Aktivní zóna reaktoru CANDU je umístěna v horizontálně položené nádrži (válci), která je zaplněná těžkou vodou. Nádrž je umístěna v betonové kobce, ve které se nachází voda mající funkci tepelného a biologického stínění. Horizontálně vedené palivové kanály obsahují palivové soubory obtékané chladivem. Výměna paliva je realizována za provozu reaktoru tak, že se z jedné strany kanálu vkládá čerstvá kazeta a vyhořelá kazeta je tím z druhé strany vytlačována. Chladivo protéká kanály aktivní zóny, v parogenerátoru předává svoje teplo pracovní látce sekundárního okruhu (obyčejné vodě), a vrací se zpět do reaktoru. Moderátor se nachází v mezikanálovém prostoru. Tento reaktor dodává do sítě výkon 508MW a tepelný výkon poskytuje hodnotu 1744MW, z čehož nám vyplývá účinnost 29,13%. Sekundární okruh je podobný jiným typům tlakovodních reaktorů.

- V České republice není tento typ reaktoru v žádné JE využíván.

Simulace provozu JE s blokem VVER 440

- Při práci jsme používali simulátor, který přibližně odpovídá ovládání skutečné JE s reaktorem VVER 440. Tento program, napsaný pro PC, využívá numerického jádra k simulování všech základních fyzikálních dějů v jaderné elektrárně. V našich podmínkách byl ovládán dvěma „operátory“, přičemž jeden kontroloval okruh primární a druhý okruh sekundární. Každý měl k dispozici 2 PC. Jedno s ovládáním daného okruhu a druhé s jeho schématy. V tomto programu jsme měli možnost ovládat všechny hlavní systémy nutné pro řízení elektrárny, mezi které patřilo i ovládání výkonu reaktoru, výkonu turbín, výšky regulačních tyčí a sledovat následky naší interakce na množství ukazatelů tlaku a teploty.

a) Úloha: Snižování výkonu reaktoru podle turbíny

- V tomto úkolu jsme snižovali výkon bloku ve směru od turbíny k reaktoru což je metoda, kdy je zadáván výkon turbíny a je mu podřizován výkon reaktoru.. Z nominální hodnoty 220MW na jednu turbínu jsme snížili výkon na 175MW. Nejprve jsme přepnuli řízení reaktoru na automatický režim sledující tlak v hlavním kolektoru, poté nastavili požadovanou hodnotu výsledného výkonu a procentuální trend klesání na automatických regulátorech turbín. Po spuštění simulace začal výkon turbín klesat o 1% nominálního výkonu za minutu. Následně začal regulátor reaktoru na základě vzrůstu tlaku sám upravovat výkon zpomalováním štěpení, které je způsobeno zasouváním regulačních tyčí, a dorovnávat tlak pomocí kompenzátoru objemu. Při výkonu generátoru 175MW se útlum zastavil a my jsme přešli do druhé části pokusu a to vrácení výkonu na původní nominální hodnoty.

- Průběh základních veličin JE po dobu cvičení ukazuje tabulka:

Výkon turbín (MW)	Výkon reaktor u (%)	Tlak v primáru MPa	Výška reg. kazet (cm)	Ohřívák nebo sprcha v kompenzátoru objemu	Výška vody v kompenzátoru objemu (cm)	Tlak v sekundáru (MPa)
220	100,0	12,3	175	nic	372	4,61
205	95,0	12,6	163	nic	362	4,54
205	90,1	12,2	163	nic	367	4,65
190	85,6	12,2	151	ohřívák	356	4,64
175	79,8	12,2	142	ohřívák	348	4,61
190	87,1	12,3	151	ohřívák	350	4,52
205	94,0	12,6	163	nic	361	4,54
220	100,0	12,3	175	nic	372	4,61

b) Úloha: Simulace poruchy na porubí PO

- Zde jsme nastavili simulaci středně velkého úniku vody z primárního okruhu reaktoru. Následkem úniku moderátoru je rychlé snižování tlaku v primárním okruhu. Tento pokles se snaží okamžitě vyrovnat kompenzátor objemu. Zapojováním ohříváků se vytváří tlak v KO a vytlačuje odtud vodu. Po snížení hladiny pod kritickou mez se zapojí havarijní ochrana 3 která začne zasouvat 6. skupinu řídicích tyčí. Výkon aktivní zóny poklesne při současném snižování tlaku a hladiny v KO. Proto se aktivuje havarijní ochrana. Ta způsobí pád řídicích tyčí do reaktoru. Dále se odpojí čerpadla vedoucí od parogenerátorů a dojde k odstavení turbín. V PO bude dobíhat jaderná reakce a v SO se zvýší tlak následkem zastavených turbín.

Simulace odstavení JE CANDU 6

- Při nutnosti okamžitě zastavit reakci, se do reaktoru začnou zasouvat čtyři absorpční tyče. Dále je do nádrží v aktivní zóně napouštěna lehká voda, která slouží jako další absorbátor neutronů. Uvedené jevy rychle utlumí štěpení a sníží během několika sekund neutronový tok na minimální hodnoty. Výkon na turbíně klesá pomaleji v důsledku setrvačnosti turbíny.

3 Shrnutí

- Při práci na miniprojektu jsme si vyzkoušeli ovládání dvou odlišných typů JE. Oba reaktory jsou velice složitá zařízení, avšak automatické regulátory nám významným způsobem usnadňují systém řídit. Automatické ochrany nám při simulaci v simulačním programu nedovolily, abychom provedli úmyslný zásah za účelem přetížit reaktor, nebo udělali nějakou vážnější chybu, která by ohrozila bezpečný chod elektrárny. Vždy nás program omezil v naší činnosti, nebo úplně odstavil blok s reaktorem. Také jsme se přesvědčili, že se při jakékoli závažnější poruše, která by mohla ohrozit bezpečnost, nebo způsobit nějakou škodu, automatický systém v dosti krátkém čase zajistí vypnutí reaktoru. Z toho vyplývá, že JE jsou dnes na velmi vysoké úrovni zabezpečení, které nedovoluje v krizových situacích připustit chybu v lidském faktoru.

Poděkování

Chtěli bychom velice poděkovat Fakultě jaderné a fyzikální inženýrské ČVUT, jejím zaměstnancům za organizaci Fyzikálního týdne 2007 a za vedení miniprojektu především supervizoru Ing. Dušanu Kobylkovi, Ph.D.

Reference:

- [1] http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%BD_reaktor#CANDU 19.6.2007
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%BD_reaktor#VVER.2FPWR 19.6.2007
- [3] <http://proatom.luksoft.cz/jaderneelektrarny/index.php?akce=reaktor&idtypbloku=1> 19.6.2007
- [4] <http://www.simopt.cz/energyweb/web/schemata/jaderna/> 19.6.2007
- [5] BEREZNAI, G. *Introduction to CANDU systems and operation* Wortshop on nuclear power plants, 2003
- [6] GIECI, A. *Simtest EMO Inženirsky simulátor pre vyhodnovovanie testov energetickeho spušťania 1. časť* VÚJE a.s. Trnava, 1998

Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR

Martina Veselá - Gymnázium T.G.M. Hustopeče - marta.ves@seznam.cz

Tomáš Peták - Gymnázium Karla Sladkovského - t.petak@seznam.cz

Adam Novák - Gymnázium, Brno, Vídeňská 47 - ada.no@centrum.cz

Monika Kučerová – KGM, Praha - kucerovamonika@atlas.cz

Abstrakt:

Úkolem našeho projektu bylo seznámit se s problematikou jaderných elektráren. Zabývali jsme se konstrukcí, simulací provozu a řešením některých nestandardních situací. K měření jsme používali počítačové programy „IAEA Generic Bowling Water Reaktor Simulator“ a „WVER-1000 Reactor Departement Simulator“.

1 Úvod

Jaderná energetika se stala jedním z alternativních zdrojů stále více a více ustupujícího získávání energie z fosilních paliv. Základem je štěpení atomů těžkých jader, při kterém se uvolňuje značné množství tepelné energie. Tuto energii pomocí termodynamického oběhu převádíme na energii elektrickou. V našem projektu jsme se zaměřili na simulaci provozu a havarijních situací ve dvou typech jaderných elektráren.

2 Bloky jaderné elektrárny

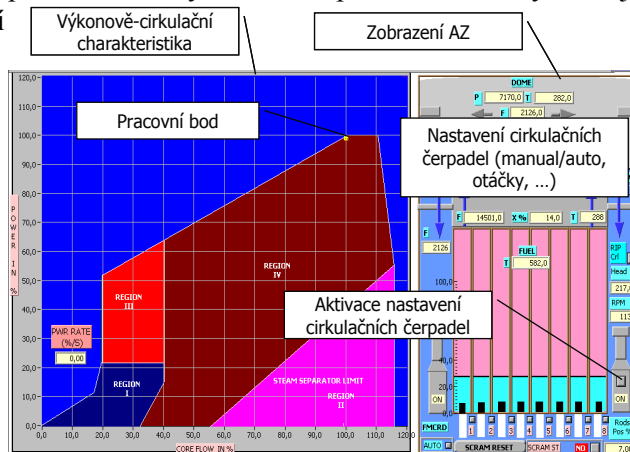
Blok ABWR

ABWR (advanced boiling water reaktor) je varný reaktor. Charakteristické pro reaktor jsou tyto hodnoty: výkon do sítě 1300 MW_e, tepelný výkon 3926 MW_t, účinnost cca 33,1 % a tlak 7,07 MPa, teplota sytosti je tedy 286,5°C. Řízení reaktivity probíhá několika způsoby – změnou koncentrace kyseliny borité (H₃BO₃), změnou polohy řídicích tyčí (pohybem dolů vysouváme z aktivní zóny, pohybem nahoru zasouváme do aktivní zóny), zvýšením nebo snížením cirkulace H₂O v AZ (čím vyšší otáčky, tím větší průtok, více H₂O oproti páře v AZ - to působí vnos kladné reaktivity). Havarijní a ochranné systémy prvního stupně způsobí vstřelení tyčí do AZ, což vede okamžitému odstavení reaktoru. Mohou zapůsobit při změně výkonu, poklesu nebo snížení tlaku páry, hladiny vody, uzavření pojistných ventilů parního potrubí a izolování reaktoru, zvýšení radioaktivity v parním potrubí, odpojení generátoru od sítě, zemětřesení a povel operátora. Druhý stupeň havarijních a ochranných systémů aktivuje zasouvání řídicích tyčí do AZ (při překročení 110% výkonu pro daný průtok a nebo havarijním doplňováním vody). Třetí stupeň způsobí blokování řídicích tyčí (při překročení 105% výkonu pro daný průtok). Řídicí systémy obsahují: automatický regulátor pohonu

řídících tyčí, regulátor pohonu cirkulačních čerpadel, systém regulace tlaku v reaktoru, regulátor výšky hladiny v reaktoru, systém řízení výkon TG, řídicí systém PSK.

V simulátoru IAEA Generic Boiling Water Reactor Simulator jsme mohli všechny hodnoty, uvedené v prvním odstavci, pozorovat v hlavním panelu. V programu jsou i další panely (panel regulátorů, panel hlášek havarijního odstavení, panel napájecích systémů, panel grafů, panel turbínového generátoru a panel řízení výkonu. Na panelu řízení výkonu je

zobrazena výkonově-cirkulační charakteristika, ukazující v grafu několik oblastí ($y = \text{výkon v \%}$ / $x = \text{tok v \%}$). Sledovali jsme pohyb pracovního bodu. Pokud se pracovní bod dostal mimo region IV, nastávají nestandardní situace vedoucí až k odstavení reaktoru. V programu je možné simulovat a sledovat průběh několika havarijních odstavní (nízká hladina vody, vysoká hladina vody, manuální odstavení reaktorů, ...). Dále můžeme v aktivní zóně manuálně snižovat a zvyšovat: výkon, nastavení cirkulačních čerpadel (manual/ auto/ otáčky ...), zapínat a vypínat jednotlivé skupiny regulačních tyčí při manuálním režimu.

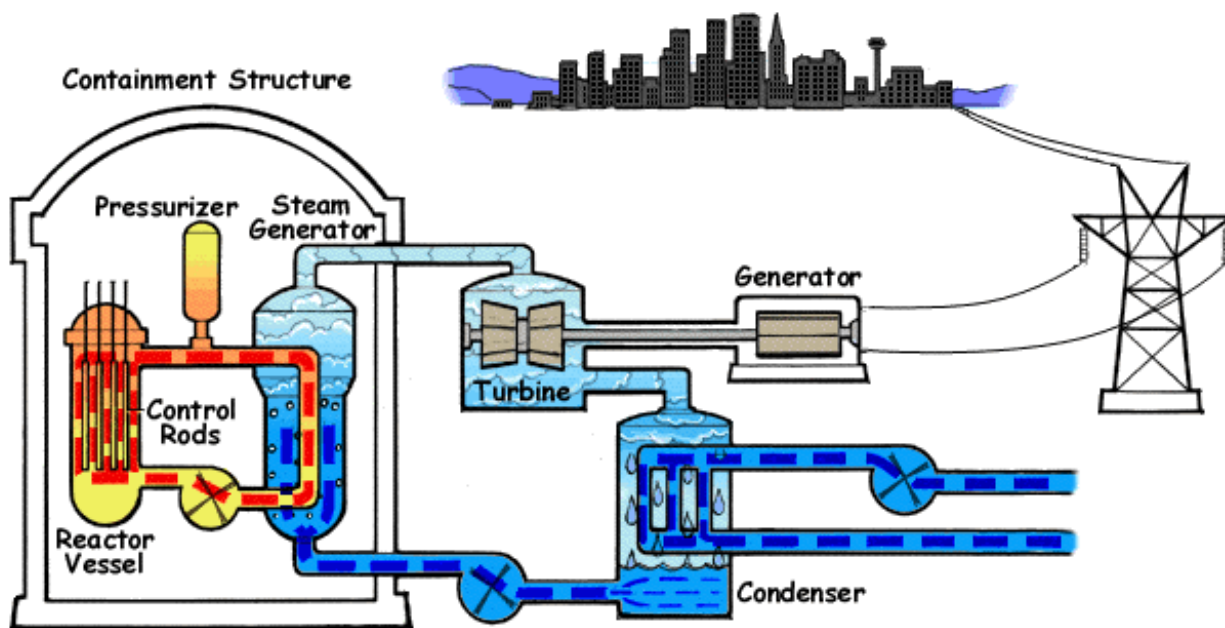


Při zvýšení otáček cirkulačního čerpadla se pracovní bod posouval vpravo (tzn.: průtok vody aktivní zónou se zvýšil, teplota paliva klesla, výkon byl regulován na stejné hladině automatickým zapínáním jednotlivých skupin řídících tyčí. Při snížení otáček cirkulačního čerpadla se pracovní bod posouval vlevo (tzn.: průtok vody aktivní zónou se snížil, výkon byl udržován vypínáním jednotlivých skupin řídících tyčí.

Blok VVER 1000

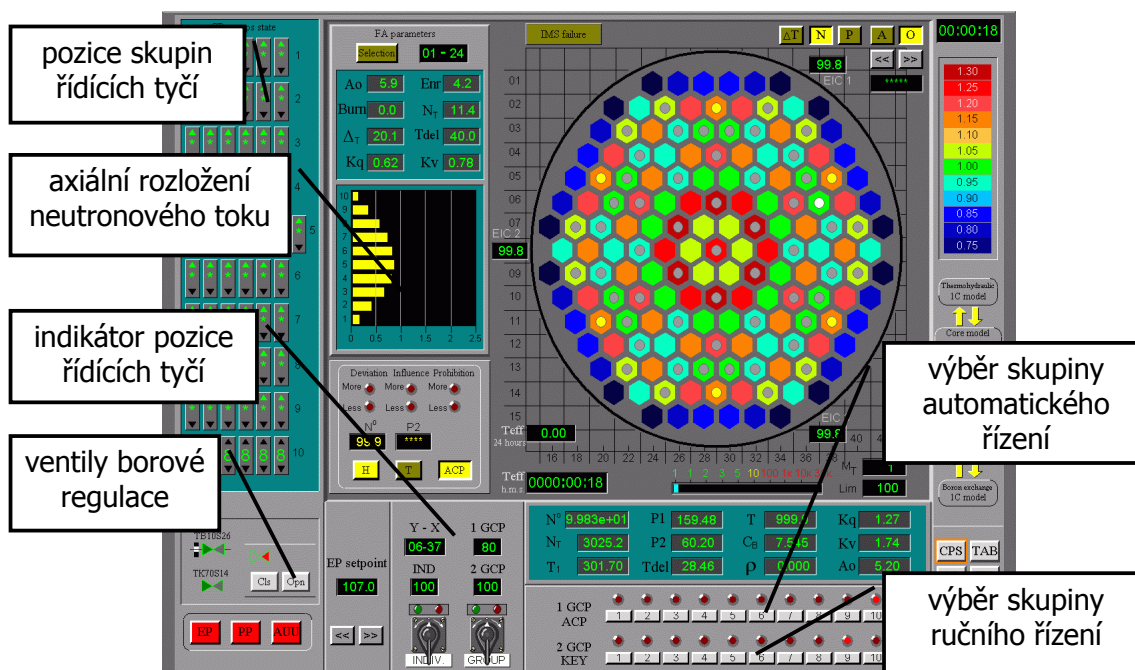
VVER 1000 je typem tlakovodního reaktoru. Tepelný výkon je 3000 MW_t, elektrický výkon činí 1000 MW_e. Palivem je lehce obohacený uran (<4% U235) ve formě UO₂. Moderátorem je lehká voda, která současně slouží i jako chladivo. Regulátory jsou kyselina boritá (H₃BO₃) a regulační tyče vyrobené z bórové oceli. Voda v primárním okruhu je pod tlakem 15,7 MPa, který zabraňuje varu (teplota sytosti je 346°C). V aktivní zóně je voda ohřata na o cca 30K na teplotu 320°C, dále proudí do 4 parních generátorů, kde předává svoji energii vodě v sekundárním okruhu. Tím je zmenšeno riziko úniku slabě radioaktivní vody od reaktoru. V primárním okruhu voda znovu pokračuje přes hlavní cirkulační čerpadla do reaktoru, kde se znovu ohřívá. Tlak je vyrovnáván kompenzátozem objemu, ve kterém měníme poměr mezi parou a vodou prostřednictvím elektroohříváků a sprchového systému.

V sekundárním okruhu proudí pára z parogenerátoru o tlaku 6,4 MPa a teplotě cca 260°C (parametry sytosti) na lopatky turbíny, která roztáčí generátor. Při této expanzi předává svoji energii, ochlazuje se a snižuje se její tlak až na tlak v kondenzátoru. V tomto zařízení pára kondenzuje zpět na vodu. Přes systém regenerátorů a napájecích čerpadel proudí znovu na turbínu, což nám zvyšuje účinnost.

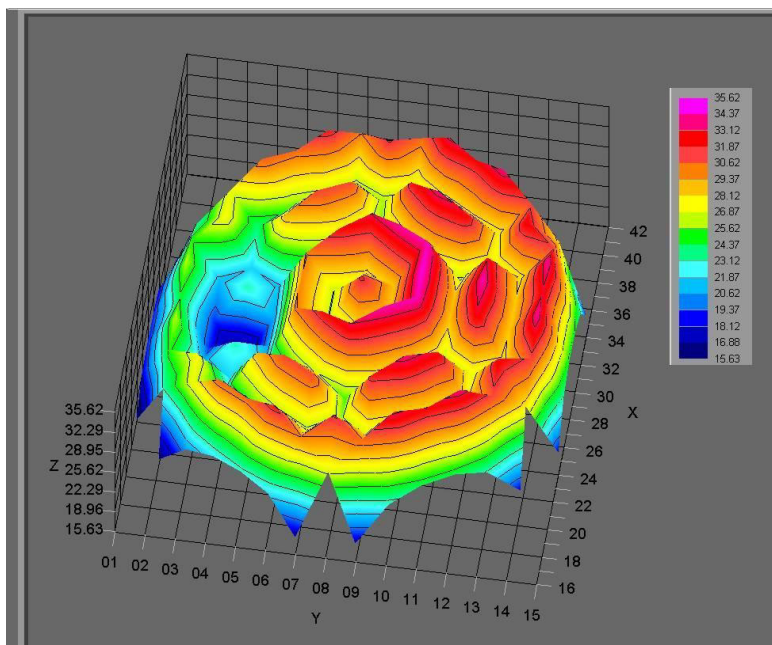


Pro simulaci jsme použili počítačový program WWER-1000 Reactor Department Simulator.

Tento simulátor umožňuje sledovat a nastavit mnoho parametrů jaderné elektrárny. Velký důraz je kladen na ovládání aktivní zóny reaktoru, kde lze manipulovat nejen s celými clustery řídicích tyčí, ale i jednotlivými řídicími tyčemi. Dále můžeme měnit koncentraci kyseliny borité v aktivní zóně, stav čerpadel v sekundárním okruhu apod.



Otestovali jsme situaci pádu jednoho clusteru (souboru regulačních tyčí) do aktivní zóny reaktoru. Výkon v oblasti spadlé tyče poklesl a v druhé polovině aktivní zóny se výkon zvýšil. Celkový výkon reaktoru zůstal beze změny. Prostorové rozložení výkonu ukazuje následující 3D graf.



3 Shrnutí

Na základě měření a práce se simulátory jsme si mohli vyzkoušet, že provoz jaderné elektrárny je plně automatizován a operátoři mají velmi omezené možnosti zásahu do chodu. To zajišťuje zvyšuje bezpečnost JE. Přes naši veškerou snahu se nám nepodařilo více, než odstavit reaktor, a tudíž usuzujeme, že jaderná energetika je velice bezpečný způsob získávání elektrické energie.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat FJFI ČVUT za zázemí a podporu při práci na projektu, našemu supervizorovi – Ing. Dušanovi Kobylkovi, Ph.D za konzultace a čas, který nám věnoval. V neposlední řadě děkujeme sponzorům FT.

