

Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2009

Fyzikální týden

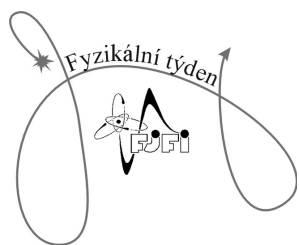
Sborník příspěvků

14.-18.červen 2009



”Cesty, kterými lidé pronikají k podstatě nebeských dění, mi připadají téměř stejně podivuhodné jako tyto jevy samy..”

Johannes Kepler (400 let od vydání Keplerovy práce *Astronomia nova*, která položila základ nebeské mechanice (1. a 2. zákon))

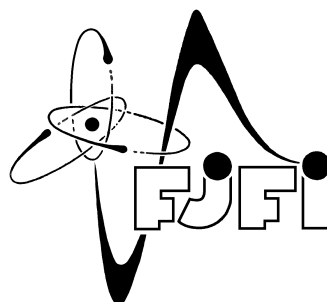


Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2009

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



Slovo úvodem (tradičně velmi podobné)

Už jedenáctým rokem pořádáme na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT Fyzikální týden, který vznikl z našich dlouhodobějších úvah o podchycení zájmu mladých lidí o aplikované přírodní jevy. Hlavní novinkou letos byl nedělní program na terase a Fyzikální týden letos poprvé díky MSc. Gabris Aurel, PhD. zažil miniprojekt vedený v angličtině. V letošním roce byl pořádán pro 132¹ studentů ze 74 gymnázií, kteří si vyslechli jednu z 10 nedělních přednášek, zkusili své síly v 40 miniprojektech, měli možnost navštívit 14 vědeckých pracovišť a navíc mohli večer strávit v Planetáriu, Štefánikově hvězdárně či na Křižíkově fontáně. Letos jsme se zase vrátili k modelu čtvrtěční konference bez posterové sekce. Letos konečně vyšel příspěvek "Mlžná komora" účastníků FT 2007 v Matematicko fyzikálních rozhledech (číslo 3, ročníku 83 z roku 2008), což je mimořádný úspěch, který bych přál letošním účastníkům. Počtvrté se v obavách objevuje "uspávač hadů".

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

Dovolte mi tradičně poděkovat na tomto místě jmenovitě Monice Mikšovské a Lence Thinové za jejich neocenitelnou pomoc při organizaci FT, bez které bych si letošní FT nedokázal vůbec představit. Dále tradičně děkuji všem supervisorům úloh, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře fakulty a katedry a rektorátu ČVUT. Nemohu zde zapomenout na samotné účastníky, kteří zde svým zaujetím vytvořili opět výbornou badatelskou atmosféru. Speciální poděkování patří letos celému týmu, který připravil nedělní party na terase.

Hádám, že se s některými z účastníků uvidím opět za rok, takže -doufejme- na shledanou v roce 2010.

17. června 2009

Vojtěch Svoboda

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

Očekávání a obavy s kterými studenti přijížděli na letošní FT.

Očekávání:

- uspávač hadů Svoboda
- slečna na miniprojektu
- nové fyzikální zážitky
- miniprojekt pomůže se SOČ
- ulití ze školy
- budoucí studium
- setkání s lidmi, které baví fyzika
- dobré koncerty
- setkání známých lidí
- hodně kluků a málo holek
- vyzkoušet si VŠ prostředí
- že se něco naučíme
- invaze mimozemšťanů

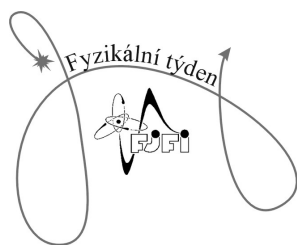
Obavy:

- že zbouráme školu
- slečna na miniprojektu
- špatné počasí
- ztratíme se v Praze
- dojdou peníze
- budoucí studium
- že budeme vypadat jako idioti
- nesplnitelný deadline miniprojektu
- z pražského přízvuku (17 hlasů)
- hodně kluků a málo holek
- Bůh existuje
- obava z mimopražských přízvuků (17 hlasů)
- z role chairperson

Obsah

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Fyzikálního týdne 2009	8
Seznamy exkurzí, přednášek a miniprojektů	9
Příspěvky	15
e/m - měření měrného náboje elektronu (Ondřej Borovec, Lukáš Jarosil, Jakub Neužil, Jan Stejskal)	15
Mikrovlny (Ondřej Skowronek, Tomáš Pokorný, Jan Vondráček, Ondřej Jelínek, Karolína Kopecká)	18
Spektrometrie záření gama (Michal Culek, Jakub Slížek, Vojtěch Spálenský, Petra Vaníčková)	23
Zeemanův jev (Jan Vejmla, Michael Jirásek)	26
Základní experimenty s lasery (Lucie Těsnohlídková, Adam Mrkvička, Martin Brablec, Marek Michl)	31
Studium rentgenového spektra měděné anody (Miroslav Michlíček)	37
Termodynamické zákony v praxi (Lenka Homolová, Kristýna Holanová, David Brožek, Vlastimil Zelenka)	42
Radiační zátěž na palubách letadel (Dominika Kalasová, Vladislav Větrovec, Lukáš Folwarczny, Lukáš Lachman, Martin Flusser)	48
Úvod do chaotické dynamiky. (Radka Kolářová, Julie Čerovská, David Kec, Jan Müller, Pavel Halbich)	53
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I (Jiří Novotný, Tomáš Pikálek, Jiří Nárožný, Ondřej Bouchala, Martin Malý)	58
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II (Jiří Vejrosta, Jiří Kerner, Dan Humpál)	64
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (Martin Černý)	67
Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie (Pavel Černý, Jiří Havlíček, Ladislav Podlešák, Tomáš Hluchý, Martina Šrámková)	70
RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách (Tomáš Vrba)	74
Gama záření z přírodních zdrojů (Tomáš Sýkora, Matěj Šebek, Dušan Korenko)	78
Termoluminiscenční dozimetrie (Alexander Slávik, Vladimír Míč, Barbora Anna Bajajová, Igor Turčan)	82
Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek (Pavel Čupr, Barbora Vlková)	86
Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6 (Jan Valášek, Kristýna Zemková, Iveta Beranová, Kateřina Bucsuházy)	90
Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR (Jiří Terš, Pavel Polcer)	94
Byla v Koněpruských jeskyních skutečně penězokazecká dílna? (Iva Pařízková, Pavel Říha, Václav Kučera)	97
Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně (Jiří Šálek, Helena Paschkeová, Jan Kurka, Tereza Kráčmerová)	101

Stanovení dávky pomocí gelů (Michael Pokorný,Karin Suchomelová)	105
Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic (Karolína Burešová,Ondřej Nováček,Filip Naiser,Dan Homola,Martin Pozděna)	108
Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie (Daniel Vodrážka)	111
Kritický stav jaderného reaktoru (Václav Obrtlík,Tomáš Svoboda,Helena Brandejská,Helena Picmausová)	115
Plynová chromatografie (Jan Dundálek,Jiří Vrána,Kristýna Nešporová)	119
Numerické modelování fyzikálních dějů. (Karel Kolář,David Wagenknecht,Ondřej Maslikiewicz,Karel Král,Kristýna Onderková)	123
Počítačové zobrazování fraktálních množin (Jiří Bednář,Jan Fábera,Barbora Fürstová)	129
Teorie čísel a šifrování (Petr Šebek,Jan Hlava)	135
Měření rychlosti světla (Petr Švéda,Jiří Bárdoš)	138
Optický telefon (Štěpán Poláček,Josef Řehák,Radim Hueber,Jaromír Karmazín,Petra Hamerníková)	142
Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop (Martin Šimek,Tomáš Zahradník,Jan Pecina,Martin Zábranský)	146
LINUX Lab (Ondřej Hujňák,Pavel Kratochvíl,Dominik Miketa)	151
Algoritmy pro počítačovou grafiku (Miroslav Vocásek,Vojtěch Hujňák,Martin Tobiáš)	155
Jeden za osmnáct a druhý bez dvou za dvacet. (Martina Bekrová,Jakub Lukeš)	158
Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony? (Eva Korytiaková,Jiří Táborský,Eva Svobodová,Martina Musilová)	162
Causality and Quantum Theory (Jan Šupík,Tomáš Valíček,Hynek Jemelík,Jakub Šindelář,Jana Zajíčková)	166
Vážení Země - Cavendishův experiment (Aneta Jíchová)	170
Základní experimenty se supravodiči (Jaroslav Pavela,Ondřej Dvořák,Zbyněk Bambušek,Josef Mrázek,Pavel Majer)	175
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT	179



Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2009

Program Fyzikálního týdne 2009

- **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).

16.30-18.00 Jak prezentovat I (publikace) - posluchárna 103.

16.30-18.00 alternativně pro absolventy minulých ročníků FT: RNDr. Vladimír Wagner, CSc: Jak mimozemšťanům sdělit co je pravá ruka a že jsme z hmoty a ne antihmoty. Tedy o Nobelově ceně za fyziku za minulý rok. - posluchárna 115.

- **Úterý**

celý den Miniprojekty (příprava presentace a sborníkového příspěvku).

18.00 Deadline pro upload příspěvků.

- **Středa**

dopoledne Exkurze (radioterapie a gamma nůž odpoledne).

14.00-15.30 Přednáška: Doc. Ing. Antonín Fojtík, CSc.: Úvod do nanotechnologie chytrých logických a integrovaných struktur (praktické ukázky předvede Ing. Piksová). - posluchárna 103.

16.00-17.30 Jak prezentovat II (ústní vystoupení).

16.00-17.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků FT: Prof. Ing. Radimír Novotný, DrSc.: Některé zajímavé problémy mechaniky - posluchárna 115.

16.00-17.30 alternativně pro absolventy minulých ročníků FT: Chcete něco zvědět o studiu na FJFI? - beseda především se studenty FJFI. - posluchárna 114.

- **Čtvrtek**

8.00-9.30 Presentace miniprojektů I (Aula 103).

10.00-11.45 Presentace miniprojektů II (posluchárny FJFI).

12.30-13.45 Presentace miniprojektů III (Aula 103).

13.45 Závěr.

14.15 Konec FT.

Exkurze

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

Přednášky

- Ondřej Kudláček: Termojaderná fúze
- Doc. Ing. Miroslav Virius, CSc.: Programování pro .net
- Ing. Václav Čuba, Ph.D.: Radiační chemie
- Ing. Aleš Materna, Ph.D.: Pevné, pevnější, nejpevnější
- RNDr. Zdeněk Tomiak: Proč mají polovodiče polovodivé vlastnosti
- prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.: Průvodce ionizujícím zářením -od aplikací v medicíně, po studium památek
- Mgr. Jaroslav Bouda: Jaderná energie v životě člověka
- Ing. Michaela Martinková: Fúze s inerciálním udržením a termonukleární reaktory.
- Mgr. Milan Krbálek, Ph.D.: Automobilová doprava pod matematickým drobnohledem