Reference:

- [1] <http://cs.wikipedia.org/wiki/VVER-1000>, 19.6.2007
- [2] <http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/reactors.html>, 19.6. 2007
- [3] Boiling water reactor simulator. Workshop material. Training course series 23. IAEA, Vinna, 2003
- [4] WWER – 1000 reactor simulator. Workshop material. Training course series 21. IAEA, Vinna, 2003

Únavové poruchy letadel – řádkovací elektronová mikroskopie

*Wranová Markéta (Gymnázium Šternberk),
Hudec Jan (Gymnázium Šternberk),
Talanda Tomáš (Gymnasium Tišnov),
Havel Marek (The English College in Prague)*

Abstrakt

Jednou z nejnebezpečnějších poruch u letadel jsou právě únavové poruchy materiálů. Je tedy třeba omezit nebo úplně zabránit příčinám jejich vzniku. Ke studiu únavových trhlin se využívá řádkovací (rastrová) elektronová mikroskopie. Kombinací elektronové mikroskopie a jiných zkušebních metod můžeme blíže určit vznik a šíření únavových trhlin.

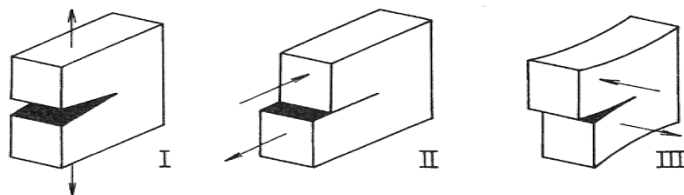
1 Úvod

Cílem naší práce bylo seznámit se s fraktografií a řádkovací elektronovou mikroskopií, které se používají při analýze únavových poruch letadel. Zkoumali jsme příčinu poškození lopatky turbíny leteckého motoru. K práci jsme používali řádkovací elektronový mikroskop, s jehož pomocí jsme analyzovali povrch lomu této lopatky.

2 Fraktografie

Fraktografie je technika používaná (zvláště pro kovy) pro studium selhání specifické části vzorku za pomoci fotografií (s vysokým rozlišením) lomové plochy. Zaměřuje se na získávání informací o místě vzniku trhliny mnohdy způsobené defekty materiálů jako jsou dutiny uvnitř materiálu nebo vměstky, místa koncentrace napětí, atd. Využití fraktografie spočívá v pochopení a potvrzení příčin a způsobů lomu.

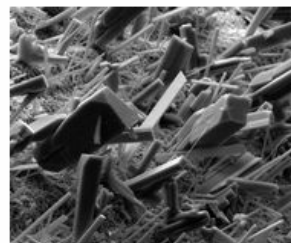
Může také objasnit příčiny různých leteckých i jiných havárií. V takovém případě se analyzuje porušený díl, na lomových plochách se hledají charakteristické znaky pro určitý typ porušování nebo technologické vady.



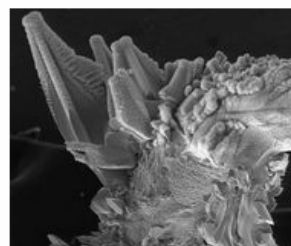
Základní způsoby namáhání

3 Řádkovací elektronová mikroskopie

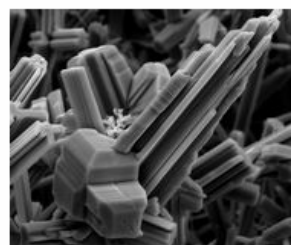
Hlavní rozdíl mezi optickým a elektronovým mikroskopem spočívá v nahrazení fotonů svazkem elektronů a optických čoček magnetickými, které vytváří vhodně tvarované magnetické pole. Předností elektronového mikroskopu je fakt, že vlnové délky elektronů jsou nesrovnatelně kratší než vlnové délky fotonů, což má za následek možnost zvětšení až 10^6 .



Krystalizace vlákna žárovky
při autonehodě



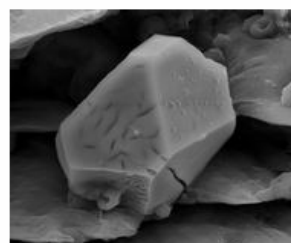
Krystalizace vlákna žárovky
při autonehodě



Krystalizace reflektoru při
autonehodě



Krystalizace reflektoru při
autonehodě



Vinan draselný - vinný kámen

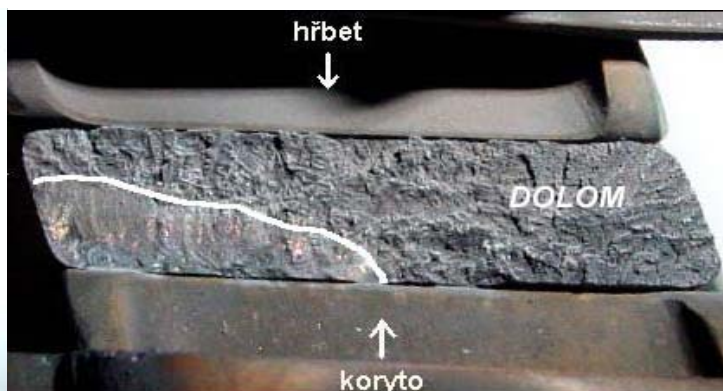
4 Povrch lomu lopatky

Jeden z příkladů fraktografické analýzy uvádí práce našich kolegů¹ z loňského ročníku Fyzikálního týdne, kde analyzovali příčinu poruchy lopatky generátorové turbíny leteckého motoru M601 (obr. 2): Byla analyzována jedna lopatka z celkového počtu 57 porušených lopatek. Pro analýzu byla použita makrofotografie, a řádkovací elektronová mikroskopie (obr. 3). Již na základě makrosnímků (obr. 4) lomové plochy byly patrné dva způsoby porušování lopatek. Před zkoumáním vzorku v elektronovém mikroskopu bylo potřeba odstranit znečištění povrchu lomových ploch. Řádkovací elektronová mikroskopie potom přiřadila jednotlivým částem lomové plochy jejich mechanismy porušování. Únava materiálu v jedné části lomové plochy byla prokázána přítomností striací (obr. 5). Zbytek lomové plochy nesl znaky následného statického dolomu (obr. 6). Díky tomu bylo možné rekonstruovat průběh porušení lopatky. Během provozu došlo ke vzniku trhliny na defektu materiálu (obr. 7) a následnému šíření mechanismem únavového porušování. Po porušení značné části (cca 30%) nastalo statické dolomení zbytku nosného průřezu (plocha řezu v místě porušení).

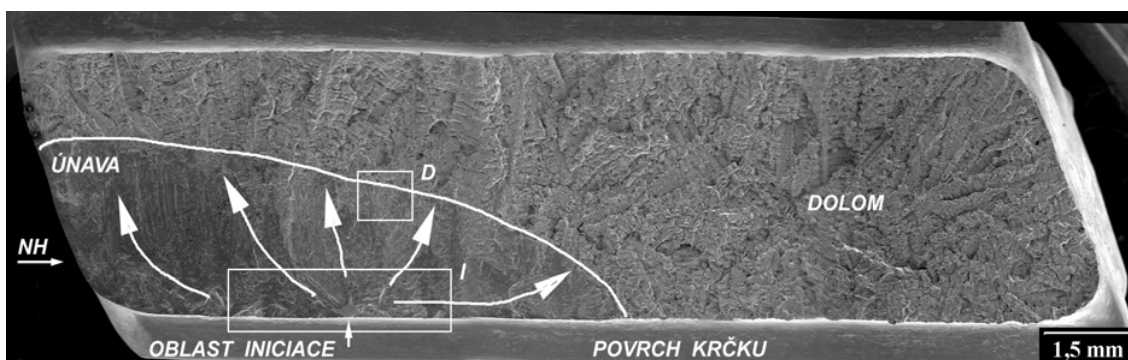
Na lomových plochách, které vznikly únavovým porušováním materiálu, jsou typickým jevem striace, které si můžete představit jako periodicky se opakující žlábkky. Jsou výsledkem plastické deformace. Podle vzdálenosti jednotlivých striací lze určit rychlost šíření únavového lomu a dle jejich orientace také lokální směr šíření trhliny.



Obr. 2 : Disk rotoru

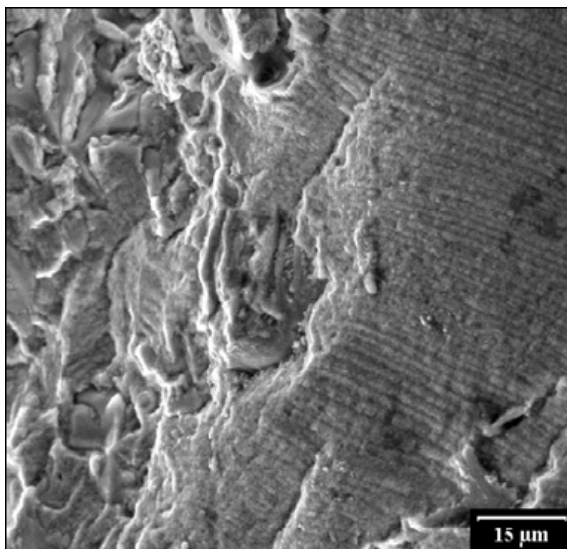


Obr. 3 : Makrofotografie lomové plochy

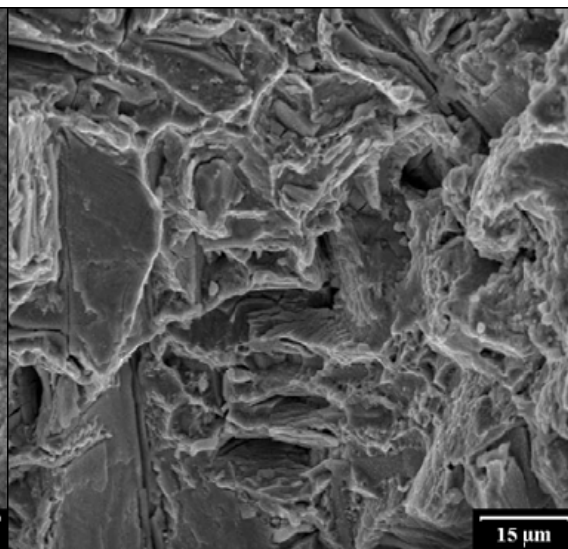


Obr. 4 : Snímek lomové plochy pořízený pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu

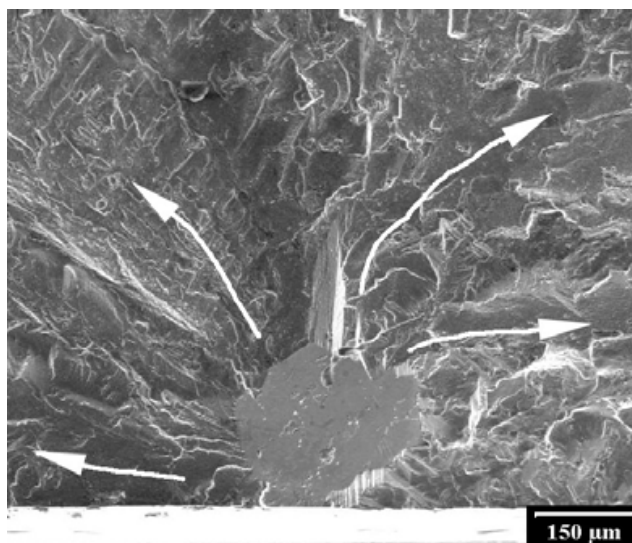
¹ Radana Janovská, Tereza Ježková, Zdeněk Houfek: Únavové poruchy letadel – řádkovací elektronová mikroskopie. 2006.



Obr. 5 : Únavový lom striačným mechanizmem



Obr. 6 : Dolom



Obr. 7 : Místo iniciace únavové trhliny

5 Závěr

Faktograficky bylo prokázáno, že příčinou porušení lopatky u generátorové turbíny leteckého motoru M601 byla nešťastně umístěné rozhraní dvou krystalových zrn (protínající v délce asi 40 μm povrch lopatky). Nešlo však o výraznou materiálovou ani technickou vadu.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali Ing. Janu Siegelovi, CSc., Ing. Ondřejovi Kovaříkovi, Ph.D a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, obzvláště pak organizátorům Fyzikálního týdne 2007.

Reference:

- [1] VZLÚ a.s.: Pevnost letadel, <http://www.vzlu.cz/htmfiles/pevnost.htm>
- [2] Siegl, J.: Faktografická analýza poruchy lopatky generátorové turbíny motoru M601
- [3] <http://stoupa.sh.cvut.cz/~napoleon/Materialisti/31.5.2006/Andy-Souhrn.doc>
- [4] <http://wikipedia.org>
- [5] Únavové poruchy letadel, Fyzikální týden 2006

Radiační zátěž od kosmického záření na palubě letadla

Lukáš Malina¹
Helena Paschkeová²
Zbyněk Štajer³
Robert Taichman⁴
Barbora Zavadilová⁵
Supervizor: Ondřej Ploc^{6,7}

¹Gymnázium Christiana Dopplera, lukas-malina@seznam.cz

²Gymnázium Brno – Řečkovice, Ebelka@seznam.cz

³Gymnázium Františka Palackého Valašské Meziříčí, Zbyna.Staja@seznam.cz

⁴Masarykovo gymnázium, mr.serj@bk.ru

⁵Gymnázium Bučovice, barbora.zavadilova@seznam.cz

⁶Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI ČVUT

⁷Oddělení dozimetrie záření, Ústav jaderné fyziky Akademie věd ČR
ploc@ujf.cas.cz

Abstrakt:

Zkoumali jsme změnu absorbované dávky od ionizujícího záření v závislosti na nadmořské výšce. Měření jsme uskutečnili během tří letů do 4600 m n. m. pomocí scintilačního krystalového detektoru a tkániekvivalentního proporcionálního počítače. Zjistili jsme, že v této nadmořské výšce absorbovaná dávka přesahuje hodnotu na zemi téměř dvojnásobně.

1 Úvod

Kosmické záření bylo objeveno v roce 1913 rakouským fyzikem Viktorem Hessem, jemuž byla za tento objev v roce 1936 udělena Nobelova cena. Dva roky poté francouzský fyzik Pierre Auger zjistil přítomnost rozsáhlých „spršek“ částic v atmosféře.

Toto záření je nedílnou součástí celkového ozáření člověka na Zemi, které je tvořeno mimo jiné radonem v budovách, gama zářením ze Země i radionuklidy v těle samotného člověka. V dnešní době zajímá problematika ionizujícího záření širokou veřejnost, která dbá o své zdraví více než kdy předtím. Dávkový příkon¹ od kosmického záření však závisí na mnoha faktorech například na vlastnostech magnetického pole Země, plošné hustotě atmosféry, či aktivitě Slunce. Naše vědecká skupina se zabývala jeho závislostí na nadmořské výšce.

2 Přístroje

Pro zjištění dávek od záření jsme použili dvě zařízení. Prvním z nich je scintilační detektor NB3201 s detekční jednotkou krystalem jodidu sodného aktivovaným thaliem (NaI(Tl)), ve kterém dochází ke scintilacím (krátké záblesky při průchodu částice krystalem), které jsou pak zesíleny fotonásobičem a detekovány jako elektrický proud. Druhým užitým přístrojem je tkániequivivalentní proporcionální počítač typu HAWK, jehož detekční jednotkou je propan o tlaku 930 Pa. Uvnitř detektoru jsou částice urychlovány vysokým napětím (řádově stovky Voltů), proto zde dochází k sekundární ionizaci.

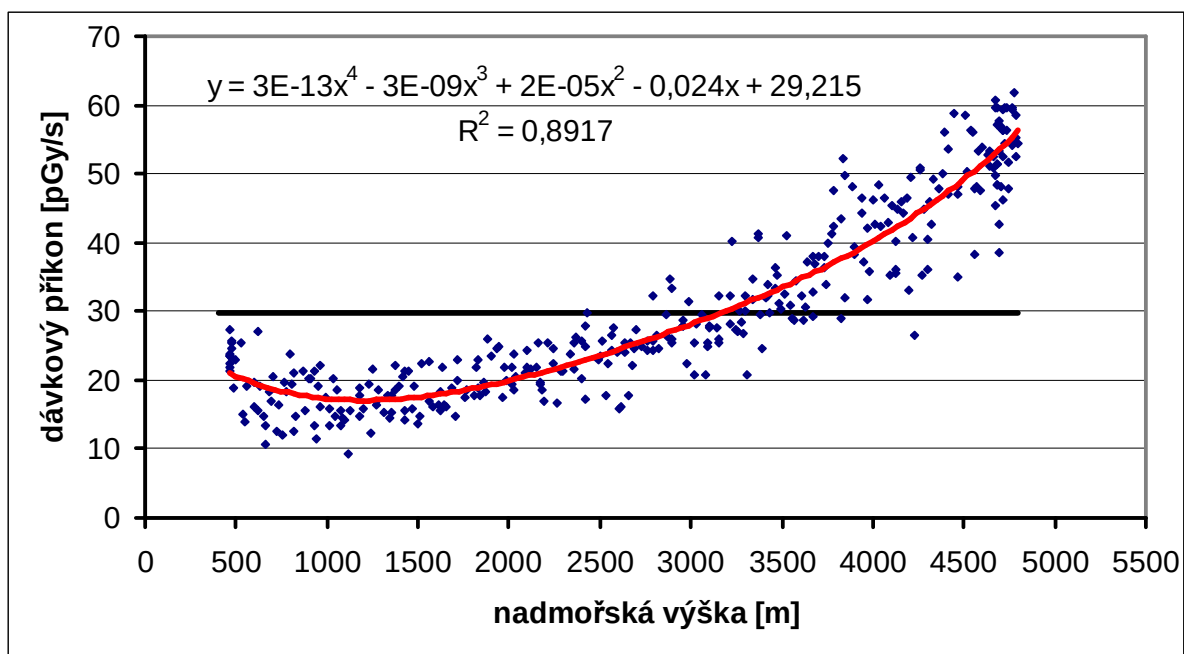
Pro měření nadmořské jsme využili dva přístroje. Modelářský výškoměr ALTI2 je digitální záznamník umožňující záznam výšky na základě změn atmosférického tlaku vzduchu. Dále jsme použili GPS model Garmin eTrex Legend. Pro výpočet polohy pro GPS navigátory je nutný výhled na oblohu a signál alespoň 3 družic. Přesnost určení pozice tohoto přístroje se pohybuje v rozmezí 3 – 15m a přesnost nadmořské výšky bývá 5 – 30 m.

3 Měření

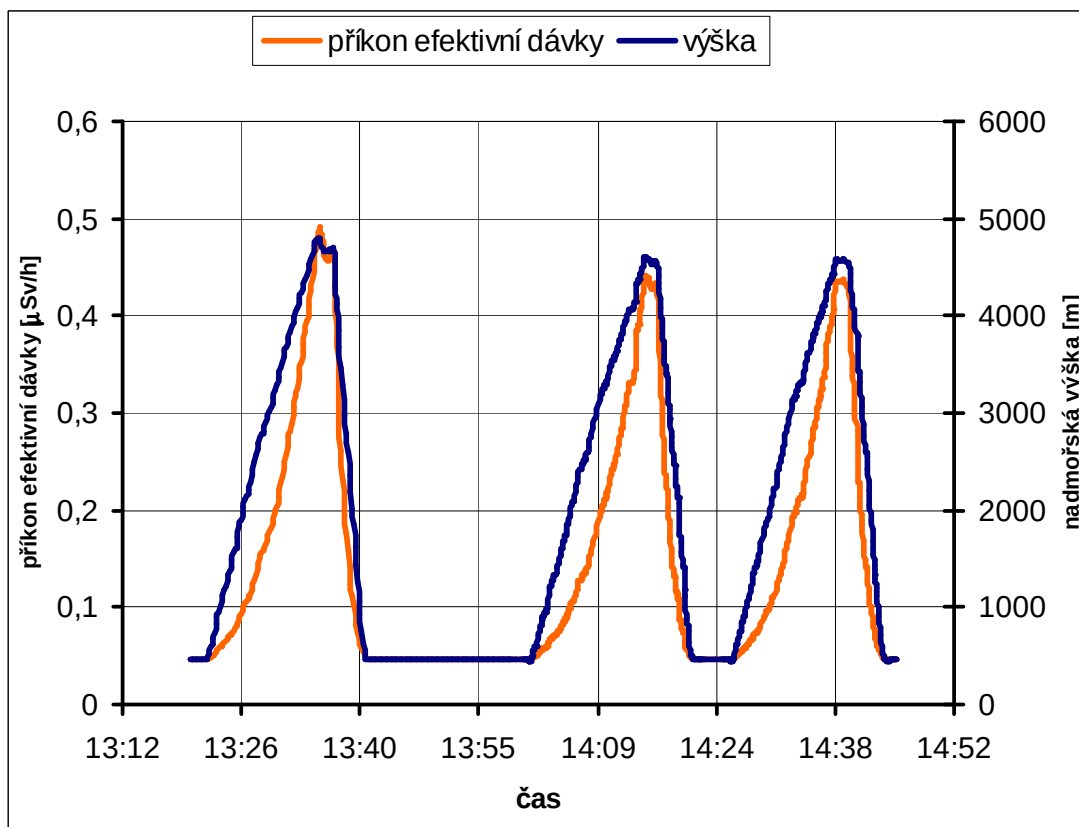
Nejprve jsme v laboratoři pomocí zářičů o známé aktivitě (^{60}Co a ^{137}Cs) zkalibrovali detektory. Dále jsme změřili absorbovanou dávku^{II} z přírodního pozadí v laboratorních podmínkách a na letištní ploše. Měření dávkového příkonu jsme uskutečnili během tří dvacetiminutových letů na palubě výsadkářského letadla L 410 – Turbolet. Ze scintilačního detektoru jsme odečítali hodnoty v desetivteřinových intervalech. Tkániequivivalentní proporcionální počítač zaznamenával absorbované dávky v minutových intervalech. Dále jsme měřili výšku a zeměpisnou polohu pomocí GPS a výškoměru.