Miniprojekty a jejich garanti z FJFI

- Ondřej Kudláček: e/m - měření měrného náboje elektronu
- Bc. Tomáš Jakoubek: Mikrovlny
- Ing. Miroslav Krus: Spektrometrie záření gama
- Ing. Vladimír Pospíšil: Zeemanův jev
- Ing. David Tlustý: Základní experimenty s lasery
- Bc. Dan Krasnický: Studium rentgenového spektra měděné anody
- Ing. Vladimír Pospíšil: Termodynamické zákony v praxi
- Ing. Ondřej Ploc: Radiační zátěž na palubách letadel
- Ing. Ondřej Svoboda: Úvod do chaotické dynamiky.
- Dr. Ing. Milan Šiňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I
- Dr. Ing. Milan Šiňor: Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II
- Ing. Jan Adámek: Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- Ing. Jan Siegl, CSc.: Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie
- Ing. Petr Sedlák: RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách
- Ing. Tomáš Vrba: Gama záření z přírodních zdrojů
- Ing. Jiří Martinčík: Termoluminiscenční dozimetrie
- Ing. Lenka Trnková: Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6
- Ing. Dušan Kobylka, Ph.D.: Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR
- RNDr. Lenka Thinová, Ing. Katka Rovenská: Byla v Koněpruských jeskyních skutečně penězokazecká dílna?
- Ing. Tomáš Urban: Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně
- Ing. Kateřina Vávru: Stanovení dávky pomocí gelů
- Ing. Martin Němec: Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic
- Jan Stránský: Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie
- Ing. Lenka Heraltová: Kritický stav jaderného reaktoru
- Ing. Rostislav Silber, CSc.: Plynová chromatografie

- Ing. Jan Smotlacha: Numerické modelování fyzikálních dějů.
- Ing. Petr Pauš: Počítačové zobrazování fraktálních množin
- Ing. Petr Ambrož, Ph.D.: Teorie čísel a šifrování
- Jan Máca: Měření rychlosti světla
- Ing. Pavel Bažant: Optický telefon
- Ing. Zlata Mrázová: Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop
- Ing. Jan Mach: LINUX Lab
- Ing. Pavel Strachota: Algoritmy pro počítačovou grafiku
- Ing. Balková Lubomíra, Ph.D., Prof. Ing. Pelantová Edita, CSc.: Jeden za osmnáct a druhý bez dvou za dvacet.
- Mgr. Jaroslav Bielčík, Ph.D.: Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?
- MSc. Gabris Aurel, PhD.: Causality and Quantum Theory
- Michal Odstrčil: Vážení Země - Cavendishův experiment
- Tomáš Odstrčil: Základní experimenty se supravodiči

MINIKONFERENCE - Břehovka, čtvrtek:

Společné přednášky v Aule 103

Chairperson:Jana Zajíčková

- 8.00 Spektrometrie záření gama
- 8.15 Teorie čísel a šifrování
- 8.30 Radiační zátěž na palubách letadel
- 8.45 Mikroskopie v materiálovém výzkumu
- 9.00 Simulace provozu JE s bloky VVER 440 a CANDU 6
- 9.15 Počítačové zpracování obrazu - analýza snímků družic

Paralení přednášky - aula 115

Chairperson:Jan Vejmla

- 10.00 e/m - měření měrného náboje elektronu
- 10.15 Mikrovlny
- 10.30 Zeemanův jev
- 10.45 Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR
- 11.00 Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie
- 11.15 Počítačové zobrazování fraktálních množin
- 11.30 Základní experimenty se supravodiči

Paralení přednášky - posluchárna 114

Chairperson: Josef Řehák

- 10.00 Studium rentgenového spektra měděné anody
- 10.15 Termodynamické zákony v praxi
- 10.30 Kritický stav jaderného reaktoru
- 10.45 Plynová chromatografie
- 11.00 Numerické modelování fyzikálních dějů.
- 11.15 Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?
- 11.30 Vážení Země - Cavendishův experiment

Paralení přednášky - místnost 111

Chairperson: Karolína Kopecká

- 10.00 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice II
- 10.15 Úvod do chaotické dynamiky.
- 10.30 Rentgenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek
- 10.45 Základní experimenty s lasery
- 11.00 Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop
- 11.15 LINUX Lab
- 11.30 Jeden za osmnáct a druhý bez dvou za dvacet.

Paralelní přednášky v Aule 103

Chairperson: Tomáš Sýkora

10.00 RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách

10.15 Termoluminiscenční dozimetrie

10.30 Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně

10.45 Stanovení dávky pomocí gelů

11.00 Měření rychlosti světla

11.15 Optický telefon

11.30 Algoritmy pro počítačovou grafiku

Společné přednášky v Aule 103

Chairperson: Jakub Lukeš

12.30 Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice I

12.45 Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie

13.00 Gama záření z přírodních zdrojů

13.15 Byla v Koněpruských jeskyních skutečně penězokazecká dílna?

13.30 Causality and Quantum Theory

13.45 **Zakončení,konec FT**

Letošní FT je opět doprovázen CD.



(Netradiční pohled do laboratoře. Poděkování skupině "Lasery - interference a ohyb světla.")

Měrný náboj elektronu

Borovec O.

o.borovec@gmail.com

Jarosil L.

jarosil@seznam.cz

Stejskal J.

stejskal.honza@gmail.com

Abstrakt

Cílem této práce bylo experimentální stanovení hodnoty měrného náboje elektronu, což je velice důležitá fyzikální konstanta. Měření bylo provedeno v kolmém i podélném magnetickém poli, přičemž v obou případech bylo dosaženo poměrně vysoké přesnosti. Pro podélné mg. pole nám vyšlo $1,786 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$ s odchylkou 4,1%, pro příčné $1,789 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$ s odchylkou 3,3%, tudíž odchylka od tabulkové hodnoty $1,760 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$ ani v jednom z případů nepřesáhla 1,6%.

1 Úvod

V rámci fyzikálního týdne jsme se zúčastnili miniprojektu měření měrného náboje elektronu, který je vyjádřen poměrem jeho náboje a hmotnosti. Měřili jsme dvěma metodami, a to v podélném a příčném magnetickém poli. Obě metody jsou založeny na chování elektronů v magnetické poli.

2 Metody měření

2.1 Příčné magnetické pole

Na částici s nenulovým elektrickým nábojem působí v magnetickém poli síla. Pro elektron je daná vztahem:

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

kde e vyjadřuje elementární náboj elektronu, $\vec{v}$ vektor rychlosti elektronu a $\vec{B}$ vektor magnetické indukce. Tuto sílu nazýváme Lorentzova. Maximální hodnoty nabývá jsou-li oba vektory vzájemně kolmé, nulové pak jsou-li rovnoběžné. Jestliže jsou kolmé můžeme vztah (1) zjednodušit na:

$$F_L = e \cdot v \cdot B \quad (2)$$

Dráha elektronu s vektorem rychlosti kolmým k indukčním čarám je pak touto silou zakřivována a výsledná trajektorie je tedy kružnicí. Zároveň je při tomto pohybu Lorentzova síla rovna síle odstředivé vyjádřené vztahem:

$$F_o = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (3)$$

Z rovností (2) a (3) (odstředivé a Lorentzovy síly) plyne:

$$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B} \quad (4)$$

Uvažujeme-li, že je elektron urychlen napětím U je jeho kinetická energie rovna součinu tohoto napětí a jeho náboje:

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = U \cdot e \quad (5)$$

My jsme používali aparaturu s variabilním urychlovacím napětím a se dvěma Helmholtzovými cívkami, které vytváří magnetické pole o indukci:

$$B = k \cdot I \quad (6)$$

Kde k je konstanta určená vlastnostmi cívek (počet závitů, poloměr, vzájemná vzdálenost) a I proud.

Dosadíme-li rychlost v vyjádřenou ze vztahu (5) a magnetickou indukci B (6) do rovnosti (4) dostaneme po jednoduchých úpravách:

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

Při známých parametrech cívek, dané velikosti proudu I jimi procházejícího a známé hodnotě urychlovacího napětí U lze pak snadno změřením poloměru r kruhové dráhy elektronu spočítat hodnotu konstanty e/m .

2.1.1 Měření

Elektrony byly na naší aparatuře emitovány katodou (při napětích 100-300 V) uzavřenou v baňce ve které ionizační plynu zanechávaly optickou stopu. Měření byla prováděna při různých vstupních napětích a proudech.

Tabulka výsledků 1: Měření v příčném magnetickém poli

	1	2	3	4	5	6	7
U [V]	100	120	140	160	180	200	210
I [A]	1,35	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
r [m]	0,032	0,0285	0,0315	0,0325	0,0345	0,036	0,037
e/m [$C \cdot kg^{-1} \cdot 10^{11}$]	1,76	1,78	1,70	1,83	1,83	1,86	1,85

	8	9	10	11	12	13	14
U [V]	220	240	260	260	280	280	300
I [A]	1,65	1,65	1,5	1,65	1,5	1,65	1,65
r [m]	0,0385	0,04	0,0455	0,0425	0,04725	0,045	0,04725
e/m [$C \cdot kg^{-1} \cdot 10^{11}$]	1,79	1,81	1,83	1,74	1,83	1,67	1,62

průměr:	1,78	$C \cdot kg^{-1} \cdot 10^{11}$
odchylka měření:	4,06	%

2.2 Podélné magnetické pole

Druhá metoda, kterou jsme měřili využívala podélného magnetického pole. Metoda opět využívá vlastností pohybu elektronu vlivem magnetického pole. Rozžhavená cívka emituje elektrony ve směru veskrze různém od vektoru magnetické indukce solenoidu. Poté co je elektron emitován je urychlen vysokým napětím U ve směru siločáry čímž se jeho původní rychlost v tomto směru stává zanedbatelnou, ale složka rychlosti kolmá k vektoru magnetické indukce způsobuje rotaci kolem indukční čáry o konstantní úhlové rychlosti ω . Na obrazovce je patrný vycházející proud elektronů. Změnami vstupního proudu cívky vytvářející magnetické pole můžeme obraz fokusovat. V momentu nejostřejšího obrazu probíhá rotace mezi emitující cívkou a stínítkem jednu periodu. Obdobným způsobem jako v předešlém případě můžeme odvodit vztah:

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 \cdot U \cdot l'^2}{\mu_0^2 \cdot N^2 \cdot I^2 \cdot l^2} \quad (8)$$

U je urychlovací napětí, l' redukovaná délka (0,381 m), N počet závitů cívky, I proud procházející cívkou a l délka pohybu elektronu bez urychlení v magnetickém poli.

2.2.1 Měření

Elektrony byly na aparatuře opět emitovány katodou a urychlovány napětím od 900 do 1100 V čímž získali rychlost přes $600 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ a dopadali na stínítko, kde zanechávaly optickou stopu. Měření byla prováděna při různých vstupních napětích a proudech.

Tabulka výsledků 2: Měření v podélném magnetickém poli

	1	2	3	4	5	6
U [V]	1000	1050	1100	900	950	1000
I [A]	4,65	4,75	4,75	4,5	4,6	4,65
e/m [$\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10^{11}$]	1,78	1,79	1,88	1,71	1,73	1,78

průměr	$1,78 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10^{11}$
odchylka	3,27%

3 Závěr

Měrný náboj elektronu jsme změřili dvěma metodami lišícími se směrem magnetického pole:

- 1) v příčném magnetickém poli s výsledkem $1,7846 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$
- 2) v podélném magnetickém poli s výsledkem $1,7792 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$

Odchylka od tabulkové hodnoty je způsobena nepřesností přístrojů, měření a rozbíháním elektronů ve svazcích.

4 Poděkování

Děkujeme všem organizátorům fyzikálního týdne, že nám umožnili vyzkoušení prostředí i práce na FJFI, jakožto i našemu supervizorovi Ondřeji Kudláčkovi za ochotnou a trpělivou pomoc při našem bádání.

5 Reference

[1] *Měrný náboj elektronu* [online]. 2007 [cit. 2008-04-28]. Dostupný z WWW: <<http://praktika.fjfi.cvut.cz/edm/.pdf>>.

Mikrovlny

K. Kopecká*, J. Vondráček**, T. Pokorný***, O. Skowronek****, O. Jelínek*****

*Gymnázium Česká Lípa, **,*****Gymnázium Děčín,
Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše,* Gymnázium Františka
Hajdy, Ostrava

***xtompok@gmail.com,

Abstrakt

Mikrovlny jsou elektromagnetické vlnění stejně jako světlo. Díky tomuto mají společné vlastnosti. V našem miniprojektu jsme se pomocí Gunnova oscilátoru pokusili tyto vlastnosti ověřit.