4 Výsledky

Na obrázku 1 jsou vyneseny hodnoty dávkového příkonu v závislosti na nadmořské výšce. Hodnota je proložena regresní křivka s funkčním předpisem polynomem čtvrtého řádu. Naměřenou závislost jsme porovnali s hodnotou naměřenou na letištní ploše (29,9 pGy/s), která je znázorněná na obrázku vodorovnou křivkou. Na obrázku 2 je modrou čarou znázorněn výškový profil všech tří letů a oranžovou čarou je vyznačen teoreticky stanovený (pomocí programu Cari 6) příkon efektivní dávky. Bohužel zde nemůžeme sledovat pokles dávkového příkonu, neboť program Cari 6 neuvažuje gama záření ze Země a počítá pouze s kosmickým zářením z vesmíru. Z tabulky integrálních absorbovaných dávek je zřejmé, že průměrná absorbovaná dávka se v různých přírodních prostředích liší jen velmi málo. Tato skutečnost je však ovlivněna letovým profilem (kdyby většina letu byla ve větší výšce, míra ozáření by též vzrostla).



Obrázek 1: Graf závislosti dávkového příkonu na nadmořské výšce
(Rovnoběžná křivka znázorňuje hladinu dávkového příkonu při povrchu Země)



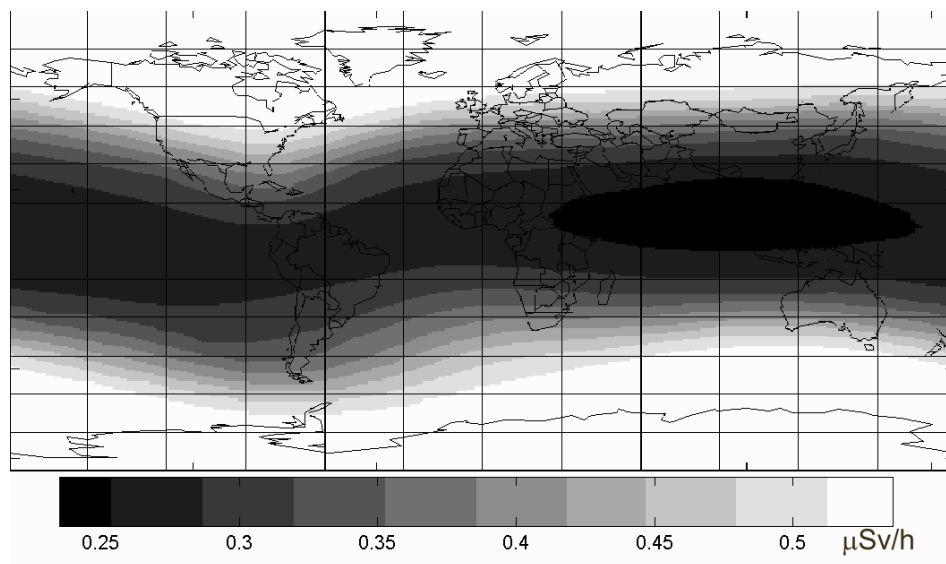
Obrázek 2: Letový profil

Tabulka 1: Integrální absorbované dávky měřené pomocí scintilačního detektoru

Místo měření	Průměrný dávkový příkon [pGys ⁻¹]	Dávka za 20 minut [nGy]
Kancelář	38,9	46,7
Ozařovna (⁶⁰ Co)	28800	34600
	24358*	29235*
Přistávací dráha	29,9	35,9
Letištní budova	27,9	33,5
1. let	32,4	40,8
2. let	30,6	41,8
3. let	30,7	42,4

* měřeno pomocí HAWK

Dále jsme využili program Cari 6 pro výpočet příkonů efektivní dávky v závislosti na zeměpisné poloze, což nám poskytuje jejich poměrně přesné plošné rozložení. Program Cari 6 nám vyhodnotil ze zadaných údajů (nadmořská výška, zeměpisná poloha a aktuální aktivita Slunce) matici 256x256 bodů, kterou jsme následně zobrazili pomocí MatLabu do profilu (Obrázek 3), kde jeden pixel odpovídá jedné hodnotě příkonu efektivní dávky. Z mapy je zřejmé, že největší radiační zatížení z kosmického záření se nachází v oblastech pólů. Míru zatížení výrazně ovlivňuje magnetické pole Země, které má vliv na pohyb a rychlost částic přicházejících z vesmíru. Mezi pólem a rovníkem můžeme pozorovat až rozdíl 0,3 μSv/h pro nadmořskou výšku 4500 m.



Obrázek 3: Plošné rozložení příkonů efektivních dávek na Zemi

5 Shrnutí

Experimentálně jsme ověřili, že absorbovaná dávka s rostoucí nadmořskou výškou nejprve klesá (v okolí Příbrami do výšky cca 1200 metrů nad mořem), což je způsobeno poklesem intenzity gama záření ze Země (klesá nepřímo úměrně kvadrátu výšky), a dále s výškou roste (kvůli postupně převládajícímu kosmickému záření).

Naše měření bylo poměrně přesné, o čemž svědčí relativní odchylka měření $\sigma = 0,019$ (relativní rozdíl mezi očekávanou a změřenou hodnotou dávkového příkonu ze záření ^{60}Co) a korelační koeficient polynomické regrese $R = 0,944$. Přesto by se daly navrhnout změny v experimentech, k výraznému zpřesnění by přispělo snížení vertikální rychlosti letadla (tím i prodloužení vlastního letu), volné zavěšení detektorů v letadle by omezilo chyby způsobené vibracemi konstrukce letadla. K dalšímu zpřesnění by též vedlo snížení pohybu a množství osob v blízkosti detektorů (kvůli přítomným radionuklidům v těle člověka).

^I Dávkový příkon je časová derivace absorbované dávky, jehož základní jednotkou je Gray za sekundu $[\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}] = [\text{m}^2\text{s}^{-3}]$

^{II} Absorbovaná dávka je absorbovaná energie v jednotce hmotnosti, jejíž základní jednotkou je Gray $[\text{Gy}] = [\text{m}^2\text{s}^{-2}]$. Absorbovaná dávka závisí na materiálu detektoru.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Ondřeji Plocovi za jeho obrovskou dávku trpělivosti a ochoty odpovědět na všechny dotazy. Dále děkujeme organizátorům Fyzikálního týdne za zprostředkování a financování krásného miniprojektu.

Reference:

- PLOC, O.: *Diplomová práce – K některým dalším aspektům expozice posádek letadel kosmickému záření*, 2005,
GERNDT, J. *Detektory ionizujícího záření* ČVUT, 1996,
KLENER, V. A KOLEKTIV AUTORŮ: *Principy a praxe radiační ochrany* Azin CZ, 2000,
MECHLOVÁ, E. - KOŠTÁL, K. A KOLEKTIV AUTORŮ: *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolsky kurz fyziky*, Prométheus, 2001

Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo?

L. Křižan*, M. Jalůvková**, K. Hodinová***

*Gymnázium Česká Lípa – lubos.krizan@seznam.cz

**Gymnázium Petra Bezruče, Frýdek-Místek –
MonikaJaluvkova@seznam.cz

***Gymnázium Jírovcova 8, České Budějovice –
fheabhas@centrum.cz

Abstrakt:

Seznámili jsme s aparaturou pro měření propustnosti pevných látek v ultrafialové, viditelné a blízké infračervené oblasti spektra a s fyzikálními veličinami, které charakterizují absorpci světla v látce. Experimentální úlohy spočívaly v měření propustnosti slunečních brýlí pro světlo v různých oblastech spektra. Na základě změřené spektrální závislosti propustnosti jsme posoudili kvalitu slunečních brýlí z hlediska ochrany zraku před nežádoucími účinky slunečního záření. Dále jsme pomocí absorpčního spektrofotometru zjistili tloušťku vrstvy oxidu germaničitého.

1 Úvod

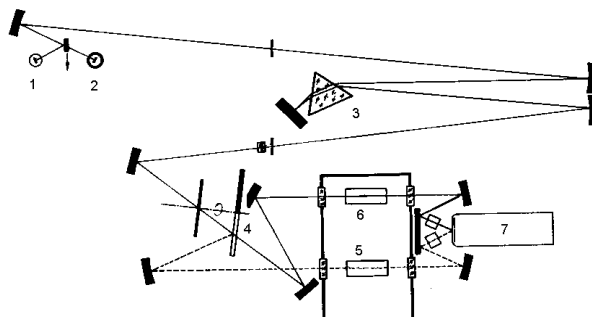
Sluneční brýle mají schopnost blokovat ultrafialové světlo, které může v oku, zejména na sítnici a rohovce, způsobit záněty. Zaměřili jsme se tedy na problém, zda nás naše sluneční brýle skutečně chrání před nepříznivým vlivem UV záření. Dále jsme se zabývali spektrální závislostí propustnosti velmi tenkých průsvitných vrstev, ze které lze určit jejich tloušťku. V našem případě jsme zkoumali vrstvu GeO_2 na podložce z křemene.

2 Experimentální zařízení a zkoumané vzorky

K provedení všech experimentů jsme používali absorpční spektrofotometr SPECORD UV VIS, jehož schéma je na obr. 1. Interval vlnových délek, ve kterých tento přístroj umožňuje provádět měření, je od 200 nm do 800 nm, což odpovídá vlnovým číslům 50000 cm^{-1} až 12500 cm^{-1} . Zdrojem světla v přístroji je wolframová žárovka a deuteriová výbojka. Toto světlo se rozkládá průchodem přes hranol a pomocí děliče svazku prochází střídavě referenčním a zkoumaným vzorkem. Intenzita světla prošlého referenčním a zkoumaným vzorkem je

Obrázek 1

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



posléze detekována fotonásobičem. Poměr intenzity paprsku prošlého zkoumaným vzorkem ku intenzitě paprsku na vzorek dopadajícího, který se nazývá transmise, je digitalizován a přes interface jsou hodnoty zaznamenávány do počítače.

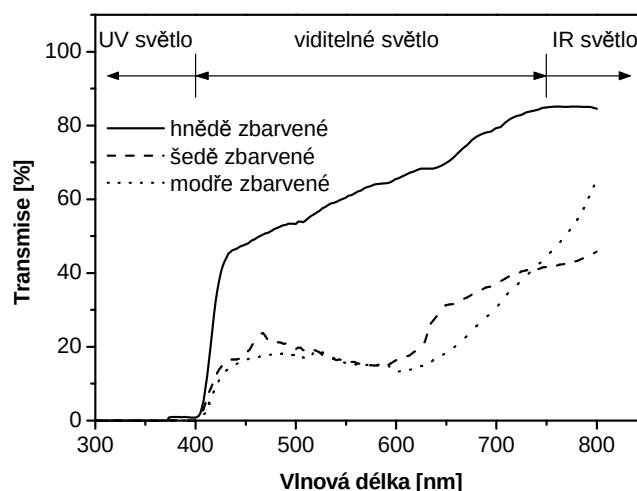
3 Výsledky měření

Transmise slunečních brýlí

Při prvním pokusu jsme na absorpčním spektrofotometru měřili transmissi slunečních brýlí v intervalu vlnových délek 200 nm až 800 nm. Měření jsme prováděli na třech vzorcích. Výsledky jsou znázorněny na obr. 2. Z obrázku je možné vyčíst, že všechny zkoumané brýle pohlcují většinu UV záření, nicméně hnědě zbarvené brýle propouštěly část ultrafialového světla již od vlnové délky 375 nm. Transmise v oblasti viditelného světla, kterému odpovídají vlnové délky 400 až 750 nm se lišila podle zbarvení skel. Vlnové délky větší než 750 nm (infračervené světlo) nejlépe pohlcovaly brýle šedě zbarvené.

Obrázek 2

Graf závislosti transmise slunečních brýlí na vlnové délce světla.



Transmise hranových filtrů OG 570

Jedna z materiálových konstant, která charakterizuje optické vlastnosti materiálu, se nazývá absorpční koeficient α , který umožňuje vyjádřit zeslabení intenzity I_0 rovnoběžného svazku paprsků po projití vrstvou o tloušťce d :

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

Při průchodu rovnoběžného svazku paprsků je však nutno uvažovat odrazy světla na stěnách destičky (viz. obr. 3). Odrazivost materiálu (reflektivita) je definována jako poměr intenzity dopadajícího a odraženého paprsku světla a značí se R . Propustnost vrstvy s absorpčním koeficientem α a reflektivitou R je pak dána vztahem:

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

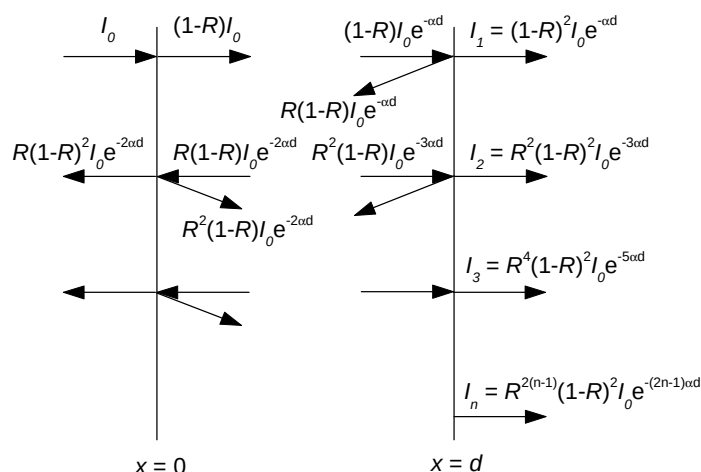
Jelikož jsme ale neznali koeficient odrazu zkoumané vrstvy, určili jsme absorpční koeficient pomocí měření propustnosti dvou hranolových filtrů a různých tloušťkách d_1 a d_2 . Absorpční koeficient je pak aproximován vztahem:

$$\alpha \approx \frac{1}{d_2 - d_1} \ln \frac{T_1}{T_2}$$

Naměřené hodnoty jsou vyneseny na obr. 4, ze kterého je patrné, že zkoumané filtry pohlcují světlo o vlnových délkách kratších než 570 nm, čehož se využívá k odstranění světla propouštěného ve vyšších řádech mřížkovými monochromátory. Zároveň jsme vypočetli spektrální závislost absorpčního koeficientu, která je také znázorněna v tomto obrázku.

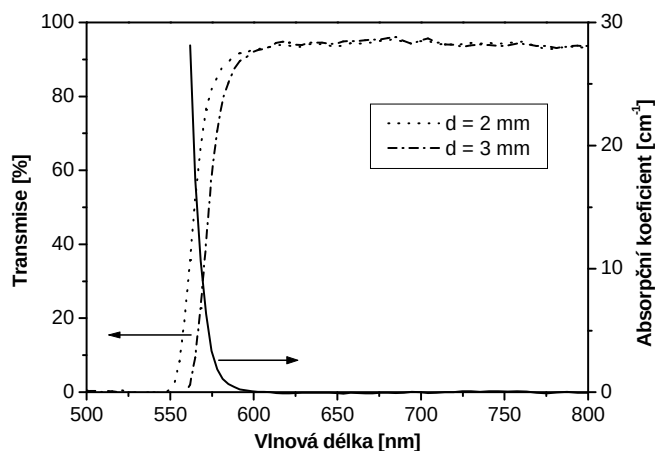
Obrázek 3

Schematické znázornění kolmého průchodu rovnoběžného svazku paprsků absorbující destičkou o tloušťce d .



Obrázek 4

Graf závislosti transmise hranových filtrů OG 570 a závislosti absorpčního koeficientu materiálu na vlnové délce.



Měření tloušťky vrstvy GeO_2 na křemenné podložce

Tloušťka velmi tenkých vrstev průsvitných materiálů se dá také určit na základě měření spektrální závislosti transmise. Tloušťka vrstvy je dána převrácenou hodnotou součinu rozdílu vlnočtů ($v_1 - v_2$) odpovídajících dvěma po sobě jdoucím minimům ve spektrální závislosti transmise a dvojnásobku indexu lomu n , čili:

$$d = \frac{1}{2n(v_1 - v_2)}$$

$$\nu_1 = 22500 \text{ cm}^{-1}, \nu_2 = 19100 \text{ cm}^{-1}, n = 1,57$$

$$d = ? [\text{cm}]$$

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

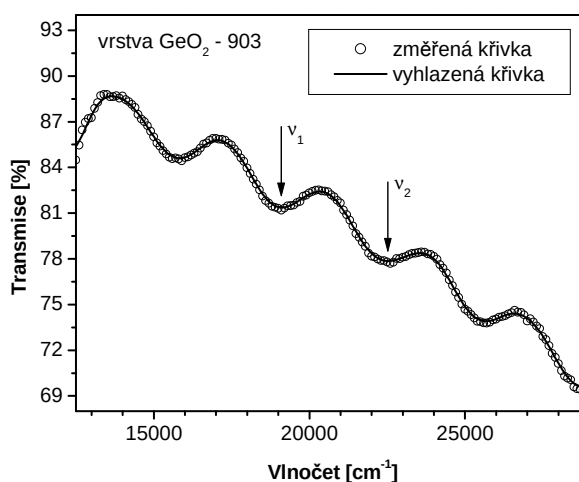
$$\{d\} = \frac{1}{2 \cdot 1,57 \cdot (22500 - 19100)} = 9,68 \cdot 10^{-5}$$

$$\underline{\underline{d = 968 \text{ nm}}}$$

Na základě měření jsme vypočítali tloušťku vrstvy GeO_2 968 nm, přičemž hodnota určená výrobcem je 903 nm. Graf závislosti transmise vrstvy na vlnočtu je znázorněn na obr. 5.

Obrázek 5

Graf závislosti transmise vrstvy $\text{GeO}_2 - 903$ na vlnočtu.



4 Závěr

Na základě výsledků měření jsme dokázali, že zkoumané brýle pohltily většinu UV záření a jsou tedy pro naše oči bezpečné. Poté jsme zjistili absorpční koeficient materiálu hranových filtrů, aniž bychom znali jeho reflektivitu, provedením dvou měření na hranových filtrech o různých tloušťkách. Při řešení posledního experimentu jsme se seznámili s přesnou metodou zjišťování tloušťky tenkých průsvitných vrstev.

Poděkování

Srdečně děkujeme zejména organizátorům Fyzikálního týdne a supervizoru Ing. Zdeňku Potůčkovi, PhD. za vedení při vypracování miniprojektu.

Reference:

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

Studium speciace uranových iontů pomocí fluorescenční spektroskopie s časovým rozlišením

Václav Parchaňský*, František Batysta**

*Gymnázium Ostrava - Zábřeh, vparchansky@gmail.com

**Gymnázium J. V. Jirsíka, xibaty@quick.cz

Abstrakt:

Úloha je zaměřená na studium časově rozlišených fluorescenčních spekter volného uranylu a jeho hydroxokomplexu. Výsledky lze použít k identifikaci uranylových komplexů při nízkých koncentracích, jejich stanovení a speciaci.

1 Úvod

Výzkum speciace uranových(VI) iontů v roztocích je důležitý pro studium procesů v úložistištech vyhořelého jaderného paliva. Studium speciace vyžaduje dostatečně citlivou metodu, která umožňuje detekci nízkých koncentrací hluboko pod mezí rozpustnosti. Časově rozlišená fluorescenční spektroskopie, jež využívá pro detekci charakteristické fluorescenční spektra uranových komplexů, je vhodnou metodou.

V tomto miniprojektu jsme se zabývali spektrálním popisem volného uranylového iontu (UO_2^{2+}) spolu s jeho hydroxokomplexem $[\text{UO}_2(\text{OH})]^+$.

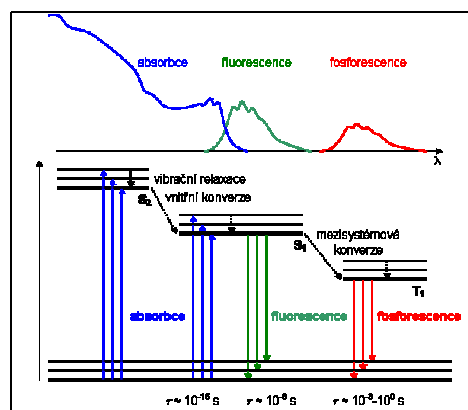
2 Principy metody

2.1 Fluorescence

Fluorescence je emise fotonu při přechodech z excitovaného elektronového stavu do stavu základního. Excitovaný stav je singletní, elektron na vyšším energetickém orbitalu má opačný spin, než druhý elektron v základním stavu. Návrat do základního stavu nevyžaduje změnu spinu, je tudíž kvantově mechanicky povolen, čemuž odpovídá doba života fluorescence 10^{-8}s .

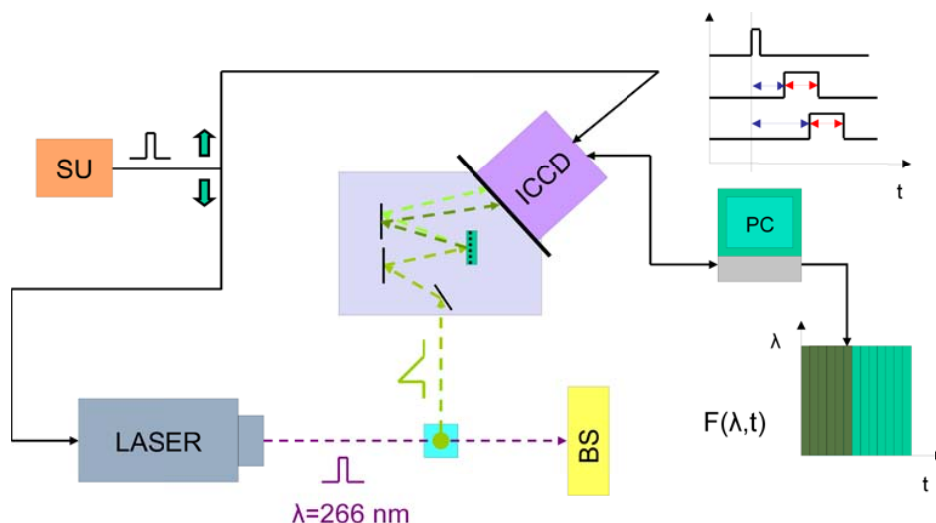
2.2 Uspořádání experimentu

Jako excitační zdroj byl použit Nd:YAG laser, poskytující pulzy o vlnové délce 266nm, energii okolo 200mJ a trvání 5ns. Výstupní výkon laseru byl paralelně monitorován měřičem výkonu FieldMax II pro účely korekce nestability výkonu laseru. Paprsek



Obr. 1: Schéma zářivých a nezářivých přechodů mezi elektronově vibračními stavy složité molekuly (forma Jablonského diagramu).

laseru byl směřován do kyvety o délce 10mm, která byla udržována při konstantní teplotě 25°C. Fluorescence v kyvetě byla pomocí čoček zaměřena na vstup spektrografu, získané spektrum bylo detekováno ICCD kamerou. Časové rozlišení bylo dosaženo synchronizací kamery s laserovými pulzy.