1. Úvod

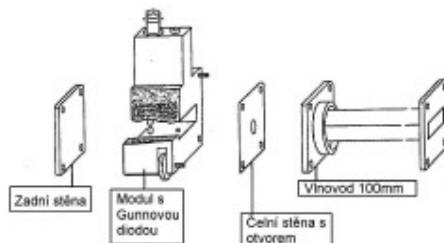
Mikrovlny jsou elektromagnetické vlnění se stejnými vlastnostmi jako má světlo, o vlnové délce v rozmezí milimetr až metr a odpovídající frekvencí 300MHz až 600GHz. Tyto vlastnosti jsme se pokusili ověřit pomocí Gunnova oscilátoru. Využití mikrovln je obrovské. Používáme je při ohřevu potravin, vysoušení knihy, přenosu dat či k tavení skla.

2. Ověřování vlastností mikrovln

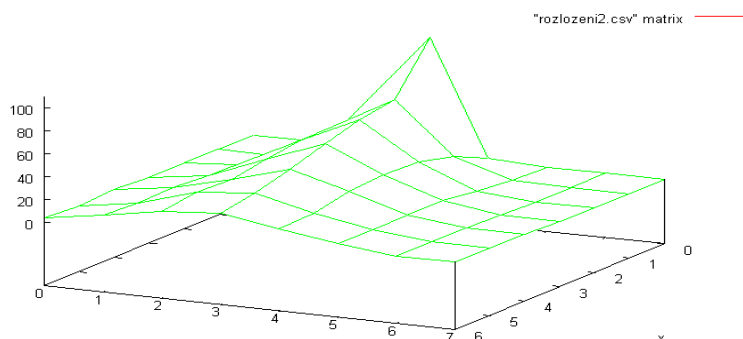
Popis aparatury

Jako zdroj vlnění jsme použili Gunnův oscilátor, jehož frekvence je pevně stanovena na 9,4 GHz. K měření hodnot intenzity jsme použili mikrovlnnou sondu a počítačový software DataStudio.

Gunnův oscilátor tvoří dvě kovové destičky, z nichž první má otvor. Dohromady tvoří dutinu, ve které záření z Gunnovy diody vytváří stojaté vlnění a to poté prochází otvorem do obdélníkového vlnovodu.



Prvním pokusem jsme zjistili, že rozložení intenzity elektromagnetického pole kolem oscilátoru je závislé na vzdálenosti. S rostoucí vzdáleností intenzita klesá, jak je vidět na grafu č.1



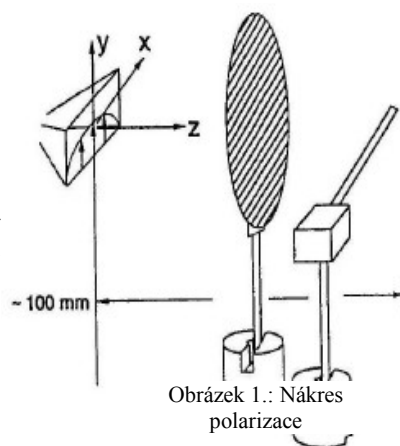
Graf č.1 : Rozložení intenzity elektromagnetického pole kolem oscilátoru

Polarizace

Gunnův oscilátor vytváří polarizované vlnění. Pomocí mřížky, kterou jsme umístili mezi zdroj vlnění a sondu jsme ověřovali platnost Mallusova zákona, který hovoří o schopnosti průchodu záření polarizačním filtrem:

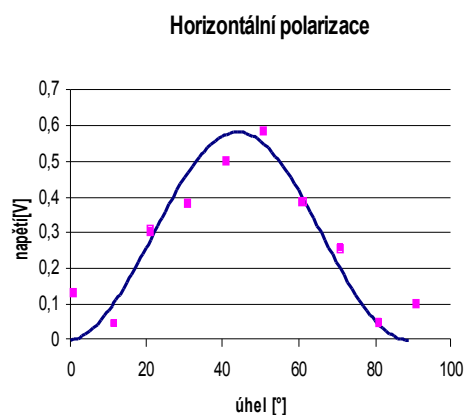
$$I_{(\theta)} = 4I_0(\sin \theta \cos \theta)^2$$

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

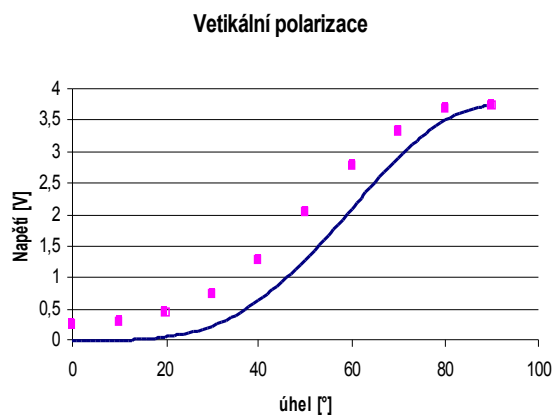


První vzorec hovoří o horizontální polarizaci a druhý o vertikální polarizaci. I_0 je námi nejvýše naměřená intenzita v místě měření a $I_{(\theta)}$ je celková intenzita pro daný úhel.

Nejprve jsme umístili sondu vertikálně, poté horizontálně. Do výpočtů jsme použili námi nejvýše naměřenou intenzitu v místě prováděného měření. Srovnání naměřených a teoretických hodnot shrnují grafy č. 2 a 3.



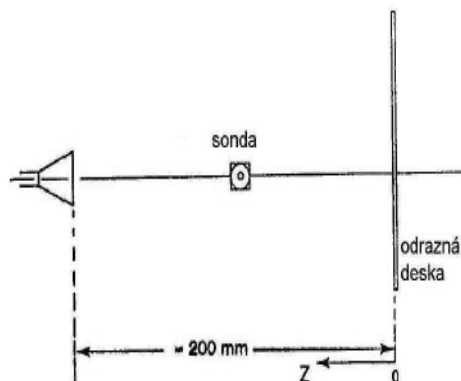
Graf č.2 : Horizontální polarizace. Křivka znázorňuje Mallusův zákon, body námi naměřené hodnoty.



Graf č.3 : Vertikální polarizace. Křivka znázorňuje Mallusův zákon, body námi naměřené hodnoty.

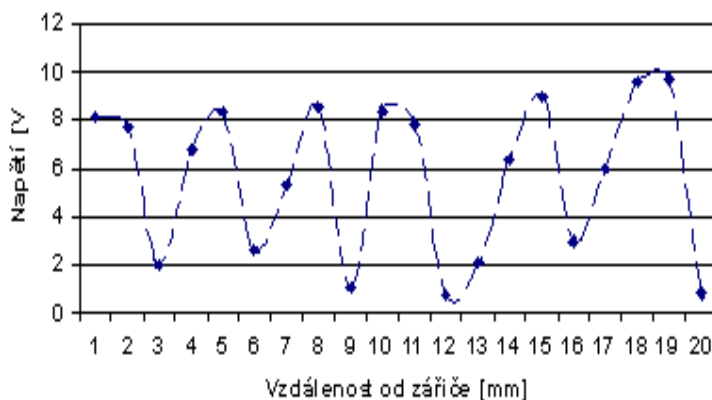
Stojatá vlna

Při interferenci dvou postupných vln o stejné frekvenci, ale opačného směru, vznikne stojatá vlna. Abychom tohoto jevu dosáhli, postavili jsme za sondu kovovou desku, od které se odráží vlnění zpět (obrázek č.2, graf č. 4). Takto v prostoru mezi zářičem a deskou vznikají maxima a minima. Pomocí výpočtu vzdálenosti mezi maximy, případně minimy, jsme schopni vypočítat vlnovou délku, protože tato vzdálenost je rovna polovině vlnové délky.



Stojatá vlna

Obrázek č.2 : Nákres měření stojaté vlny

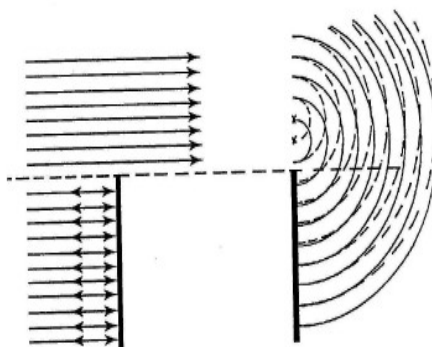


Graf č.4 : Graf stojaté vlny

Vypočítali jsme vzdálenost 1,6 cm, vlnová délka tedy vychází 3,2 cm. Pokud tuto hodnotu přepočítáme na Hz, tak dostaneme 9,375GHz (skutečná frekvence Gunnova oscilátoru je 9,4GHz).

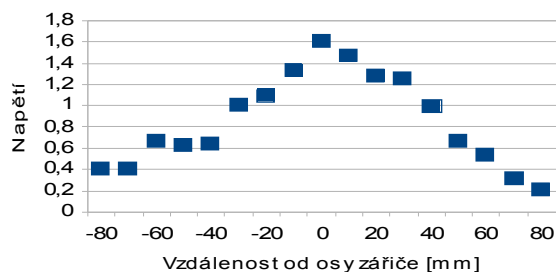
Ohyb na hraně.

Pokud mikrovlna narazí na hranu pevné překážky, začne se šířit i na místa, kam by při přímočarém vlnění nedosáhla. Umístili jsme proto před zářič kovovou desku, položili za ni sondu a měřili jsme napětí. Se sondou jsme pohybovali po čáře rovnoběžné s osou zářiče. Výsledky jsou v grafu č. 5. Za hranou napětí klesá, avšak nemizí, což je důkazem ohybu vln.



Obrázek č.3 : Nákres ohybu mikrovln na hraně

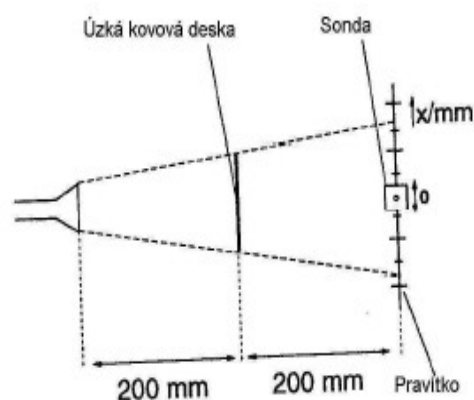
Ohyb na hraně



Graf č.5 : Graf lámání vln na hraně, kde hrana byla umístěna v 0.

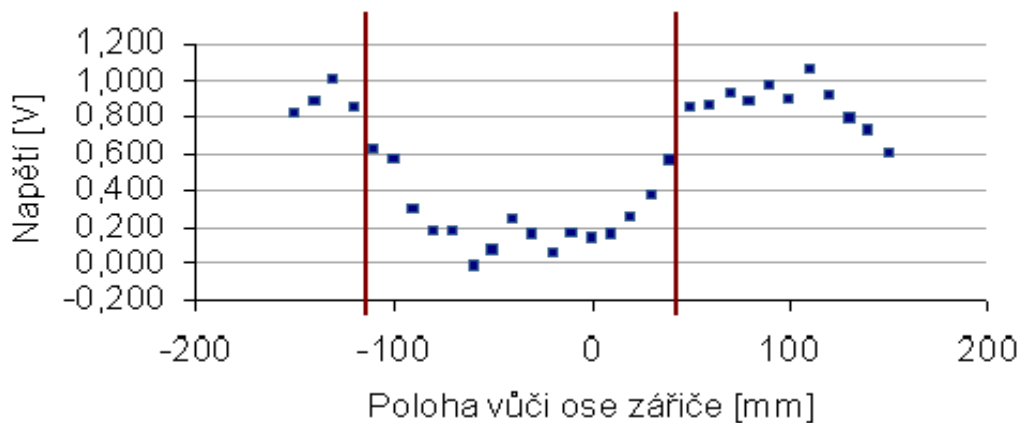
Ohyb na překážce

Postavili jsme před zářič kovovou desku, podobně jako v předešlém úkolu, jenže v tomto případě se mikrovlna lomila o dvě hrany. Výsledek můžete vidět na grafu č.6., kde je vidět, že za překážkou napětí klesá, ale stále zde zůstává, což je důkazem lámání vln o hranu.