Obr. 2: Uspořádání experimentu

2.3. Materiály

Zkoumané roztoky byly získány zředěním předem připraveného roztoku uranylových (UO_2^{2+}) kationtů a chlorečnanu draselného. Roztoky měly koncentraci uranylu rovnu $4 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. pH roztoků bylo 1,04 a 3,24.

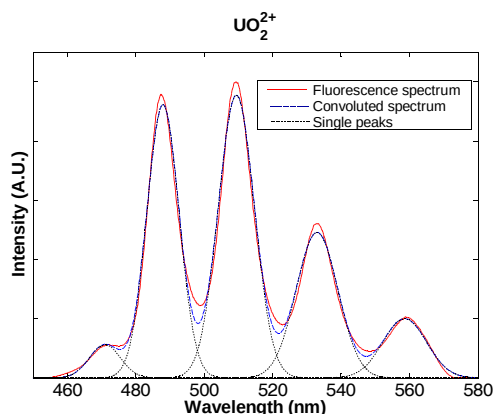
2.4. Způsob vyhodnocení výsledků

Fluorescenční spektrum bylo matematicky modelováno jako součin dvou funkcí, funkce času ($T(t)$) a funkce vlnové délky ($L(\lambda)$).

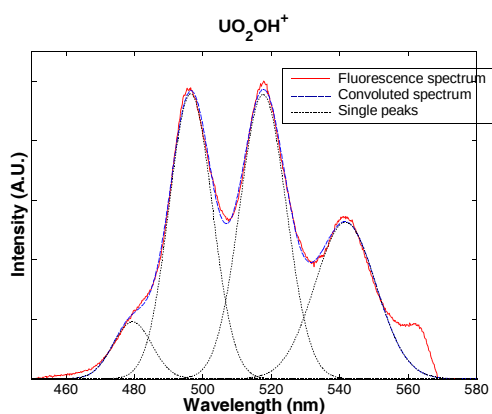
$$F(\lambda, t) = L(\lambda)T(t) = \sum_k L_k(\lambda)T_k(t) = \sum_k \sum_i \underbrace{\frac{P_{ki}}{\tau_k \sigma_{ki} \sqrt{2\pi}}}_{\lambda} e^{-\frac{(\lambda - \lambda_{ki})^2}{2\sigma_{ki}^2}} \underbrace{e^{-\frac{t}{\tau_k}}}_{t}$$

Pro každý komplex k je funkce vlnové délky popsána jako součet Gaussových křivek, které stejně exponenciálně klesají s časem. L_k byly naměřeny odděleně, na základě znalosti závislosti zastoupení komplexů na pH a rozdílné střední doby života fluorescence. Nelineární fitací byly pro jednotlivá naměřená spektra L_k získány parametry Gaussových křivek. Spektra L_k byla dále použita pro dekonvoluci složených spekter, umožňující tak kvantitativně zjistit zastoupení jednotlivých složek. Střední doba života τ_k byla taktéž zjištěna aplikací nelineární fitace na časově rozlišené spektrum. Analýza dat byla provedena v programovém prostředí MATLAB.

3 Výsledky



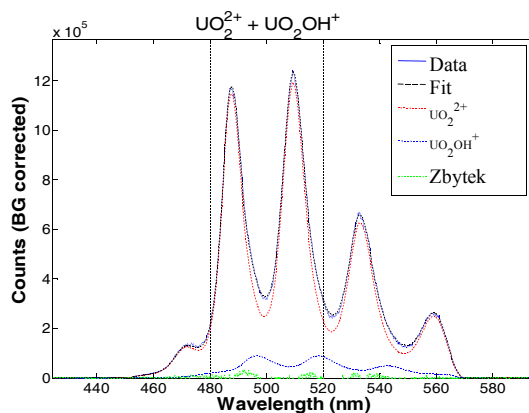
Obr. 3a: Fluorescenční spektrum UO_2^{2+}



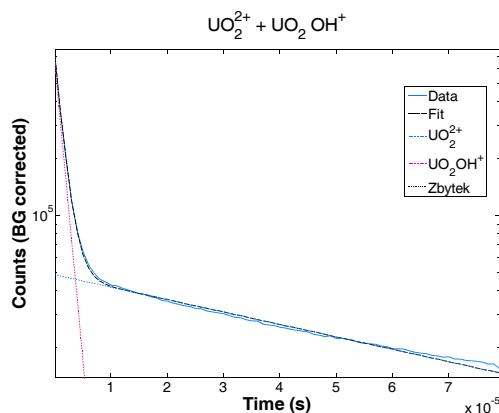
Obr. 3b: Fluorescenční spektrum UO_2OH^+

Obr. 3a zobrazuje fluorescenční spektrum UO_2^{2+} , které bylo získáno z roztoku o pH 1,04, spektrum bylo fitováno pomocí pěti Gaussových křivek. Obr. 3b zobrazuje fluorescenční spektrum UO_2OH^+ z roztoku o pH 3,24. Spektrum bylo modelováno pomocí čtyř křivek. Parametry nastavení kamery jsou spolu s výsledky fitování shrnuty v tabulce.

	UO_2^{2+}	UO_2OH^+
Parametry kamery	zpoždění: 0,2 μs integrační doba: 4 μs	zpoždění: 40 μs integrační doba: 240 μs
Poloha středů píků λ_{ki}	471 nm, 488 nm, 509 nm, 533 nm, 559 nm	479 nm, 496 nm, 518 nm, 542 nm



Obr. 4a: Rozklad fluorescenčního spektra ve vlnové délce



Obr. 4b: Rozklad fluorescenčního spektra v čase

U roztoku o pH 3,24 bylo při nastavení parametrů kamery: zpoždění: 0,2 μs a integrační doba: 240 μs , získáno složené spektrum. Pro charakterizaci zastoupení jednotlivých komplexů bylo spektrum rozloženo metodou nejmenších čtverců: $L(\lambda) = a.L_{\text{UO}_2^{2+}} + b.L_{\text{UO}_2\text{OH}^+}$, viz obr. 4a. Dále byla získána kinetická série se stejnými parametry zpoždění a integrační dobou a krokem 1 μs . Získané spektrum bylo integrováno na intervalu vlnových délek 480-520nm a rozloženo na sumu dvou exponenciál: . Výsledky obou metod jsou porovnány v tabulce:

	<i>Rozklad ve vln. délce</i>	<i>Rozklad v čase</i>	
UO_2^{2+}	$a = 6,3 \cdot 10^5 (\text{a.u.})$	$\tau_1 = 1,4 \mu\text{s}$	$a = 6,6 \cdot 10^5 (\text{a.u.})$
UO_2OH^+	$b = 5,8 \cdot 10^4 (\text{a.u.})$	$\tau_2 = 66 \mu\text{s}$	$b = 4,8 \cdot 10^4 (\text{a.u.})$

4 Závěr

Při práci na miniprojektu jsme se seznámili s Nd:YAG laserem, ultra rychlou ICCD kamerou a programovým prostředím MATLAB. Získali jsme charakteristická fluorescenční spektra uranylu a jeho hydroxokomplexu. Pomocí nelineárního fitování jsme určili hlavní fluorescenční vlnové délky těchto komplexů a jejich střední doby života. Také jsme stanovili zastoupení jednotlivých komplexů pomocí rozkladu jednak ve vlnové délce a také v čase. Oba výsledky se shodují.

Poděkování

Děkujeme našim profesorům za laskavé doporučení, organizačnímu výboru Fyzikálního týdne, obětavému supervizorovi panu Mgr. Aleši Vetešníkovi, Ph. D. za trpělivost, panu Svobodovi, bez nějž by tato akce nevznikla, nadaci ČEZ za finanční podporu fyzikálního týdne a v neposlední řadě FJFI ČVUT za uspořádání této akce.

Reference:

- [1] Lakowicz Joseph R. – Principles of Fluorescence Spectroscopy – 1983 – Plenum Press
- [2] Christian Moulin, Ivan Laszak, Valérie Moulin, Christian Tondre – Time-Resolved Laser-Induced Fluorescence as a unique Tool for Low Level Uranium Speciation – 1997 – Society for Applied Spectroscopy
- [3] Zdeněk Fišar. Fluorescenční spektroskopie v neurověděch. URL: <http://www1.lfl.cuni.cz/%7Ezffisar/fluorescence/Default.htm> [cit. 2007-06-19]

Bylo selhání materiálu příčinou potopení Titaniku?

H. Celar, Gymnázium Nad Kavalírkou, hynek.celar@seznam.cz

L. Kotrla, Gymnázium Plasy, lukas.kotrla@seznam.cz

T. Pachlová, Gymnázium Tachov, tterciik@seznam.cz

K. Vaculovičová, Gymnázium, Brno, Vídeňská 47,
kvaculovicova@seznam.cz

Abstrakt:

Selhání materiálu bývá často příčinou nehod, mnohdy až katastrof se ztrátami na lidských životech. Bylo tomu tak i v případě Titaniku? V literatuře se jako příčina potopení této „nepotopitelné“ lodi uvádí selhání materiálu a nevhodně navržená konstrukce. My jsme se pokusili nasimulovat podmínky zatížení materiálu plátování trupu lodi pomocí tzv. Charpyho zkoušky na oceli podobného typu. Porušená zkušební tělesa a jejich mikrostrukturu jsme pozorovali optickým a řádkovacím elektronovým mikroskopem. Ověřili jsme, že pokud je použita ocel nevhodná pro provoz za snížených teplot, konstrukce trupu nemusí odolat nárazu vinou zkřehnutí.

1 Úvod

Dne 14. 4. 1912 se jižně od New Foundlandu, ve vodách o teplotě $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, srazil Titanik s ledovcem o hmotnosti 3 – 6 -krát větší než jeho vlastní. Tím vznikly trhliny o celkové délce cca 100 m, jejichž celková plocha byla ovšem pouze $1,171\text{ m}^2$ [1]. Během potápění přídě došlo k přelévání vody přes údajně vodotěsné přepážky do nepoškozených oddílů trupu. Za 2 h 40 min se kolos s výtlakem 52 310 t potopil. Z více než 2200 lidí se zachránilo pouze 705. Zbylých 1513 utonulo v chladných vodách Atlantiku. Byla tato katastrofa opravdu nevyhnutelná? Na tuto otázku jsme si pokusili odpovědět v našem miniprojektu.

2 Experimentální procedura

Materiál

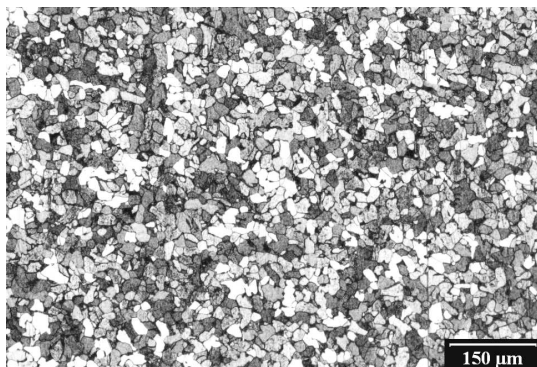
Pro nedostupnost oceli z Titaniku jsme použili nelegovanou ocel obvyklé jakosti vhodné ke svařování pro ocelové konstrukce označení ČSN 11375. Její nejdůležitější vlastnosti jsou shrnuty v tabulce 1. Použitá ocel byla zvolena, protože vykazuje podobné přechodové chování, jaké měla ocel Titaniku.

Tab. 1: Mechanické vlastnosti pozorované oceli.

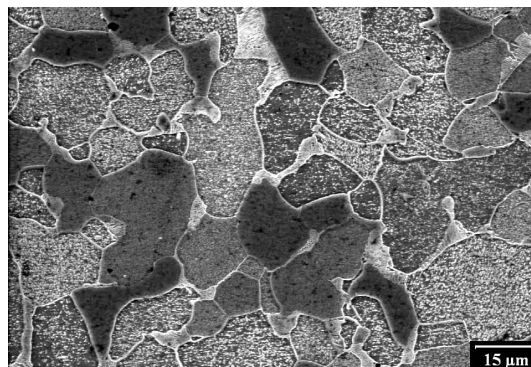
Mechanická vlastnost	Hodnota
Mez pevnosti [MPa]	340 - 470
Mez kluzu [MPa]	235
Tažnost [%]	26

Tato konstrukční ocel je polykrystalický materiál, jehož mikrostruktura je tvořena zrnny různých tvarů, velikostí a fází. Struktura ovlivňuje vlastnosti materiálu. Ke sledování mikrostruktur nám posloužil optický mikroskop NEOPHOT 32. Vzorky byly připraveny běžným metalografickým postupem. Po vyleštění diamantovou pastou byly naleptány 5% Nitalem po dobu 5 s. Námi pozorované mikrostruktury jsou dokumentovány na obr. 1 a 2.

Obr. 1: Mikrostruktura pozorovaná optickým mikroskopem.



Obr. 2: Mikrostruktura pozorovaná řádkovacím elektronovým mikroskopem.



Charpyho zkouška

Chování materiálu v konstrukci může být výrazně ovlivněno přítomností technologických prvků (vruby, svary, nýty, ...) či defektů struktury (nehomogenita, trhliny, ...).

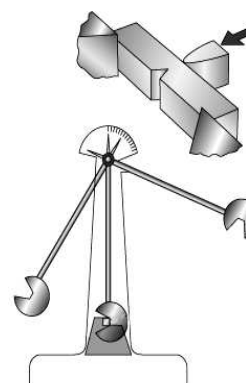
Klasická tahová zkouška je kvazistatická. Charpyho zkouška umožňuje zkoušení vzorků s vrubem při tzv. rázovém zatížení (vyšší rychlost deformace), což lépe odpovídá některým typům namáhání (např. crash-test, náraz ledovce, ...).

Princip Charpyho zkoušky spočívá v měření množství energie absorbované během přeražení přesně definovaného vzorku materiálu. U některých materiálů lze pozorovat následující jev: při snižování teploty klesá houževnatost materiálu, materiál tzv. „křehne“.

Závislost absorbované energie na teplotě nám udává tzv. přechodová křivka.

Zkoušku jsme prováděli za různých teplot. Vzorky byly ochlazovány v alkoholové lázni chlazené kapalným dusíkem. Jeden vzorek byl chlazen přímo v kapalném dusíku.

Obr. 3:
Charpyho kladivo



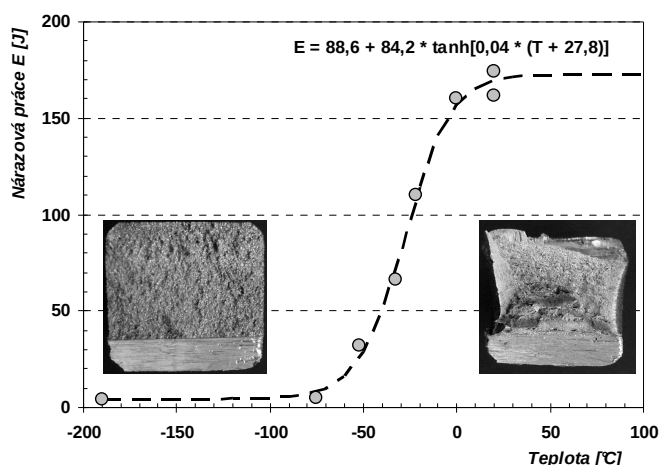
Pozorování lomových ploch

K pozorování lomových ploch jsme použili řádkovací elektronový mikroskop JEOL JSM 840A a optický stereomikroskop.

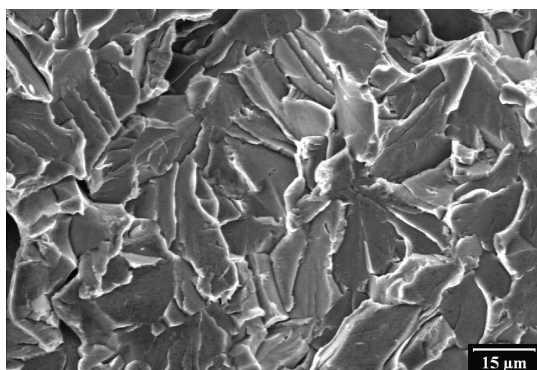
Výsledky

Naměřená závislost hodnoty absorbované energie (nárazové práce) na teplotě je ilustrována v grafu 1. Naměřenými hodnotami byla proložena spojitá křivka. Z grafu je patrné, že s poklesem teploty došlo ke snížení houževnatosti materiálu. Odhadujeme, že přechodová teplota zkoušené oceli má hodnotu kolem $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dále jsme si ověřili, že změně mechanismu porušení přísluší změna vzhledu lomové plochy (obr. 4 a 5).

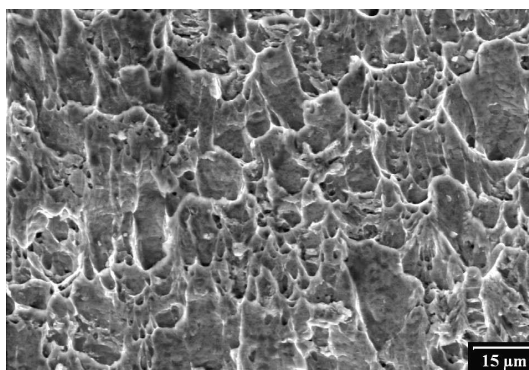
Graf 1: Přechodová křivka zkoumaného vzorku oceli



Obr. 4: Lomová plocha vzorku porušeného za teploty -190 °C pozorovaná řádkovacím elektronovým mikroskopem.



Obr. 5: Lomová plocha vzorku porušeného za teploty 20 °C pozorovaná řádkovacím elektronovým mikroskopem.

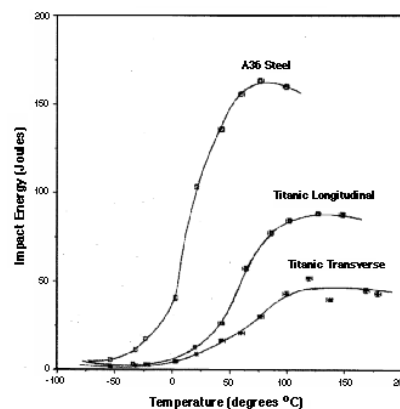


Diskuse

Vrubovou houževnatost námi pozorované oceli lze srovnat s houževnatostí vzorků odebraných z Titaniku [1]. Na grafu 2 je uvedeno srovnání vlastností oceli z Titaniku a modernější oceli s označením A36. Z grafu je zřejmé, že u vzorků podélně orientovaných vzhledem ke směru válcování byla houževnatost výrazně vyšší než u příčně orientovaných. Modernější typ oceli má jak vyšší hodnotu vrubové houževnatosti v celém oboru měřených teplot, tak výrazně nižší přechodovou teplotu.

Při použití dnešních materiálů by trup Titaniku pravděpodobně odolal.

Graf 2: Srovnání přechodové křivky materiálu použitého na Titaniku a modernějšího oceli A36. Převzato z [1].



3 Shrnutí

V úvodu jsme si kladli otázku, zda byla námořní katastrofa z roku 1912 opravdu nevyhnutelná. Konstrukce trupu lodi neodolala nárazu ledovce vinou zkřehnutí materiálu plátování. Tento typ lomu ocelí s přechodovým chováním je typický, pokud je dostatečně nízká teplota a vysoká rychlost deformace. Během nárazu patrně došlo k selhání nýtů a šíření trhlin, čímž se zrychlilo zaplavování trupu.

Lze tedy konstatovat, že přes poměrně pokročilou technologii stavby byl použit nevhodný materiál pro její stavbu. Také v konstrukci byly některé prvky nevhodně navrženy, např. příčné vodotěsné přepážky trupu.

K velkému počtu obětí přispělo, že byla z estetických důvodů odstraněna druhá řada záchranných člunů. Nelze však opomenout selhání lidského faktoru, např. přílišná důvěra v nepotopitelnost lodi, špatná informovanost o výskytu ledovců v oblasti apod.

Po havárii Titaniku byla zpřísněna bezpečnostní pravidla v námořní dopravě, čímž tato nehoda paradoxně přispěla ke zvýšení bezpečnosti a zlepšení konstrukce zaoceánských lodí.

Poděkování

Naše díky patří organizátorům Fyzikálního týdne, FJFI ČVUT, zejména katedře materiálů a v neposlední řadě našemu supervizorovi ing. Radkovi Mušálkovi.

Reference:

- [1] FELKINS, K.: *The Royal Mail Ship Titanic: Did a Metallurgical Failure Cause a Night to Remember?* JOM 50(1), 1998, p. 12-18.
- [2] FOECKE, T.: *Metallurgy of the RMS Titanic*. IR 6118, NIST, 1998.
- [3] Materiálový list oceli ČSN 11375.
- [4] www.matter.org.uk.

Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie

M. Heller
British International School,
Prague
heller.mart@gmail.com

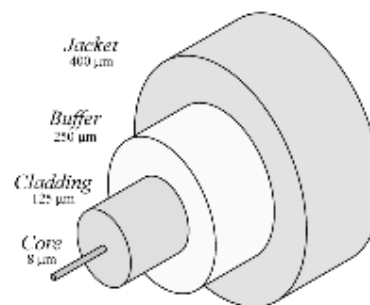
V. Míč
Gymnázium Křenová 36
Brno
v.mic@centrum.cz

Abstrakt:

Práce představuje použití metody optické reflektometrie pro měření délky optického vlákna. Měření je realizováno pomocí přístroje OTDR (optical time domain reflectometer), který do vlákna vysílá světelný puls a zaznamená jeho odraz od konce vlákna. Prodleva mezi vyslaným a odraženým signálem je změřena za použití osciloskopu. Z této prodlevy lze při známém indexu lomu jádra optického vlákna vypočítat délku vlákna. Porovnáním s fyzickým měřením délky vlákna byla ověřena přesnost této metody ± 1 m udávaná výrobcem OTDR.