Obrázek č.4 : Náčrt ohybu mikrovln na překážce

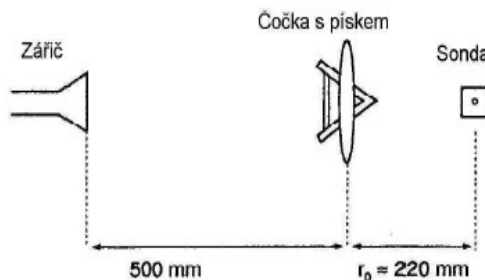
Ohyb na překážce



Graf č.6 : Ohyb vln na překážce, svislé čáry označují hrany překážky

Fokusace čočkou

V tomto úkolu jsme se snažili fokusovat mikrovlnné paprsky pomocí půlválce naplněného cukrem, který zde sloužil jako čočka. Tento pokus probíhal tak, že jsme měnili vzdálenost půlválce od zářiče a pozorovali, kdy bylo výsledné napětí na sondě největší, hledali jsme tak ohnisko čočky. Zjistili jsme, že ohnisko našeho válce bylo ve vzdálenosti 500mm od zářiče.



Obrázek č.5 : Náskres fokusace čočkou

Vedení

Mikrovlnné záření se dá vést i jinými způsoby než je přímé šíření v prostoru. Nejprve jsme se pokusili šířit záření Lecherovým vedením. Lecherovo vedení tvoří dva rovnoběžné dráty o průměru 3mm, vzdálené od sebe 10mm. Zářením na toto vedení se vytváří mezi dráty stojaté vlnění. Mohli jsme proto naměřit minima a maxima. Vlnová délka se od původního vlnění nezměnila. Další možností je použít vlnovod, pomocí něhož se nemění žádné vlastnosti původního vlnění, avšak ten může vést pouze záření o určité frekvenci.

3. Shrnutí

Mikrovlny mají stejnou fyzikální postatu jako světlo, proto mají shodné vlastnosti. Během našeho miniprojektu jsme si ověřili, že tomu tak skutečně je.

Mikrovlny dnes mají široké využití a jsou součástí našeho každodenního života, aniž by si to mnozí z nás uvědomovali. Využíváme je k přenosu dat (TV, satelit), ohřívání potravin – tedy denně používaná mikrovlnka, k hubení škůdců, nebo také k restaurování památek.

Poděkování

Děkujeme organizátorům Fyzikálního týdne, supervizorovi a fakultě FJFI.

Reference:

- [1] ŠAULIOVÁ, J. : *Užitečné mikrovlny* CHEMagazín 2005 roč.15,č.1,
- [2] *Fyzika a chemie mikrovln* <http://home.zcu.cz/~jkohout4/mikrovlny.html> [cit.2009-06-16]
- [3] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY. ÚLOHY FYZIKÁLNÍCH PRAKTIK - MIKROVLNY URL: <http://praktika.fjfi.cvut.cz/Mikrovlny/Mikrovlny.pdf> [cit. 2009-06-16]

Spektrometrie záření gamma

P. Vaníčková- Friedrich Schiller Gymnasium Pirna
V. Spálenský- MSŠCH Praha
J. Slížek- Gymnázium Děčín
M. Culek- Gymnázium Děčín

Abstrakt

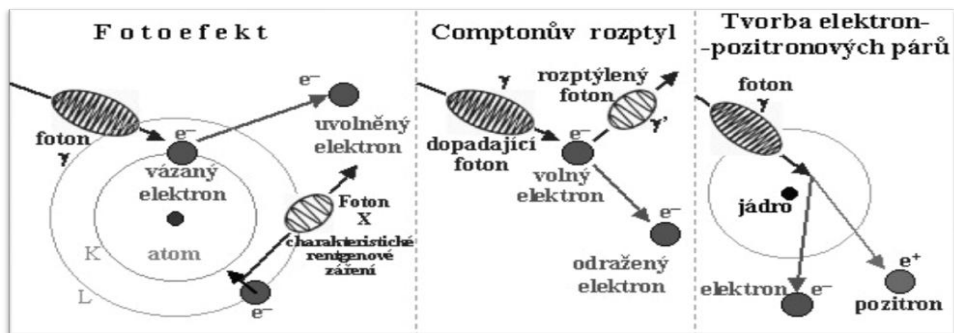
Gama záření je elektromagnetické vlnění vznikající při α a β rozpadu jader. Je ze všech druhů záření zdaleka nejpronikavější. Samotná gama spektroskopie se používá při dozimetrii a jaderné fyzice. My jsme k jeho detekci používali scintilátor. Dá se také použít polovodičový detektor, ale práce s ním je na delší dobu. Na projektu jsme měli k dispozici zářiče: cesium (^{137}Cs), kobalt (^{60}Co), Americium (^{241}Am), baryum (^{133}Ba) a taky neznámý radionuklid, který se později ukázal jako sodík (^{22}Na).

1. Úvod

Naší prací bylo s pomocí scintilátoru a dalších zařízení zjistit jaké záření vydávají dané radionuklidy. A pak s pomocí internetové databáze zářičů určit, jaký neznámý izotop obsahovala nádobka. K měření jsme dostali čtyři známé zářiče a jeden neznámý, který jsme měli určit s pomocí supervizora a získaných znalostí.