1 Úvod

Optické vlákno je vlnovod, ve kterém se šíří elektromagnetické vlny (světlo nebo infračervené záření), s využitím principu úplného odrazu na rozhraní dvou prostředí s rozdílným indexem lomu. Světlo je vedeno jádrem o průměru v řádu μm , které je obklopené pláštěm s nižším indexem lomu. Jádro a plášť jsou chráněny proti mechanickému poškození primární a sekundární ochranou. Příklad struktury optického vlákna je ukázán na obr. 1.



Obr. 1. Průřez optickým vláknem

Optická vlákna mají široké uplatnění jako senzory nebo světlovody, ale především se pro své výhody (rychlost přenosu, odolnost proti rušení a cena) stále častěji používají pro přenos informací. Při provozu však může dojít k přerušení vlákna, a protože kabely jsou často v nepřístupných místech (pod mořem, v zemi), je nutné přesně určit místo poškození bez přímého přístupu k vedení. V této práci je ověřována přesnost metody optické reflektometrie při měření délky souvislé části optického vlákna.

Dalším důležitým faktorem je útlum optického vlákna (zeslabení signálu). Práce se rovněž zabývá možnostmi jeho určení výše uvedenou metodou.

2 Stanovení délky vlákna

Teorie

Pro stanovení délky vlákna využívá tato metoda odraz světla na rozhraní dvou prostředí s různými indexy lomu, které vznikne v místě přerušení. Pokud je do vlákna vyslán světelný puls, jeho malá část (asi 10% na rozhraní vlákno-vzduch) se od konce vlákna odrazí a putuje zpět do přístroje OTDR (optical time domain reflectometer), kde je zaznamenána. Na základě časové prodlevy mezi vyslaným a odraženým signálem lze určit dráhu, kterou muselo světlo urazit

$$s = v * \Delta t \quad (1)$$

(v ... rychlost šíření signálu v optickém vlákně, Δt ... prodleva mezi pulsy)

Protože $v = c / n$

(c ... rychlost světla ve vakuu, n ... index lomu jádra optického vlákna)

a $s = 2d$

(d ... délka vlákna)

Lze do rovnice (1) dosadit a upravit ji na tvar:

$$d = (c * \Delta t) / (2n) \quad (2)$$

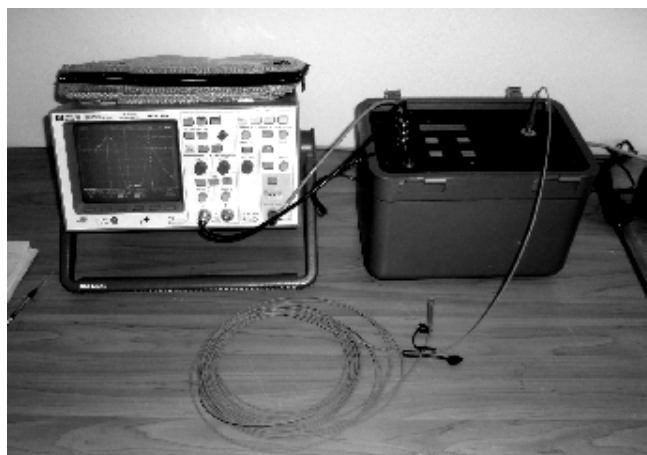
Pro určení délky optického vlákna (jeho souvislé části) je tedy nutné znát index lomu jádra optického vlákna n a časovou prodlevu Δt .

Metoda měření

Přesnost této metody byla ověřována určením délky optického vlákna pomocí vztahu (2) a srovnáním takto získané hodnoty s hodnotou získanou řádově přesnějším fyzickým měřením.

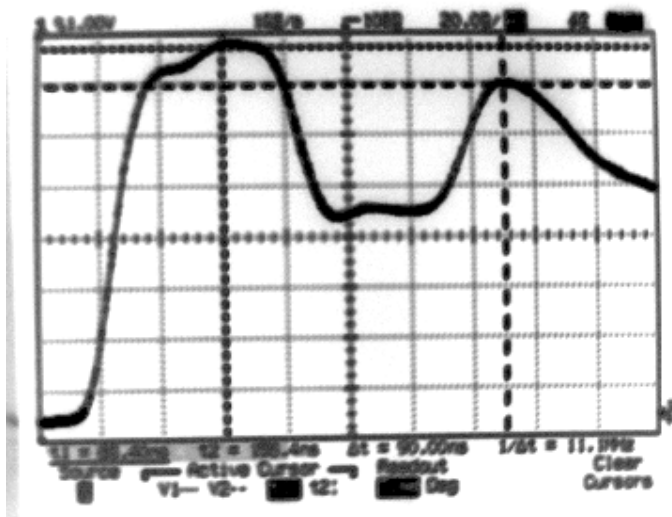
Index lomu jádra použitého optického vlákna je, podle údajů poskytnutých supervisorem, $n = 1,475$.

Prodleva Δt byla měřena pomocí experimentálního uspořádání sestávajícího z přístroje OTDR (Photodyne 5500XFA OTDR) a osciloskopu (Hewlett Packard 54615B), znázorněného na obr. 2.



Obr. 2. Experimentální sestava

Výsledný signál při použití světelného pulsu o délce 20 ns je zachycen na obr. 3.



Obr. 3. Signál zobrazený osciloskopem

Prodleva Δt je rozdílem časů zobrazených vrcholů (píků).

Výsledky

Celkem bylo provedeno 6 měření, jejichž výsledky jsou uvedeny v tab. 1

Tab. 1. Výsledky měření

	č. měření	Δt (ns)
konec vlákna A	1	91,4
	2	91,6
	3	91,2
konec vlákna B	4	90,0
	5	88,4
	6	88,8
	průměr	90,23

Je zde patrný rozdíl mezi hodnotami naměřenými pro různé konce vlákna, který je zřejmě způsoben nedokonalým kontaktem optického vlákna s přístrojem. Protože však nelze určit, které hodnoty jsou správné, je pro další výpočet použit aritmetický průměr všech měření.

Po dosazení uvedených hodnot do rovnice (2) získáme

$$d = 9,2 \text{ m}$$

Fyzicky byla změřena délka

$$d_0 = 10,1 \text{ m}$$

Délka určená metodou optické reflektometrie je o 0,9 m, tj. o 9 % nižší než je fyzicky změřená délka vlákna. Tento výsledek leží v rozsahu přesnosti $\pm 1 \text{ m}$ udávané výrobcem OTDR, ale vzhledem k velikosti nepřesnosti se lze domnívat, že měření mohlo být zatíženo systematickou chybou. Ta by mohla být dána přístrojem OTDR, případně nesprávnou hodnotou indexu lomu n .

3 Útlum optického vlákna

Útlum nebyl kvůli příliš krátkému optickému vláknu (10 m; min. délka pro měření útlumu udávaná výrobcem OTDR 80 m) s dostupným vybavením objektivně změřitelný. Teoreticky by bylo možné útlum stanovit ze směrnice grafu poklesu intenzity signálu. Pokles je ale velmi malý a výpočet by proto byl velmi nepřesný. Z tohoto důvodu nebylo měření útlumu realizováno.

Při pokusech však bylo zjištěno, že intenzita světelné vlny, která se vrací zpět do OTDR závisí na indexu lomu prostředí kolem konce vlákna. Pokud je konec vlákna ve vzduchu ($n = 1,00$), pak se do OTDR vrací asi 10 % původního signálu, zatímco pokud je ponořen do vody ($n \approx 1,3$) pak pouze 0,3 %.

4 Shrnutí

Praktické využití optických vláken se v poslední době velmi rychle rozšiřuje. Mezi jejich hlavní výhody patří cena a rychlost přenosu signálu, a tak vytlačují klasické elektrické vodiče z oblasti přenosu dat. Jejich další výhodou je možnost jednoduchého zjištění místa případného poškození metodou optické reflektometrie, jejíž přesnost byla ověřena měřením. Útlum optického vlákna nebylo vzhledem k jeho malé délce možno změřit.

Poděkování

Na závěr bychom rádi poděkovali Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. z KF FJFI ČVUT v Praze za umožnění práce na miniprojektu v rámci Fyzikálního týdne na FJFI ČVUT a supervizorovi Ing. Rudolfu Klepáčkovi z KIPL FJFI ČVUT v Praze za odbornou asistenci.

Reference:

- [1] Stanovení délky a útlumu optického vlákna metodou optické reflektometrie
<http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FT/2007/OptVlakno/FyzTyd.html> [cit. 2007-06-19]
- [2] Optické vlákno
http://cs.wikipedia.org/wiki/Optické_vlákno [cit. 2007-06-19]
- [3] Image:Singlemode-optical-fibre.png
<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Singlemode-optical-fibre.png> [cit. 2007-06-19]

Příprava a měření nanovrstev

T. Odstrčil, O. Pavelka, M. Pokorný

Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha, Gymnázium tř. Kpt. Jaroše,
Brno, Gymnázium Děčín

tom@cbox.cz, xpavel02@gmail.com, mp@decin.cz

Abstrakt:

Práce představuje přípravu nanovrstev stříbra napařením na vrstvu Mylaru (PET) a následné měření tloušťky těchto vrstev rozptylem protonů.

1 Úvod

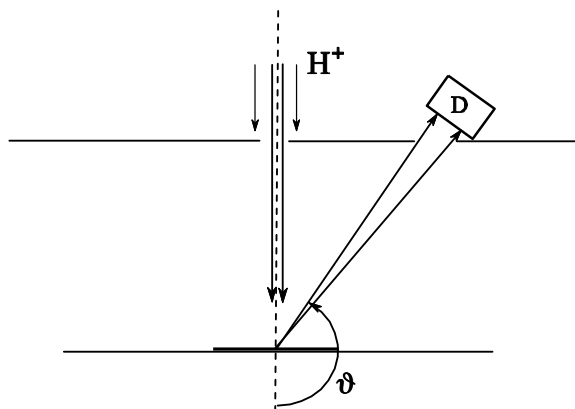
Vakuové napařování je jednou ze základních technologií přípravy tenkých vrstev, vrstev o tloušťce menší než asi 100 nm tzv. nanovrstev, patří mezi nanotechnologie. Při vakuovém napařování se napařovaný materiál ohřeje na teplotu, při níž tlak nasycených par je řádově 1 Pa. Odpařený materiál kondenzuje na podložce. Samotné napařování se provádí ve vysokém vakuu, aby zbytková atmosféra nerušila transport napařovaného materiálu na podložku a aby s ním chemicky nereagovala.

2 Příprava vzorků

Tenká vrstva stříbra se vytvářela na tenké Mylarové fólii o tloušťce 1,5 μm , která byla uchycena na kruhový rámeček z hliníkového plechu. V napařovačce byl rámeček umístěn 123 mm nad vaničkou s napařovaným materiálem. Napařovaný materiál byl připraven 4,8 mm dlouhého stříbrného drátu o průměru 0,5 mm. Délka byla určena za předpokladu, že vypařování materiálu je izotropní v horním poloprostoru a že ve vzdálenosti 123 mm by napařovaná vrstva měla mít tloušťku asi 10 nm. Při tlaku $5 \cdot 10^{-3}$ Pa v napařovačce se v keramické vaničce ze sliutého korundu zahřál stříbrný drátek nad teplotu tání stříbra (cca 961 °C). Samotné napařování trvalo asi 1 minutu, za kterou se celý vzorek spolehlivě vypařil. Napařená vrstva vytvořila na fólii tenké polopropustné zrcadlo. Jedna ze čtyř fólií zůstala nenapařena, aby bylo možno porovnat spektra rozptýlených iontů a odlišit signál od stříbrné vrstvy.

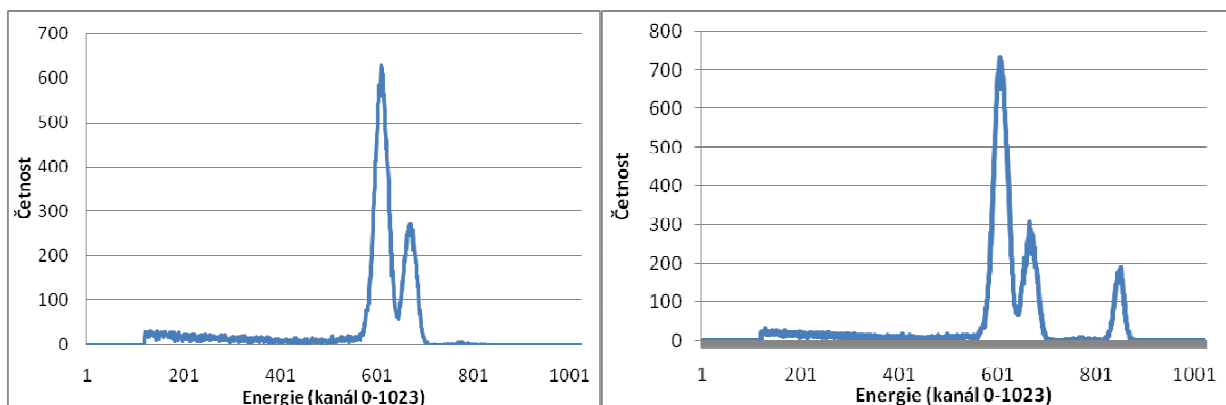
3 Měření vrstev pomocí zpětného rozptylu protonů (RBS – Rutherford backscattering)

Byly použity protony o energii 1,8 MeV urychlené v lineární urychlovači. Svazek protonů byl zfokusován a vycloněn na terči na průměr 1 mm, jeho proud byl cca 10-15 nA.



Obr.3.1 Schéma uspořádání terče a detektoru

Malá část protonů se rozptýlí, část do detektoru D, ale naprostá většina projde vzorkem a je změřen jejich celkový náboj. U rozptýlených protonů se měří jejich energie. Z těchto údajů lze sestavit energetické spektrum protonů. Porovnáním spekter naměřených na nenapařeném a napařeném vzorku je vidět signál odpovídající vrstvě stříbra.



Obr.3.2 Spektrum iontů rozptýlených na a) čisté fólii PET b) fólii PET pokryté vrstvou stříbra

- Počet rozptýlených částic:

$$N_s = N_p d N_a \sigma(E, \theta) \Omega \quad \text{vz.3.1}$$

- počet rozptýlených iontů do detektoru: N_s ; počet prošlých iontů: N_p ; tloušťka vrstvy: d ; částicová hustota atomové hustoty terče: N_a ; účinný průřez materiálu: σ ; prostorový úhel: $\Omega = 2,18 \text{ msterad}$, pod kterým se nachází detektor; úhel rozptylu $\theta = 167,5^\circ$

- Účinný průřez pro rozptyl můžeme určit z Rutherfordova vzorce:

$$\sigma_R = \frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Z_H Z_{Ag} e^2}{16\pi\epsilon E} \right)^2 \frac{4}{\sin^4 \theta} \frac{\left\{ \sqrt{1 - \left[(M_H / M_{Ag}) \sin \theta \right]^2} + \cos \theta \right\}^2}{\sqrt{1 - \left[(M_H / M_{Ag}) \sin \theta \right]^2}} \quad \text{vz.3.2}$$

- Počet prošlých protonů:

$$N_p = \frac{Q_p}{e} \quad \text{vz.3.3}$$

- Q_p je náboj prošlých protonů

- Částicová hustota v atomové vrstvě (N_d)

$$N_d = \frac{N}{V}; \quad N = N_A \frac{m}{M_r};$$

$$N_d = \frac{N_A}{M_r} \frac{m}{V} = \rho \frac{N_A}{M_r} \quad \text{vz.3.4}$$

- N je počet částic v objemu vrstvy V ; hmotnost vrstvy je m ; relativní atomová hmotnost stříbra: M_r ; hmotnostní hustota stříbra: ρ

- Z předchozích vzorců lze vyjádřit tloušťku vrstvy za předpokladu známé hustoty ρ a změřeného Q a N_s :

$$d = \frac{N_s e M_r}{Q N_A \rho \sigma \Omega} \quad \text{vz.3.5}$$

4 Výsledky

Byly napářeny tři vzorky stříbrných nanovrstev, jejichž tloušťka byla změřena pomocí RBS.

vzorek	tloušťka (vypočtená pomocí vz.3.5)
1	5,67 ($\pm 0,08$) nm
2	6,08 ($\pm 0,09$) nm
3	5,66 ($\pm 0,08$) nm

5 Shrnutí

Vrstvu jsme chtěli vyrobit o tloušťce přibližně 10 nm. Očekávali jsme, díky přibližným předpokladům a nepřesnému naměření stříbrného drátu, že tloušťka bude zhruba 10 nm. Chyba mohla být zejména v určení prostorového úhlu Ω , nebo v nerovnoměrném vypařování stříbra. Všechny vrstvy vyšly přibližně stejně tlusté, což svědčí o dobré reprodukovatelnosti přípravy vzorků.

Poděkování

Za průběžné konzultace děkujeme:

prof. Ing. Jaroslavu Královi, CSc.

Ing. Josefu Voltrovi, CSc.

Reference:

- [1] BIRD, J. R. – WILLIAMS, J. S., Eds: *Ion Beams for Materials Analysis*, Academic Press, 1989, str. 106.
- [2] MIKULČÁK, J. a kolektiv: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*, Střední pedagogické nakladatelství Praha, 1988

Identifikace neznámého zářiče použitím gama spektroskopie

V. Hanus; R. Stejkora

Gymnázium Česká 64, České Budějovice; Gymnázium T. G.

Masaryka, Dukelského náměstí 7, Hustopeče

vasah@seznam.cz; FlintR@seznam.cz

Abstrakt:

Měření gama spektroskopii jsme použili na neznámý zářič gama abychom zjistili o jaký radionuklid se jedná. Výsledkem byl ^{54}Mn , který měl jednu spektrální čaru o energii 835keV. Dále jsme pozorovali vedlejší jevy probíhající v detektoru.

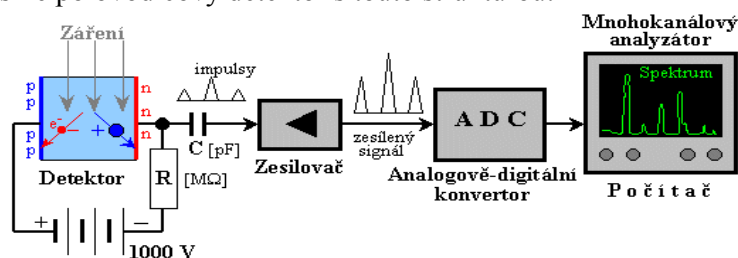
1 Úvod

Cílem našeho projektu bylo určení neznámých zářičů použitím gama spektroskopie. Gama spektroskopie je vědní disciplína, která čerpá z poznatků o vzniku gama záření, jeho chování a projevech v látkovém prostředí. Na základě toho jsme schopni toto záření detekovat a dokonce určit jeho intenzitu, energii a nebezpečnost pro člověka a životní prostředí.

2 Identifikace zářiče

- K identifikaci se používají elektronické detektory založené na různých principech:
 - ionizační komory
 - scintilační detektory
 - polovodičové detektory
 - magnetické spektrometry

Použili jsme polovodičový detektor s touto strukturou:



- Polovodičový detektor je umístěn v olověné schránce kvůli odstínění pozadí. Měřený vzorek se umísťuje na podstavec (v našem případě vysoký 120mm). Záření vytváří elektrické impulsy v detektoru - diodě zapojené v závěrném směru na vysokém napětí. Impulsy jsou předávány kondenzátorem na zesilovač, kde jsou zesíleny tak, aby mohly být zpracovány analogově-digitálním konvertorem, který je zařadí do kanálů, kterým jsou podle kalibrace přiřazeny energetické hodnoty.

- Vznik a druhy impulsů:

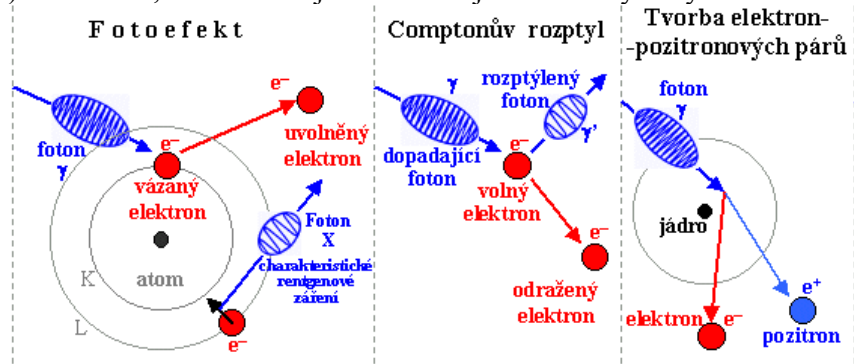
Z hlediska detekce můžeme impulsy podle druhu vzniku rozdělit na žádoucí a nežádoucí (vytvářející šum).

1. Žádoucí

- a) Fotoefekt – nastává srážkou fotonu záření gama s elektronem, při které dojde k úplné přeměně energie fotonu na kinetickou energii elektronu a tím je žádoucí, protože odpovídá velikosti energie záření vyzařovaného radionuklidem.

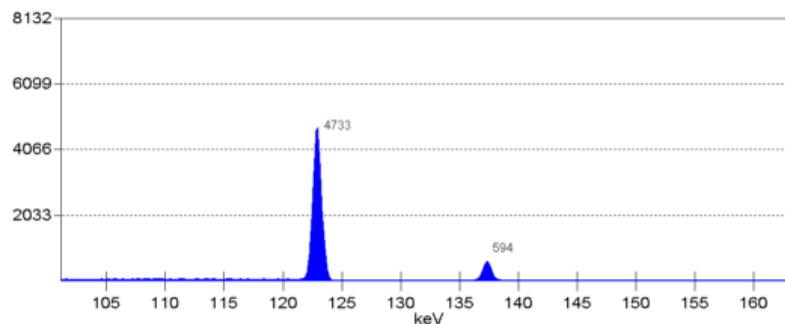
2. Nežádoucí

- a) Pozadí – záření, které je běžně všude kolem.
- b) Charakteristické záření – vzniká po fotoefektu, kdy vznikne volný orbital po uvolnění elektronu, deexcitací elektronu z vyššího orbitalu. Vzniká záření X (rentgenové).
- c) Comptonův rozptyl – při srážce s elektronem se pouze část energie fotonu přemění na kinetickou energii elektronu.
- d) Tvorba elektron pozitronových párů – nastává v blízkosti jádra, má-li foton energii vyšší než 1022 keV a dojde k vytvoření elektronu a pozitronu.
- e) Zpětný rozptyl – mimo detektor dojde ke comptonovu rozptylu pod úhlem 180° a urychlený elektron vletne do detektoru.
- f) A ostatní, které vznikají kombinací jevů uvedených výše.



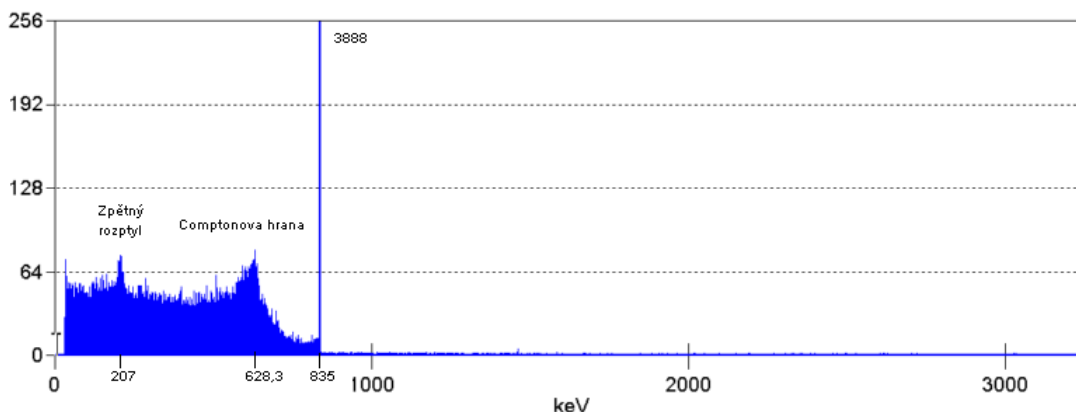
- Měření

Nejdříve jsme si vyzkoušeli přístroj a jeho funkce na známém zářiči ^{57}Co .



V grafu vzniklém z měření vynikají dva píky (spektrální čáry). Tyto píky úplného pohlcení určují radionuklid. Na ose x je vynesena energie v keV a na ose y je počet impulsů, které vznikly v detektoru za 2 minuty (délka měření).

Dále jsme prováděli měření na neznámém nuklidu.



Gama záření tohoto radionuklidu se vyzařuje s energií $E_{\text{fotonu}} = 835 \text{ keV}$. K určení o jaký radionuklid jde, jsme použili jeho energii v píku a porovnali jsme ji s databází Nudat2 (<http://www.nndc.bnl.gov/nudat2>). Při hledání jsme však objevili více nuklidů vyzařujících na stejných energetických hodnotách. V našem případě jich bylo 10. Museli jsme tedy přidat kritéria vyhledávání nuklidů. Jedním z hlavních omezujících kritérií je poločas rozpadu. Zde je jasné, že náš vzorek musel mít poločas rozpadu v řádech nejméně dnů, jinak by nemohl být skladován příliš dlouho v laboratoři. Po omezení jsme získali pouhé 3 kandidáty. Z grafu též vidíme, že vyzařuje pouze jednu spektrální čáru, tudíž se omezíme pouze na nuklidy s jednou spektrální čarou a tím jsme určili nuklid ^{54}Mn .

Poznámka k obrázku: Comptonova hrana – tvoří se díky vlastnostem comptonova rozptylu. Při něm elektron odnáší energii maximálně E_{max} ($E_{\text{max}} < E_{\text{fotonu}}$).

3 Shrnutí

Gama spektroskopie je určena pro analýzu látek o nichž se domníváme, že mohou být radioaktivní a potřebujeme zjistit, které radionuklidy obsahují. Náš úkol byl velmi jednoduchý, protože jsme měli chemicky čistý prvek, i když na druhou stranu mohlo být měření nepřesné z důvodu zanedbávání pozadí záření. V praxi se gama spektroskopie používá například v jaderných elektrárnách (např. JETE) k analýze vody v primárním oběhu a tím se zjišťuje radionuklidové složení, podle kterého se sleduje těsnost palivových článků.

Poděkování

Děkujeme pořadatelům Fyzikálního týdne, FJFI ČVUT. Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Ondřeji Humlovi za výklad k problematice, odbornému vedení a manipulaci se zářiči.

Reference:

- [1] RNDR. VOJTĚCH ULMAN <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>
- [2] ING. ONDŘEJ HUML *Presentace o ionizujícím záření*
- [3] NUDAT2 DATABÁZE NUKLIDŮ <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>

Spektrometrie gama záření z přírodních zdrojů

P. Popp^a
M. Vaváčková^b

^aSPŠ stavební, Plzeň
^bGymnázium Pierra de Coubertina, Tábor

^atungil@atlas.cz
^bm.vavackova@seznam.cz

Abstrakt:

V následujícím článku je proveden rozbor dvou vzorků z oblasti Černobylu: rašeliny a medu. Měření radioaktivity bylo provedeno spektrometrií pomocí polovodičového detektoru. Podle očekávání se potvrdila zvýšená radioaktivita i výskyt radionuklidů ve vzorcích. Mezi nimi se objevuje ^{214}Bi , který je součástí rozpadové řady uranu.

1 Úvod

Gama záření je forma vysoce energetického elektromagnetického záření o vlnové délce kratší než 124 pm a frekvenci nad 2,42 EHz. Vzniká při radioaktivním rozpadu jader spolu se zářením α a β , a při anihilaci elektronpozitronu a elektronu.

Spektrometrie je metoda určení spektra energií vyzařovaných radionuklidů v měřeném vzorku. S její pomocí můžeme stanovit radioaktivitu různých přírodních zdrojů, což napomáhá ochraně obyvatelstva.

Pro spektrometrické měření se používá několik druhů detektorů: polovodičové, scintilační, Čerenkovovy a plynové, z nichž pro stanovení intenzity gama záření se nejčastěji užívají první dva typy.

2 Gama spektrometrie

Materiály:

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

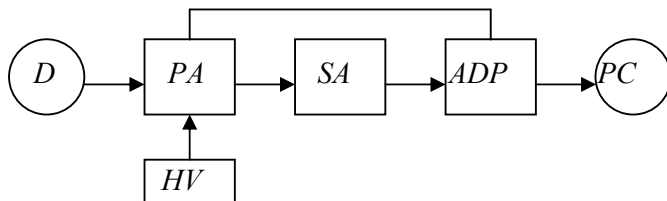
Vzorky:

kobalt ^{60}Co a cesium ^{137}Cs pro kalibraci, rašelina z oblasti Černobylu, med z r.1988 z oblasti Černobylu

Metoda:

kalibrace detektoru pomocí ^{60}Co a ^{137}Cs , dále provedení měření pro dva vzorky a zpracování do grafu

schema detekčního systému:



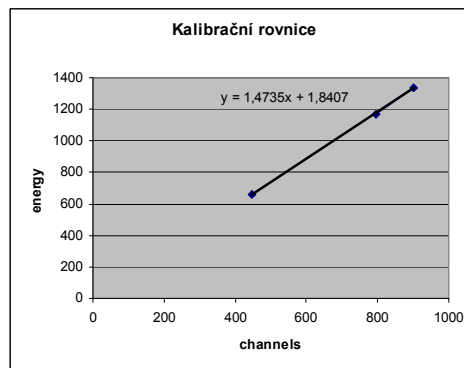
D – polovodičový detektor, *PA* – předzesilovač, *SA* – vlastní zesilovač, *ADP* – analogový digitální převodník, *PC* – počítač + software Maestro, *HV* – zdroj napětí

Postup: Detektor jsme kalibrovali pomocí ^{60}Co a ^{137}Cs , u kterých byla předem známá hodnota energie záření (viz obr.1). Následně jsme provedli měření vzorku rašeliny. Za dvě hodiny nám detektor vykreslil graf spektra. Totéž jsme opakovali pro vzorek medu. Pro vybrané prvky jsme podle vzorce

$$A = \frac{S}{\eta \cdot t \cdot p_g} \cdot 1$$

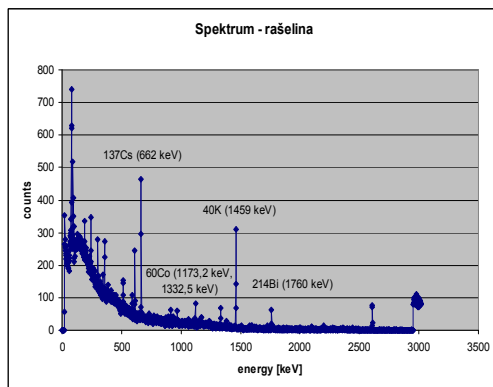
S – plocha piku, η – účinnost detekce ^{137}Cs při dané geometrii, *t* – čas měření, *p_g* – počet gama kvant za rozpad

spočítali aktivitu.

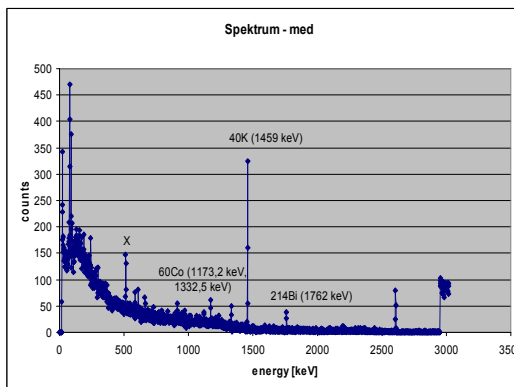


Obr.1 Kalibrační rovnice

Výsledky:



Obr.2 Spektrum vzorku rašelina



Obr.3 Spektrum vzorku med

Námi naměřená aktivita ^{137}Cs je (podle výše uvedeného vzorce) 7,7 Bq.

Z grafu jsou patrné vysoké hodnoty částice v grafu označené písmenem X. Mohlo by se jednat o prvky ^{56}Co , ^{22}Na , ^{85}Sr nebo ^{106}Ru .

V obou vzorcích se vyskytuje radionuklid ^{214}Bi , který je produktem rozpadové řady uranu. Jeho přítomnost je důkazem zvýšené radioaktivity v místě nálezů (důsledek havárie Černobylu). Ve větší míře byl naměřen také ^{40}K , který je však běžnou součástí organických materiálů.

Diskuse:

Praktický význam práce spočívá ve změření radioaktivity některých nuklidů obsažených ve vzorcích a v jejich vzájemném porovnání. Naše měření bylo spíše orientační, protože jsme nepracovali na profesionální úrovni a vycházeli jsme z předem objevených zákonitostí.

3 Shrnutí

V naší práci jsme rozebírali dva vzorky z oblasti Černobylu: rašelinu a med. Měření prokázalo zvýšenou aktivitu gama záření. Zařízení detekovalo mimo jiné také nebezpečný radionuklid ^{214}Bi , který vzniká rozpadem uranu a jehož výskyt je pravděpodobně způsoben havárií Černobylu v r. 1986. V obou vzorcích byl obsažen i ^{40}K , který je však standardní součástí organických jednotek.

Poděkování

Děkujeme panu ing. Vojtěchu Svobodovi za přípravu a organizaci fyzikálního týdne a samozřejmě našemu supervizorovi ing. Gonzalu Cabalovi za to, že s námi strávil mnoho času při vypracovávání miniprojektu. A nakonec připojujeme poděkování společnosti ČEZ, a.s. a dalším sponzorům.

Reference:

- [1] MUSÍLEK, L.: *Úvod do fyziky ionizujícího záření* SNTL, Praha, 1979
- [2] Kolektiv autorů: *Principy a praxe radiační ochrany* AzinCZ, Praha, 2000
- [3] KNOLL, G. F.: *Radiation detection and measurement* JOHN WILEY & SONS, USA, 1979
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Semiconductor_detector
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_radiation
- [6] <http://hps.org/publicinformation/radardecaydata.cfm?Element=Kr>

Úvod do chaotické dynamiky

M. Pavelka, gym. Strakonice, michal.pavelka@email.cz

J. Lochman, gym. Nový Bydžov, hansoae@gmail.com

V. Slinták, SPŠ Uh. Hradiště, vasco.vls@gmail.com

19. června 2007

Abstrakt

Aby mohl být dynamický systém označen za chaotický, je nutné aby splňoval určité podmínky. Jednou z nich je velká citlivost na počáteční podmínky. Příklady takových systémů mohou být dvojité kyvadlo, billiard, populační vývoj biologických systémů, apod.

Tyto systémy se zobrazují za pomoci Poincareho map a bifurkačních diagramů, které nám poskytují dobrou představu o chování těchto systémů.

1 Úvod

Ještě na počátku 18. století si lidé mysleli, že za pomoci klasické Euklidovské geometrie a Newtonových zákonů jsou schopni popsat chování jakéhokoliv dynamického systému a na základě počátečních podmínek přesně predikovat budoucí stav tohoto systému. Teprve na konci 18. a začátku 19. století začali přední matematici tuto prolematiku zkoumat. Zjistilo se, že některé systémy jsou extrémě závislé na počátečních podmínkách – v tomto smyslu se pak mluví o *efektu motýlích křídel* [1].

Teorie chaosu [2] popisuje chování systémů, které jsou velmi citlivé na své počáteční podmínky. Malá změna těchto podmínek vyvolá velké změny v budoucím chování systému. Tyto změny mohou být tak malé, že je nejsme schopni rozlišit žádnou známou metodou. Tento systém pak označujeme jako *chaotický*.

2 Základní pojmy

2.1 Fázový prostor

Jako fázový prostor se ve fyzice nazývá prostor proměnných q^i (tedy zobecněných souřadnic) a p^i (tedy zobecněných hybností). Je-li dimenze konfiguračního prostoru n , pak dimenze fázového prostoru je $2n$.

Body fázového prostoru se používají k reprezentaci stavů soustavy hmotných bodů v každém časovém okamžiku. Tyto body se pak označují jako fázové body. Změna stavu, tedy vývoj soustavy, je pak představována pohybem reprezentativního bodu ve fázovém prostoru. Křivka, po které se reprezentativní bod ve fázovém prostoru pohybuje, se označuje jako fázová trajektorie.

2.2 Poincarého mapy

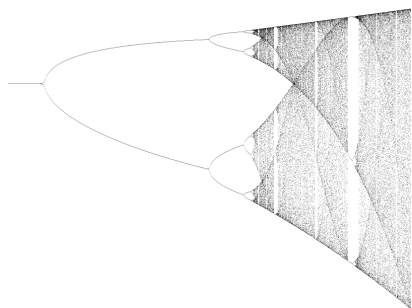
Abychom byli schopni představit si fázový prostor, který je často 4 a více dimenzionální, je nutné najít nějaký způsob jak jej převést do dvou-dimenzionální roviny. 2D prostor si již můžeme představit jednodušeji, a proto se k zobrazení tohoto prostoru používají *Poincarého mapy*.

Pokud problém zjednodušíme, můžeme si tyto mapy představit jako řez fázovým prostorem, přičemž jedna či více proměnných systému je konstantní.

2.3 Atraktor

Při popisu dynamických systémů se často setkáváme s pojmem *atraktor* (anglicky *attractor*). Atraktor dynamického systému je množina stavů, do kterých systém konverguje, tzn. jedná se o množinu hodnot, ve kterých se systém ocitne po určité době.

2.4 Bifurkace



Obrázek 1: Bifurkační diagram

Jestliže u sledovaného systému dochází k velkým změnám vnitřního stavu při nepatrných změnách vstupních parametrů, značíme tento jev *bifurkace* (roz-dvojení, rozvětvení). U většiny systémů k tomuto jevu za normálních okolností nedochází. Existují však i systémy, které dosáhnou bifurkace při dosažení určitých kritických hodnot. Jedná se například o turbulentní chování kapaliny při dosažení určité rychlosti proudění.

Ačkoliv bifurkace souvisí s chaosem, nejedná se o zaměnitelné termíny. Chaotický stav systému totiž nastává až v případě množství na sebe navazujících bifurkací.

Tento jev studujeme pomocí *bifurkačních diagramů*, kde na osu x vynášíme vstupní parametry a na osu y pak všechny vnitřní stavy, kterých může systém nabývat.

3 Příklady chaotických systémů

3.1 Populační vývoj biologických systémů

Jestliže studujeme populační vývoj druhu v uzavřeném systému (např. králíci na ostrově) zjistíme, že ne vždy můžeme přesně předpovědět budoucí vývoj populace. Tento systém se za jistých okolností totiž chová chaoticky. Tento dynamický systém (dynamický znamená, že se mění v čase) je nelineární a často se můžeme setkat s označením *Verhulstův proces*. Rovnice, pomocí které můžeme tento systém vyšetřovat je:

$$x_{n+1} = G_r \cdot x_n \cdot (1 - x_n)$$

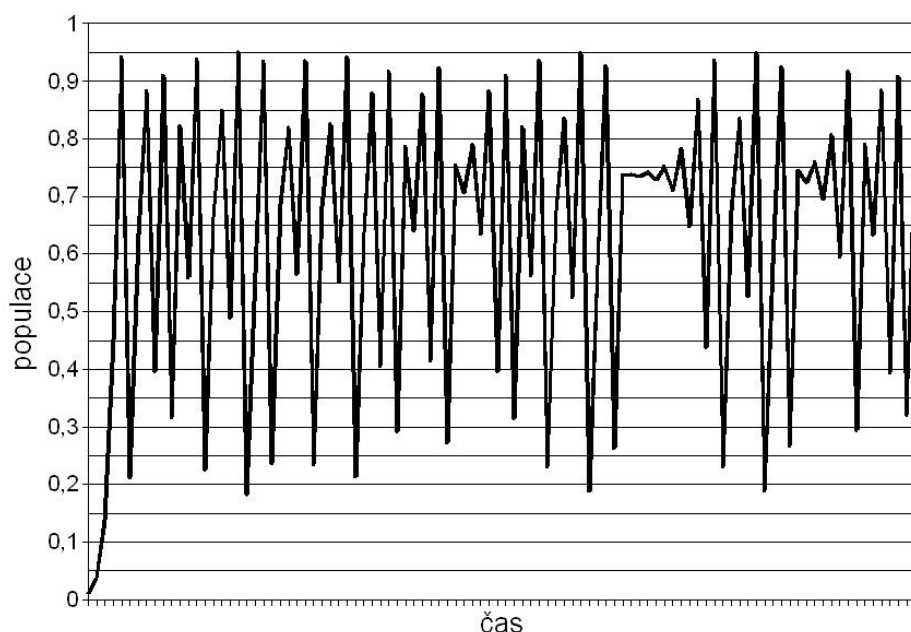
kde:

x_n je počet jedinců v dané n -té generaci a

G_r je koeficient proměnlivosti (rychlost množení).

Jestliže budeme studovat, při jakých hodnotách G_r je nárůst populace stabilní a kdy konverguje k chaosu, přijdeme na následující hodnoty:

G_r	Hodnota
od 0 do 1	Populace organismů vymře
od 1 do 3	Přírůstek populace je stabilní
od 3 do 3,5	Systém začíná bifurkovat do více řešení
od 3,56 do 4	Přírůstek je chaotický, nelze předpovědět budoucí stav
od 4	Populace organismů vymře

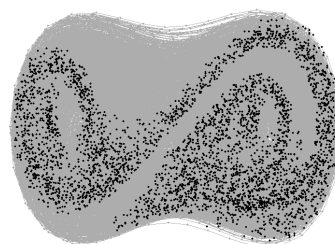


Obrázek 2: Bifurkační diagram populačního vývoje. $G_r = 3.9$

3.2 Chaotické kyvadlo

Pomocí různých uspořádání kyvadel (pružin atd.) lze v praxi poměrně snadno ukázat chaotické chování. My jsme použili soustavu dvou pružin vedených přes kladku, která slouží jako kyvadlo. Do systému je dodávána energie pomocí motorku s excentrem (převádí rotační pohyb na lineární). Systém je zároveň tlumen jednak třením, jednak magnetem (vyvolává v masivním setrvačnicku vířivé proudy, které slouží jako brzda). Vhodnou kombinací napětí pružin, umístění závaží na setrvačnicku, nastavení pohonu a brždění lze systém navést do chaotického stavu – setrvačnick rotuje chaoticky, zastavuje v různých bodech a jeho další chování je nepředvídatelné.

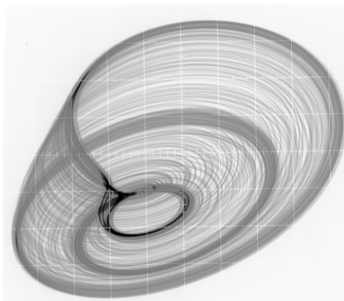
Problémem je citlivost na vstupní podmínky a stabilita nastavení, systém ochotně přechází do stabilního stavu s vlastnostmi klasického kyvadla.



Obrázek 3: Fázový prostor a Poincarého mapa kyvadla

3.3 Elektronický generátor chaosu

Jedná se o elektronický RLC obvod, který se chová jako oscilátor. V obvodu je zařazen nelineární člen, plnící funkci zpětné vazby. Pomocí proměnného rezistoru můžeme měnit parametry obvodu a přecházet od stabilního stavu k chaosu.



Obrázek 4: Graf fázového prostoru elektronického oscilátoru ve stavu chaosu

4 Shrnutí

I přesto, že věda zabývající se chaosem se stále vyvíjí, jsou výše uvedené informace jen velmi stručným nahlédnutím do tohoto vědního oboru. S chaosem se každý z nás setkává denně, aniž by si to uvědomoval. S rozvojem lidského poznání je důležité se tímto oborem dále zabývat, protože je nedílnou součástí mnoha vědních disciplín (např. astrofyzika, turbulence kapalin, studium chování plazmatu, atd...).

My jsme se zabývali matematickým modelováním chaotických systémů, v praxi jsme vyzkoušeli elektronický generátor chaosu a chaotické kyvadlo – výsledky měření jsme graficky znázornili pomocí fázového prostoru a Poincareho map.

Poděkování

Děkuje našemu supervisorovi, Ing. Ondřeji Svobodovi, který nás provedl taji chaotických systémů. Dále FJFI ČVUT, která poskytla prostory a technické zázemí. V neposlední řadě Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci fyzikálního týdne.

Reference

- [1] Wikipedia.org – *Butterfly effect*
http://en.wikipedia.org/wiki/Butterfly_effect
- [2] Wikipedia.org – *Chaos theory*
http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos_theory
- [3] Jiří Macur – *Dynamické systémy*
<http://www.fce.vutbr.cz/studium/materialy/Dynsys/Default.htm>

Radon - neviditelný nepřítel

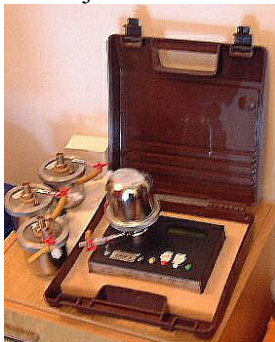
Jakub Křižan, Gymnázium J. Wolkerův Prostějov ;
Zdeněk Ferda, Katolické gymnázium Třebíč;
Bernard Rampáček, Gymnázium T.G.M. Hustopeče

Abstrakt:

V otázce radioaktivity je dnes pozornost veřejnosti soustředěna především na umělé zdroje záření (zvláště na jaderná zařízení, problematiku radioaktivních odpadů apod.). Většina lidí si ale neuvědomuje, že zdaleka největší ozáření obyvatel je způsobeno přírodní radioaktivitou a z ní je největším přispěvatelem radon v ovzduší budov. Naším úkolem bylo seznámit se s radonovou problematikou v ČR (vlastnosti plynu, rizika, metody měření, výskyt a ochrana). Pomocí ionizační komory jsme pak změřili koncentraci radonu v simulované místnosti.

1 Úvod

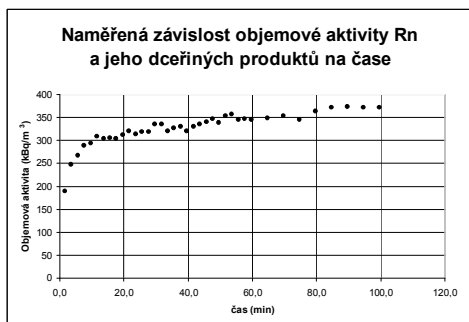
Radon ^{222}Rn je bezbarvý radioaktivní plyn bez zápachu, všudypřítomný, přírodně vznikající rozpadem rádia v horninách s vyšším obsahem uranu, má poločas přeměny $T_{1/2} = 3,82$ dnů a inhalace radonu a jeho dceřiných produktů zvyšuje riziko vzniku rakoviny plic. Proto bylo naším úkolem zkoumat objemovou aktivitu radonu a jeho dceřiných produktů.



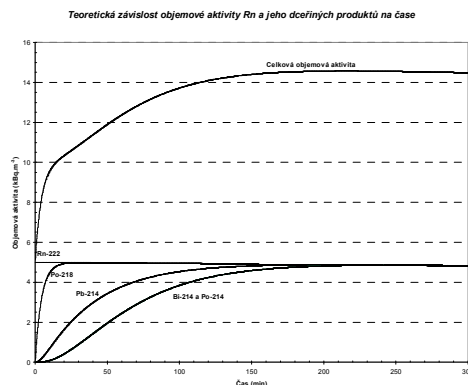
Reader ERM2

2 Postup měření

Měření jsme provedli na readeru ERM2 s ionizační komůrkou o objemu 200cm^3 a jako zdroj radonu byl použit průtočný zdroj typu RF. Do předem připravené vakuované ionizační komory jsme pomocí injekční stříkačky vpravili vzorek radonu, ze kterého jsme se pokusili izolovat dceřiné produkty pomocí vaty tak, aby následné měření provedené pomocí readeru ERM2 nejprve ve 2 minutových, později 5 minutových intervalech, nebylo těmito produkty ovlivněno. V takto připraveném vzorku jsme změřili celkovou objemovou aktivitu ^{222}Rn a jeho dceřiných prvků (^{218}Po , ^{214}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi). Objemovou aktivitou se rozumí počet přeměn jader jednotlivých atomů za jednotku času vztažený na metr krychlový. Výsledky jsme zpracovali do grafu č.1, pro srovnání jsou teoretické hodnoty zaneseny v grafu č.2:



Graf č.1



Graf č.2

3 Závěr

V první části monoprojektu jsme se seznámili s problematikou radonu jeho vlivem na zdraví člověka, možnostmi měření, monitoringu a prevence.

V druhé – praktické části jsme měřili koncentrace radonu. Nárůst měřené objemové aktivity je způsoben přeměnou radonu na jeho dceřiné produkty. Rozdíl mezi naměřenou (graf č.1) a teoretickou (graf č.2) křivkou je nejspíše způsoben nedokonalou izolací dceřiných prvků radonu při jeho odběru ze zdroje. Při dlouhodobějším měření (cca 4 hodiny) bychom došli k závěru, že hodnota objemové aktivity začne klesat, v důsledku pokračující radioaktivní přeměny.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Tomáši Poláchovi za hodnotnou spolupráci, dále děkujeme FJFI ČVUT za zprostředkování Fyzikálního týdne, panu ing V. Svobodovi za organizaci, Nadačnímu fondu teoretické fyziky, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a KaFe na MU v Brně.

Reference:

1. www.suro.cz
2. www.sujb.cz
3. www.wikipedia.org

Kvantová kryptografie

T. Benedikt, Gymnázium Rokycany, Tom.Benedikt@seznam.cz

T. Liepoldová, Gymnázium F. X. Šaldy Liberec, Mecnet@seznam.cz

J. Lukeš, Gymnázium Českolipská Praha 9, Lukes.Jakub@gmail.com

Abstrakt

Seznámili jsme se s vlastnostmi kvantové mechaniky a jejím užitím ke kódování informací. Toto jsme demonstrovali na příkladu kvantových peněz a zjistili jsme míru pravděpodobnosti jejich padělání.

1. Úvod

Kryptografie je věda, která se zabývá šifrováním zpráv. Toto kódování je natolik dokonalé, že je čitelné jenom se speciální znalostí. Kvantová kryptografie je metoda pro bezpečný utajený přenos informací. Její bezpečnost je garantována fundamentálními zákony kvantové fyziky. V naší práci jsme se zaměřili především na princip polarizačního kódování a pravděpodobnost se kterou můžeme daný kód rozšifrovat. Dále jsme se zabývali přenosem šifrovaných zpráv a jejich možným odposlechem.

Nejprve se budeme zabývat principy kvantové fyziky a potom ji budeme aplikovat na principy kvantové kryptografie.

2. Kvantová kryptografie

Kvantová kryptografie je založena na vlastnostech kvantové mechaniky. K porozumění, jak tedy skutečně kvantová kryptografie funguje, je nezbytné říci si něco o zákonech a principech, kterými se kvantové fyzikální objekty řídí. Pro co nejsrozumitelnější výklad se omezíme na nejjednodušší kvantový fyzikální systém: qubit.

Qubit je označení pro kvantový fyzikální systém, který může nabývat dvou základních (bazických) kvantových stavů. Příkladem qubitů mohou být třeba dvě různé orientace spinu elektronu, horizontální a vertikální polarizace fotonu, atom v základním a excitovaném stavu, atd. Nejde tak ani o konkrétní realizaci qubitu, ale o fakt, že existují dva různé zcela odlišitelné stavy kvantového systému.

Člověk znalý klasické fyziky by mohl namítnout, že takovéto stavy se nacházejí také v klasické fyzice. V čem tedy spočívá rozdíl? Podstatným rozdílem je, že se qubit nemusí nacházet pouze v těchto dvou základních stavech, ale i v libovolné superpozici (lineární kombinaci) těchto dvou základních stavů. Nyní pro lepší pochopení si uvedeme příklad dvou stavů. Polarizovaný foton se může nacházet nejen ve stavu vertikální polarizace $|\uparrow\rangle$ nebo horizontální polarizace $|\leftrightarrow\rangle$, ale i v libovolné lineární kombinaci těchto dvou bazických stavů $|\psi\rangle \equiv \alpha|\uparrow\rangle + \beta|\leftrightarrow\rangle$ $\alpha, \beta \in \mathbb{C}$.

Jak tedy rozumět tomuto stavu? Jde o zcela nový stav, kde amplitudy α a β určují, že s pravděpodobností $|\alpha|^2$ nalezneme qubit ve stavu $|\uparrow\rangle$ a s pravděpodobností $|\beta|^2$ ve stavu $|\leftrightarrow\rangle$. Z pravidel pro pravděpodobnost plyne, že součet $|\alpha|^2$ a $|\beta|^2$ je roven 1. Příkladem těchto superpozic jsou stavy

$$|A\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\leftrightarrow\rangle$$

$$|B\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|\leftrightarrow\rangle$$

Měřili bychom nyní polarizovaný foton (qubit) ve stavu $|A\rangle$ polarizačním filtrem orientovaným svisle, máme pravděpodobnost $\frac{1}{2}$, že foton projde (je ve stavu $|\uparrow\rangle$) a pravděpodobnost $\frac{1}{2}$ že neprojde (je ve stavu $|\leftrightarrow\rangle$). Obdobné pozorování bychom obdrželi, kdybychom stejným způsobem měřili polarizovaný foton ve stavu $|B\rangle$. Výsledek tohoto měření tedy nelze dopředu určit, je zcela náhodné a pro foton v obou stavech $|A\rangle$ i $|B\rangle$ shodné. V čem se tedy tyto dva stavy liší? Natočením polarizačního filtru o 45 stupňů lze tyto dva stavy zcela odlišit. V tomto měření foton ve stavu $|A\rangle$ s pravděpodobností 1 projde a foton ve stavu $|B\rangle$ s jistotou neprojde. Stavy $|A\rangle$ a $|B\rangle$ jsou tedy zcela rozlišitelné a opět tvoří jinou bázi, v které lze každý stav polarizovaného stavu vyjádřit jako lineární kombinaci těchto bazických stavů. Jednoduchou algebrou se snadno přesvědčíme, že

$$|\uparrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|A\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|B\rangle$$

$$|\leftrightarrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|A\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|B\rangle$$

Vidíme tedy, že měřením polarizačních stavů $|\leftrightarrow\rangle$ a $|\uparrow\rangle$ v bázi stavů $|A\rangle$, $|B\rangle$ (polarizačním filtrem orientovaným pod úhlem 45 stupňů od svislé osy) bychom dostali stavy $|A\rangle$ a $|B\rangle$ každý s pravděpodobností $\frac{1}{2}$. Obecně lze říci, že měření mění stav fyzikálního systému a kvantový systém se po takovémto měření nachází ve stavu, v jakém jsme ho naměřili. Popis výsledků budeme nadále v textu využívat, shrňme si je proto do následující tabulky.

	Měření v bázi $ \uparrow\rangle, \leftrightarrow\rangle$		Měření v bázi $ A\rangle, B\rangle$	
	$ \uparrow\rangle$	$ \leftrightarrow\rangle$	$ A\rangle$	$ B\rangle$
$ \uparrow\rangle$	1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
$ \leftrightarrow\rangle$	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
$ A\rangle$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
$ B\rangle$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	1

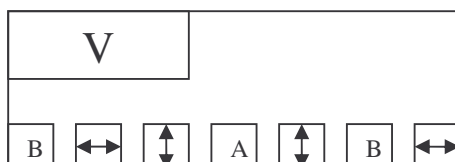
Na nejjednodušším kvantovém systému – qbitu, jsme si vysvětlili popis kvantových stavů, princip superpozice a možnosti měření v různých bázích.

Na závěr této krátké exkurze do kvantové mechaniky zmiňme ještě jednu důležitou vlastnost kvantových stavů a sice, že není možné klonovat neznámé navzájem ne zcela rozlišitelné stavy kvantového systému.

3. Kvantové peníze

Kořeny kvantové kryptografie se datují do 60. let 20. století. Tehdy byla poprvé publikována myšlenka na kvantové peníze, které není možné padělat. Tento nápad S. Wiesnera byl však natolik revolucionářský, že nebyl podporován a nemohl se tedy dále rozvíjet.

Přenesme se teď ale do 21. století, kdy se myšlenka kvantové kryptografie a kvantových peněz stává aktuální myšlenkou. Pojďme teď společně nahlédnout do tajů kvantových peněz. Také vás napadá myšlenka, jak takové peníze asi vypadají? A jakým způsobem to funguje? Kvantová bankovka má své vlastní identifikační číslo (V).



Při výrobě bankovky přiřadí banka řadě qubitů právě jedno identifikační číslo V a proto banka ví, jak jsou fotony v bankovce polarizované a jaká báze byla k polarizaci použita. Pokud bychom chtěli bankovku padělat, museli bychom náhodně tipovat bázi, na které k polarizaci došlo. Pravděpodobnost, že se nám podaří padělat jeden qubit se dá lehce vypočítat a činí 75% neboli $\frac{3}{4}$. Při vrůstajícím počtu qubitů se pravděpodobnost padělání

exponenciálně snižuje tzn. při n qubitech se pravděpodobnost vypočítá jako $\left(\frac{3}{4}\right)^n$. Uveďme si

konkrétní příklad, bankovka má 5 qubitů, poté je šance na neodhalené padělání bankovky 23,73%, ale pokud banka použije qubitů 20 pak se šance sníží na 0,32%. Z toho vyplývá, že kódování bankovek pomocí kvantové kryptografie by bylo účinným prostředkem proti padělání peněz.

4. Shrnutí

Díky našemu miniprojektu jsme se dozvěděli jaký je rozdíl mezi kvantovou a klasickou fyzikou. Zabývali jsme se principy a zákony kvantové kryptografie, díky kterým jsme nahlédli do záhad kvantového polarizačního kódování. Jedním z cílů bylo polarizační kódování kvantových bankovek. Zjistili jsme, že pravděpodobnost padělání bankovky exponenciálně klesá s rostoucím počtem fotonů v bankovce.

Poděkování

Děkujeme FJFI za realizaci fyzikálního týdne. Dále děkujeme sponzorům. Zvláštní poděkování patří našemu supervisorovi za odhalení této problematiky a za trpělivost, kterou nám věnoval, a humor, který vnesl do práce ☺.

Reference

<http://cml.fsv.cvut.cz/~kupca/qc/node7.html>

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

optics.upol.cz/download/vyzkum/prezent-krypto.pdf

Stanovení dávky radiochromními dozimetry

L. Stabrava

Gymnázium Komenského, Jeseník
lukas.stabrava@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se s jedním z druhů dozimetrů, který se využívá zejména v medicíně. Byl připraven Frickeho gelový dozimetr s xylenolovou oranží a následně zkoumána jeho odezva na rozličně velké dávky.

Běžně se setkáváme v našem životě s ionizujícím zářením, které je přirozenou součástí přírody. Toto záření je tvořené nabitými nebo nenabitými částicemi, které jsou schopné přímo nebo nepřímo ionizovat. Toho se využívá v mnoha odvětvích (defektoskopie, medicína,...). Nejsložitějším využitím ionizačního záření v medicíně je radioterapie. Ta využívá komplikovaných ozařovacích technik, při kterých vznikají pole složitých tvarů. Nejlepší způsob pro měření přesnosti těchto radioaktivních zářičů jsou gelové dozimetry.

Gelové dozimetry jsou chemické sloučeniny, které umožňují kromě stanovení dávky radioaktivního záření určit i její prostorové rozložení a jsou tkáňově ekvivalentní. Hlavně proto mají využití v medicíně. Tyto dozimetry se dělí na polymerní a radiochromní. Polymerní gelové dozimetry fungují na principu radiačně indukované polymerace monomerních jednotek. Vyhodnocují se magnetickou rezonancí, běžně používanou při vyšetřování pacientů (což je velmi nákladné vyšetření) nebo optickými metodami. Radiochromní dozimetry pracují na principu zářením vyvolané změny barvy. Prostorové rozložení dávky získáme pomocí optické tomografie, která je výrazně levnější oproti magnetické rezonanci. Jedním z typů radiochromních dozimetrů je Frickeho dozimetr, obsahující želatinu, Mohrovu sůl, kyselinu sírovou a vodu. Dochází zde k oxidaci železnatých iontů (Fe^{2+}) na železité ionty (Fe^{3+}). Množství vytvořených Fe^{3+} iontů je úměrné dávce, což je fyzikální veličina, sloužící k popisu absorpce záření v látce a je definována jako podíl energie absorbované v látce a hmotnosti této látky.

V našem experimentu byl použit modifikovaný Frickeho gel s xylenolovou oranží. Po přípravě jsme ním naplnili kyvety a nechali v lednici ztuhnout. Následně byl dozimetr ozářen různými dávkami v kobaltovém ozařovači. Vyhodnocovali jsme to pomocí absorpční spektrometrie.

Experimentálně jsme ověřili, že s rostoucí dávkou se barva dozimetru postupně mění (světle žlutá po tmavě hnědou). Také jsme zjistili, že dávková odezva dozimetru na záření je téměř lineární.

Literatura:

Šolc, J.: Chování nepolymerních gelových dozimetrů v polích ionizujícího záření o velkém dávkovém gradientu, 2004, 3-9.

Hmotnost elementárních částic

J. Kubištová, Gymnázium Václava Hraběte, jankubia@post.cz

P. Zháňal, SPŠ Třebíč, pavel.zh@atlas.cz

K. Kolář, Gymnázium Špitálská 2, k.kolar@email.cz

Abstrakt:

Naším úkolem bylo zjistit co možná nejvíce informací o elementárních částicích, ze kterých se skládá látka. Některé částice, které byly ještě donedávna považovány za nedělitelné, chápeme dnes jako složené z jiných částic, dále máme i částice, které zprostředkovávají různé fyzikální interakce. Pokusili jsme se vytvořit základní přehled těchto částic.

1 Úvod do problematiky

Teorie částic, která se dnes považuje za obecně platnou, se nazývá standardní model. Z tohoto modelu jsme vycházeli také my. Hmotnost částice můžeme předpovědět na základě stávajícího modelu buď matematickým výpočtem nebo změřit experimentálně (pomocí urychlovačů). V současnosti se objevuje také superstrunová teorie, která předpokládá, že současné elementární částice se skládají ze strun, nebo preonová teorie, jejíž problematiku přiblížíme na konci.

2 Naše práce

2.1 Dělení částic podle statistického chování

2.1.1 Fermiony

Fermiony mají poločíselný spin, patří sem všechny leptony a kvarky a všechny baryony. Také pro ně platí Pauliho vylučovací princip: "Dvě částice nemohou být nikdy ve stejném kvantovém stavu". Právě proto různé elektrony v atomovém obalu zaujímají různé kvantové stavy a tím vytvářejí různorodé chování chemických prvků.

2.1.2 Bosony

Mají celočíselný spin, patří sem všechny skalární i vektorové mezony a foton. Nesplňují Pauliho vylučovací princip. Při nízkých teplotách má každý boson ze systému tendenci zaujmout nejnižší energetický stav. Vzniká tzv. bosonový kondenzát, který může mít supravodivé a supratekuté vlastnosti. Soustava elektronů by nikdy nemohla být supravodivá - jde o fermiony splňující Pauliho vylučovací princip. Při snižování teploty dojde nejprve k pospojování elektronů do dvojic - Cooperových párů, které jako bosony již mohou mít supravodivé vlastnosti.

2.2 Dělení částic podle rodové příslušnosti

2.2.1 Leptony

Leptony jsou podle dnešních názorů pravé elementární částice bez vnitřní struktury, interagují slabou interakcí a neinteragují silně. Nabité leptony pak reagují navíc elektromagneticky, což způsobuje intenzivní interakci s hmotou.

- druhy leptonů:

2.2.1.1 Elektron e je první objevenou elementární částicí, jeho objev uskutečnil roku 1897 lord Thomson. Elektron je stabilní, jeho hmotnost je $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg (0,51 MeV), elektrický

náboj elektronu je $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Počet elektronů v atomu určuje jeho chem. vlastnosti. Makroskopický pohyb elektronů vnímáme jako elektrický proud. Antičástici elektronu - pozitron - teoreticky předpověděl P.A.M. Dirac v roce 1928.

2.2.1.2 Elektronové neutrino n_e je částice, která vždy doprovází elektron, vzniká při rozpadech, ve kterých vznikl elektron. Jeho existenci předpověděl W. Pauli v roce 1930. Název neutrino mu dal Enrico Fermi po objevu neutronu v roce 1932 (v italštině znamená neutrino malý neutron). Jeho existence byla potvrzena v roce 1956 v jaderné elektrárně Savannah River v Jižní Karolině (F. Reines, L. Cowan).

2.2.1.3 Mion m je těžký elektron, jeho hmotnost je $207 m_e$ (105,7 MeV) a doba života přibližně $2 \cdot 10^{-6} \text{s}$. Potom se těžký elektron rozpadá na normální elektron a neutrino. Mion se vyskytuje v kosmickém záření a do zemské atmosféry vstupuje s relativistickými rychlostmi. Vzhledem ke své době života by neměl nikdy dopadnout na zemský povrch. Díky dilataci času však mion z hlediska pozorovatele na Zemi žije "déle" a má dosti času, aby dopadl na povrch Země. Z hlediska mionu se Země "přibližuje" relativistickou rychlostí a díky kontrakci vzdálenosti nemusí mion k povrchu Země uletět takovou vzdálenost. Vidíme, že z hlediska obou souřadnicových soustav (spojených se Zemí nebo s mionem) je výsledek stejný, mion dopadne na povrch Země.

2.2.1.4 Mionové neutrino n_m doprovází při slabých rozpadech mion, má podobné vlastnosti jako neutrino elektronové. Objevili ho T. D. Lee a C. N. Yang v roce 1962 na urychlovači v Brookhavenu (Long Island, USA). V roce 1998 byla zjištěna jeho nenulová hmotnost (0,07 eV).

2.2.1.5 Tauon t je supertěžký elektron, má hmotnost $3\,484 m_e$ (1777 MeV). Je to nestabilní částice s dobou života $3 \cdot 10^{-13} \text{s}$. Rozpadá se na své lehčí dvojníky (elektron nebo mion) a neutrina. Byl objeven v roce 1977 Martinem Perlem.

2.2.1.6 Tauonové neutrino n_t doprovází tauon při slabých procesech, bylo objeveno v laboratoři Fermilab v roce 1999.

- generace (pokolení) leptonů:

1. generace – elektron se svým neutrinem
2. generace – mion se svým neutrinem – na zemi se vyskytují zřídka, zpravidla pocházejí z kosmického záření.
3. generace – tauon se svým neutrinem – svou roli sehrála za vzniku Vesmíru.

Při svém letu se neutrina přeměňují z jedné formy na druhou. Neutrino je chvíli mionové, chvíli elektronové, možná i tauonové. (Tato proměna by například na slunečních neutrinech měla proběhnout každých 1000 km.)

2.2.2 Kvarky

Kvarky jsou částice, ze kterých jsou tvořeny hadrony, těžké částice s vnitřní strukturou - například proton, neutron a mezony (z řec. hadros – těžký, silný). Podléhají interakci silné, slabé i elektromagnetické. Kvarky mají bodovou strukturu až do rozměrů 10^{-18}m . Kvarkový model byl nezávisle navržen G. Zweigem a M. Gell-Mannem, který kvarky nazval podle románu Jamese Joyce. Sám Gell-Mann zavedl první čtveřici kvarků, vymyslel pro ně nejen jména, ale přiřadil jim i jejich „obrázky“. Podle kvantové charakteristiky nazvané "vůně" je šest kvarků u, d, s, c, b, t . Toto označení kvarků vychází z anglických slov "up" (protonový), "down" (neutronový), "strange" (podivný), "charmed" (půvabný), "bottom" (spodní) a "top" (svrchní). Každá vůně se přitom vyskytuje ve třech "barvách", což je další kvantová charakteristika, a to červené, zelené a modré.

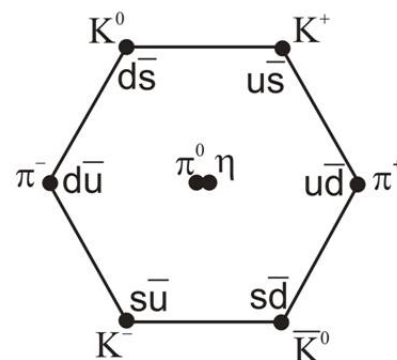
kvark	náboj	hmotnost
d	- 1/3	7 MeV
u	+ 2/3	5 MeV
s	- 1/3	150 MeV
c	+ 2/3	1,4 GeV
b	- 1/3	4,3 GeV
t	+ 2/3	176 GeV

2.2.2.1 Mezony

Mezony jsou složeny z kvarku a antikvarku téže barvy – jeví se jako bezbarvé. Dělí se na skalární mezony – spin kvarků je orientován opačně, výsledný spin je nulový. Existují i vektorové mezony – spin kvarků je orientovaný opačně, ale výsledný spin je roven 1. Dále můžeme rozlišit k-mezony a piony.

Kombinace kvarků se zakreslují do diagramů. Ve směru doprava roste elektromagnetický náboj částice, ve směru nahoru klesá počet podivných kvarků, neboli roste podivnost. Podivnost s kvarku je -1, podivnost antikvarku je +1. Kombinaci kvarků ve středu diagramu je třeba chápat jako kombinaci kvantových stavů.

Mezony vznikají při procesech ovlivňovaných silnou interakcí, rozpadají se slabou interakcí.



2.2.2.2 Baryony

Baryony jsou částice složeny ze tří kvarků z nichž každý musí mít jinou barvu. Tři kvarky lze kombinovat tak, že výsledný spin je roven 1/2 nebo 3/2.

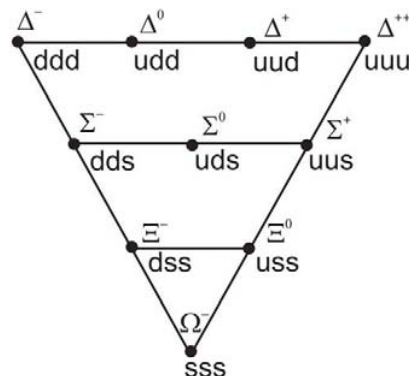
- rozdělení baryonů:

1. hyperony - částice obsahující s kvark
2. nukleony – jaderné částice: proton (těžká částice s hmotností $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, má kladný náboj) a neutron (o necelé 2 promile těžší než proton)

- generace kvarků:

1. generace – kvarky d , u a jejich antikvarky – běžně se vyskytují v přírodě
2. generace – kvarky s , c – v částicích kosmického záření (např. hyperony)
3. generace – kvarky b , t – dokážeme je připravit uměle na urychlovačích

Existuje také mnoho hadronů složených z kvarků, které nejsou v základním stavu. Známých hadronů je více než 200.



2.2.3 Intermediální částice

Intermediální částice obklopují částice podléhající interakci. Pojem pole (elektromagnetické, slabé, silné, gravitační) tak neznamena nic jiného než tento oblak intermediálních částic. Jde o tyto částice:

fotony – obklopují elektricky nabitě částice, jejich klidová hmotnost je nulová, pohybují se rychlostí světla.

gluony – obklopují kvarky a spojují je uvnitř nukleonu, několikanásobně přesahují hmotnost samotného kvarku

graviton – částice, která zprostředkuje gravitační interakci, dosud nebyl objeven.

intermediální bosony – W^+ , W^- , Z^0 – zprostředkovávají slabou interakci

Podle představ kvantové teorie pole (P. A. M. Dirac, R. Feynman a další) probíhá interakce dvou částic tak, že si vymění tzv. intermediální (mezipůsobící, polní, výměnnou) částici.

V přírodě známe čtyři druhy interakcí:

Elektromagnetická interakce - působí jen na částice s elektromagnetickým nábojem (elektrony, protony, nabitě piony, ...), má nekonečný dosah, působí i na velké vzdálenosti

Slabá interakce - působí na leptony i hadrony, zodpovídá za relativně pomalé rozpady částic (například b rozpad neutronu, rozpad mionu), má krátký dosah zhruba do vzdálenosti atomového jádra

Silná interakce - působí jen na hadrony, je to síla, která spojuje kvarky v mezony a baryony; udržuje pohromadě neutrony a protony v atomovém jádře a síla, způsobuje některé rychlé rozpady elementárních částic, má krátký dosah do vzdáleností srovnatelných s rozměry atomového jádra.

Gravitační interakce - působí na všechny částice bez rozdílu, má nekonečný dosah, odpovídá za strukturu Vesmíru

Higgsovy částice

- zatím nenalezené částice, které by v přírodě měly způsobovat spontánní narušení symetrie elektroslabé interakce. Podstatnou úlohu hrají v teorii elektroslabé interakce, kde způsobují nenulovou hmotnost intermediálních částic slabé interakce a její konečný dosah. Tyto částice by také měly rozhodnou měrou ovlivnit počáteční fáze našeho Vesmíru. Spin částic je nulový. Po částicích se intenzivně pátrá a měly by být detekovatelné v současné době stávajícími urychlovači.

2.2.4 Preonový model

Rozptylové experimenty naznačují složení kvarků z tzv. preonů. První preonový model byl vytvořen Salamem a Patim již v roce 1974. Každý kvark či lepton by měl být tvořen ze tří částic: somonu (3 druhy, určuje generaci, nulový náboj), flavonu (2 druhy, určuje vůni "dolní" či "horní", náboj $\pm 1/2$) a chromonu (4 druhy, určuje barvu, náboj $\pm 1/6$). Dohromady získáme $3 \times 2 \times 4 = 24$ částic, 12 leptonů a 12 kvarků.

Problémy modelu - preony by musely zaujímat prostor menší než 10^{-18} m a z Heisenbergových relací pro ně vyplývá značná hybnost. Leptony a kvarky by měly větší hmotnost než mají. Nadsvětelné preony by ale přinesly zápornou hmotnost a za cenu ztráty kauzality bychom dostali správné hmotnosti.

3 Závěr

Vyhledali jsme si informace o elementárních částicích a seznámili jsme se s některými novými poznatky, které ještě nejsou vědecky ověřené. Pracovali jsme se standardním modelem, který je dnes považován za obecně platný a velmi dobře popisuje vlastnosti elementárních částic.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI, že nám umožnila práci tímto projektem, dále Nadaci pro podporu teoretické fyziky a KaFe na MU v Brně a našemu supervizorovi Jiřímu Hronovi.

Reference:

- [1] http://www.volny.cz/ifolber/psaci/fyzika/_/Image263.gif
- [2] <http://www.jan.curn.info>
- [3] <http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/prednasky/subatom/castice/osnova.html>
- [4] http://cs.wikipedia.org/wiki/Element%C3%A1rn%C3%AD_%C4%8D%C3%A1stice
- [5] <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html>
- [6] <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>
- [7] http://ipnp00.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/outreach/standardni_model_1.jpg

Zákonitosti mikrosvěta

P. Alt, J. Bednář, D. Šollerová

KF FJFI ČVUT

Břehová 7

115 19, Praha 1

alt.p@seznam.cz, azarlgor@seznam.cz, solleroval.D@seznam.cz

Abstrakt:

Základní informace o kvantových číslech, jejich druhy a značky. Význam kvantových čísel při určování vlastností orbitalů.

1 Problematika kvantových čísel a vlastností atomových orbitalů

Kvantovými čísly je možné popsat stav částice, např. elektronu a jeho orbitalu. Kvantová čísla určují tvar orbitalu a jeho orientaci, u elektronu pak spin, slupku a podslupku, ve které se daný elektron nachází.

2 Jak vlastnosti elektronů závisí na jejich kvantových číslech

- Veškeré informace byly čerpány z internetových stránek, které jsou uvedeny v závěru příspěvku v referencích. Hlavní kvantové číslo n může nabývat hodnot 1, 2, 3, atd. Lze používat i značení velkými písmeny. Hlavní kvantové číslo určuje, v jaké slupce se orbital nachází. Orbitály, které mají n stejné, se nalézají ve stejné slupce. Při přechodu na nižší hladinu vyzáří atom energii, která je rovna

$$E = h\nu = hf = hR \left[\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right] = E_n - E_m. \text{ Vedlejší kvantové číslo } l \text{ nabývá hodnot od } 0$$

do $n - 1$, je ho možné značit i malými písmeny. Vedlejším kvantovým číslem je určen tvar orbitalu. O atomovém orbitalu, který má určené číslo n i číslo l pak říkáme, že patří do podslupky l slupky n . Orbitální moment hybnosti je určen hodnotou l vztahem

$$|\vec{l}| = \sqrt{l(l+1)} \hbar$$

. Pranděpodobnost výskytu elektronu v orbitalu je udávána

Schrödingerovou rovnicí:

- Diskuse

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V \right) \psi,$$

3 Barevný náboj

Chceme-li zkoumat částice z hlediska silných interakcí, dostaneme se na úroveň jádra, ve kterém působí jaderné síly jako zbytková silná interakce, která je dostatečně silná, aby překonala vzájemné elektromagnetické odpuzování protonů a tím tak udržela jádro pohromadě.

Silná interakce fundamentální působí pouze na úrovni částic (kvarků a gluonů), jež nesou náboj jiného typu než elektromagnetický, tzv. barevný náboj a na velmi malé vzdálenosti. Síla mezi částicemi nesoucími tento náboj je nesmírně velká a drží dané kvarky pohromadě uvnitř hadronů, které jsou vůči výsledné barvě neutrální, stejně jako leptony.

Nosiči této síly jsou částice-gluony se spinovým číslem 1, nulovou klidovou hmotností. Nemají elektrický náboj, ale nesou náboj barevně-anti-barevných párů. Gluon je svojí vlastní antičásticí a nevyskytuje se jako samostatná částice. Název vznikl z představy, že jsou silným lepidlem mezi kvarky a za speciálních podmínek spolu s kvarky tvoří gluony kvark-gluonové plazma, lišící se od běžného skupenství hmoty tím, že kvarky nejsou pevně vázány, ale uvolněny.

4 Druhy částic

Částice můžeme rozdělit podle toho, zda pro ně platí Pauliho vylučovací princip. Ten funguje pro částice s poločíselným spinem, které jsou nazývány fermiony. Pro částice s celočíselným spinem Pauliho princip neplatí. Takové částice jsou bosony. Jako příklady bosonů můžeme uvést foton, fonon, Higgsův boson a gluon. Fermiony jsou leptony a baryony. Mezi leptony řadíme elektrony, miony, tauony a neutrina, zatímco mezi baryony patří protony, neutrony, hyperony a mezony. Druhy částic rozeznáváme podle kvantových čísel a právě z toho důvodu se zavádějí další kvantová čísla jako leptonové čísla L a M a baryonové číslo B .

5 Shrnutí

Pomocí kvantových čísel je možné charakterizovat stav elektronu v atomu a určit tvar orbitalu, ve kterém se elektron nachází. Tato čísla určují i orbitální moment hybnosti, je však vždycky možné zjistit pouze jednu z jeho složek s dostatečnou předností. Nejčastěji se používá z -ová složka.

Teprve se vznikem teorie silných interakcí v rámci standardního modelu dokázali fyzikové vysvětlit, proč se kvarky seskupují jen do podoby baryonů (tři kvarky) nebo mezonů (pár kvark-antikvark), avšak nikoli například do skupin po čtyřech. Nyní chápeme, že pouze prvně uvedené kombinace mohou být barevně neutrální. Částice složené třeba z kvarků ud nebo dd , jež nelze zkombinovat do barevně neutrálních stavů, nebyly v experimentech nikdy pozorovány.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu veleváženému supervizorovi Jiřímu Hronovi za podporu, motivaci, ochotu a spolupráci.

Reference:

- [1] KATEDRA FYZIKY PŘF OU *Kvantová čísla*
http://artemis.osu.cz/mmfiz/am/am_2_2.htm.
- [2] INTERNETOVÉ STRÁNKY RADKA JANDORY *Elektronový obal atomu* 2000,
<http://www.sweb.cz/radek.jandora/f22.htm>.
- [3] PUNTIKOVY STRÁNKY *Obecná chemie* 2007, <http://sweb.cz/puntik/atom.html>.
- [4] <http://www-hep.fzu.cz>
- [5] <http://www.ms.mff.cuni.cz/~curnj1am/pages/elemcz.htm>

**Matematické
modelování**

**Fyzikální
vlastnosti
materiálů**

**Fyzika
v medicíně**

**Elementární
částice**

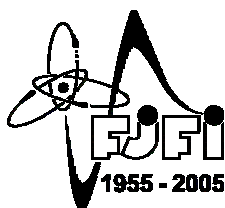
**Laserová
fyzika**

**Jaderná
chemie**

Optoelektronika

**Informatika
a software**

**Jaderná
bezpečnost
a ekologie**



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického v Praze

VŠ vzdělání v moderních oborech s tradičně vysokou úrovní
Praktické aplikace přírodních věd

Charakteristika studia na FJFI

- ♣ velmi pestré spektrum oborů a zaměření
- ♣ celou řadu studijních oborů a zaměření lze v ČR studovat výhradně na FJFI
- ♣ zapojení studentů do různých výzkumných projektů a vědeckých týmů
- ♣ výchova k rychlé orientaci v mezioborové problematice a k týmové práci
- ♣ příprava k výzkumné týmové práci a k aplikaci nejnovějších poznatků vědy do praxe
- ♣ spolupráce s ústavu Akademie věd a s dalšími institucemi a univerzitami v ČR i v zahraničí
- ♣ široká nabídka studijních pobytů na zahraničních univerzitách
- ♣ plný přístup k moderním technologiím, k výpočetní technice a Internetu
- ♣ individuální a neformální kontakt studentů s jejich pedagogy, možnost ovlivňovat chod školy
- ♣ pestrá paleta mimostudijních aktivit – společenských a sportovních akcí, apod.
- ♣ možnost studia zrakově postižených, bezbariérový přístup
- ♣ bezproblémové uplatnění absolventů fakulty v zaměstnání

Uplatnění absolventů FJFI

- ♦ absolvent FJFI nemá problém s uplatněním - může měřit laserem vzdálenost od Měsíce či propojovat počítačové sítě mezi mrakodrapy; využít teorie grafů v bankovních operacích, na burze či při mariáši; řídit jadernou elektrárnu; určit příčiny havárií letadel, lodí či plynovodů; detekovat libovolné záření (vhodné při seznamování se); vyučovat matematiku a fyziku kdekoliv; být ministrem zahraničí - nebo dělat úplně něco jiného.

- ♥ užitečná adresa
pro další informace:

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
pedagogické oddělení
Břehová 7, 115 19 Praha 1
tel. 222 310 277, fax: 222 320 861
www.jaderka.cz; www.fjfi.cvut.cz

Zájemce o studium zveme k návštěvě tradičně konaných Dnů otevřených dveří (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F pro přípravu ke studiu na technických VŠ (od listopadu do března).

FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENÝRSKÁ

Českého vysokého učení technického v Praze

(FJFI ČVUT)

reprezentuje relativně mladé a dynamické pedagogické a vědecké centrum zaměřené především na hraniční témata mezi moderní vědou a její praktickou aplikací. Skládá se z deseti kateder: matematiky, fyziky, jazyků, inženýrství pevných látek, fyzikální elektroniky, materiálů, jaderné chemie, dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, jaderných reaktorů a katedry softwarového inženýrství v ekonomii.

FJFI byla založena v roce 1955 pod původním názvem Fakulta technické a jaderné fyziky jako součást Univerzity Karlovy v Praze, ale v roce 1959 se stala novou fakultou Českého vysokého učení technického v Praze. Její vznik přímo souvisel se zahájením československého jaderného programu, pro který bylo zapotřebí vybudovat vysoce kvalitní vědecká a pedagogická pracoviště. Brzy se však ukázalo, že jaderná technika není jen záležitost jaderných oborů, ale že vyžaduje úzké propojení přírodovědných oborů, matematiky, fyziky a chemie s technickou praxí. Tak se fakulta dostala na rozhraní našich dvou tradičních vysokých škol, univerzity a techniky, jako fakulta fyzikálně inženýrského charakteru.

V padesátých letech se na fakultě studovaly především jaderné obory – jaderná fyzika, jaderná chemie a jaderné inženýrství, v šedesátých letech byla nabídka přednášených oblastí rozšířena o fyziku pevných látek, fyzikální elektroniku a materiálové inženýrství. Zaměření fakulty se také začalo rozšiřovat o nové fyzikální aplikace, např. o fyziku plazmatu, lasery, kosmický výzkum, atd.

Postupně rostl zájem o matematické aplikace, což v sedmdesátých letech vedlo k založení nového oboru - matematického inženýrství. Poslední desetiletí je potom charakteristické nástupem zájmu o nejruznější partie informatiky (nový obor inženýrská informatika) a prudkým zvyšováním množství aplikací do zdánlivě vzdálených oblastí (medicína, ekologie, ekonomie, architektura, apod.).

Díky své struktuře, velikosti i personálnímu obsazení dokázala FJFI v průběhu let pružně reagovat na rozvoj vědy, technologií i měnící se požadavky praxe zřizováním nových studijních oborů a zaměření.

Fakulta se postupně stala významným pedagogickým a vědeckým pracovištěm s velmi širokým rozsahem aktivit v oblasti inženýrských aplikací přírodních věd. Je proto jen přirozené, že se při volbě názvu studijního programu, který je na fakultě akreditován, dospělo k názvu Aplikace přírodních věd. Na druhé straně název fakulty zůstává beze změny, přestože již plně nevystihuje zmíněnou širokou paletu různých zaměření. Hlavním důvodem je oprávněná hrdost na trvalou vysokou kvalitu absolventů fakulty, na dobrý zvuk konstatování, že někdo je „jaderňák“. Tradiční název fakulty tak představuje něco jako ochrannou známku.

Fakulta poskytuje vysokoškolské vzdělání formou řádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium - titul bakalář, navazující magisterské studium - titul inženýr). Standardní délka studia je 3 roky v bakalářském programu a 3 roky v navazujícím magisterském programu. Při splnění určitých podmínek je možno absolvovat bakalářský + navazující magisterský program během pěti let. Navazující magisterský program mohou studovat i bakaláři z jiných škol. Kreditní systém umožňuje absolvovat studijní programy i za delší dobu než standardní délka. Hlavními formami studia jsou přednášky, cvičení (seminární, laboratorní), odborné praxe a konzultace. Studium končí státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové (závěrečné) práce. Tato práce má tvůrčí

charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe.

Fakulta dále organizuje doktorské studium (tříleté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků.

Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecko-výzkumná práce. Mezi vědeckou a pedagogickou prací je úzká vazba: přímé zapojení studentů do řešení vědeckých-výzkumných programů a příprava na moderní kolektivní formy vědecké práce dává výuce unikátní rozměr.

Výzkum (a výuka) na fakultě v současné době tématicky pokrývá aplikované jaderné inženýrství (reaktorová fyzika a technika; dozimetrie, radiační fyzika, ochrana a bezpečnost; jaderná chemie), moderní technologické aplikace fyziky (kvantová elektronika a laserové techniky, pevnolátkový a materiálový výzkum) a rychle se rozvíjející oblast matematiky a softwarového inženýrství. Pro fakultu jsou typické interdisciplinární aplikace v ekologii, medicíně, ekonomii, archeologii a v mnoha dalších oborech.

Řešení výzkumných projektů probíhá ve spolupráci s předními domácími i zahraničními pracovišti. Fakulta spolupracuje s více než padesáti zahraničními univerzitami (např. Université de Montréal, Université de Paris, aj.) a vědeckými institucemi z více než dvaceti zemí celého světa a mezinárodními organizacemi typu CERN, ÚJV Dubna apod. Na mnoha těchto aktivitách se podílejí i studenti, a to jak v rámci různých studijních pobytů, tak i při řešení vědeckých projektů.

FJFI disponuje několika unikátními výzkumnými zařízeními – např. školním jaderným reaktorem VR-1, řádkovacími elektronovými mikroskopy, vysokovýkonnými laserovými systémy, speciálními počítačovými laboratořemi, laserovou družicovou zaměřovací základnou v Helwanu (Egypt), apod.

Již řadu let na fakultě působí Studentská unie při FJFI ČVUT. Jedná se o neziskovou organizaci, jejímž cílem je rozvoj studentských aktivit na FJFI. Snaží se především starat o kolegy studenty – organizuje 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 aktivitu Studentské unie jako významnou součást své činnosti a snaží se je podporovat.