2. Teorie

Jak již bylo řečeno záření gama je elektromagnetické vlnění, které vzniká při α a β rozpadu jader do vyšších excitovaných hladin. A při následné deexcitaci se uvolní přebytečná energie ve formě gama fotonu. Atom se tím vrátí do základního stavu. Samotné gama záření nejsme schopni zachytit, proto ho převádíme na nabitě částice, které již dokážeme zachytit. K tomuto převodu využíváme, tři jevů ve fyzice: Fotoelektrického jevu, Comptonova rozptylu a vzniku elektron-pozitronového páru.

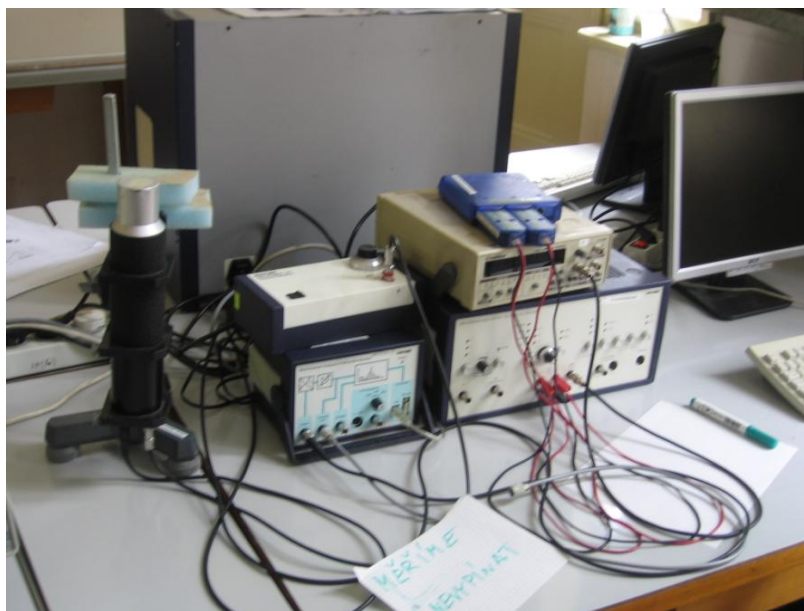


3. Scintilační detektor

Scincilátor je součást detektoru gama záření. Jde v podstatě o krystal NaI s příměsí Thalia. Zde se právě využívají výše zmíněné fyzikální jevy. Jak scincilátor funguje? Do krystalu vletí gama foton a interaguje s elektrony v obalech jader. Zde v závislosti na energii fotonu proběhne buď fotoelektrický jev, Comptonův rozptyl anebo vznikne elektron-pozitronový pár. Ze všech těchto efektů se uvolňuje elektron, který excituje do vyšších hladin elektrony vázané v mřížce krystalu. A ty při deexcitaci vyzařují viditelné světlo nebo UV záření po případě ve velmi vzácných případech i IR záření. Tyto druhy záření již dokážeme zachytit, avšak tento signál je stále velmi slabý. K zesílení slouží další přístroje (fotonásobiče, zesilovače, lavinové diody).

4. Zpracování signálu

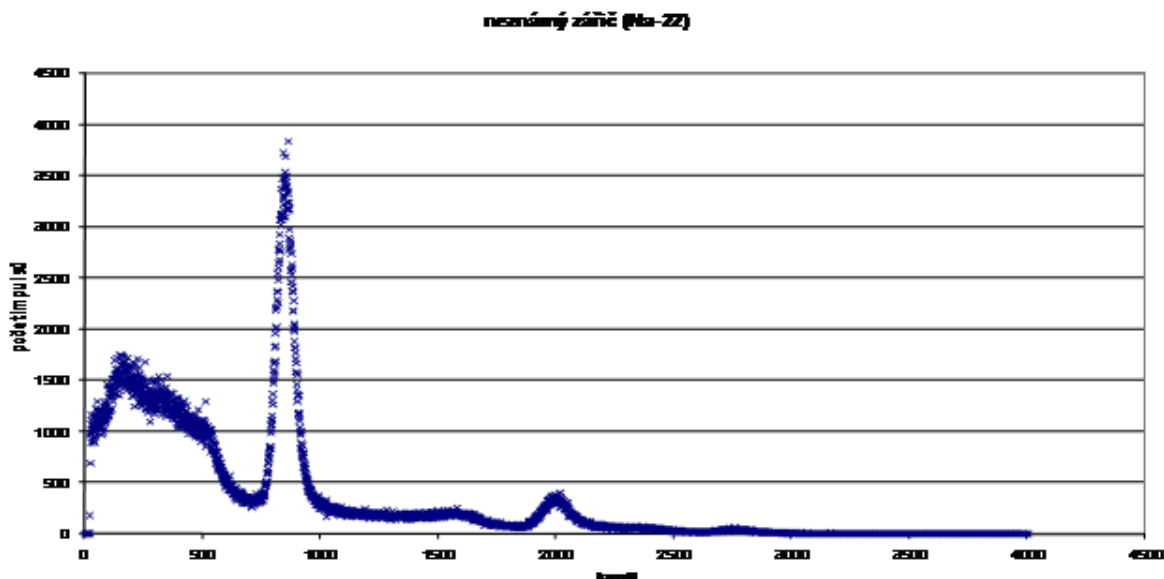
Zesílený signál přivedeme do multikanálového analyzátoru, ten nám signál rozloží na jednotlivé kanály podle výšky pulzů. Každý kanál znamená jinak silný pulz, ty se pak na sebe sčítají a tím se skládá samotné spektrum gama záření. To již vidíme na obrazovce počítače za použití programu na vyhodnocování spektra.



Námi používaná aparatura (zleva scincilátor s fotonásobičem, multikanálový analyzátor a počítač na vyhodnocení)

5. Postup našeho měření

Umístili jsme zářič ve speciálním pouzdře, které nám vyndal náš supervizor ze speciálního stíněného trezoru, který brání ozařování laborantů, na scincilátor. Postupně jsme zapnuli všechny přístroje a kliknutím spustili program. Na ploše monitoru se nám začalo vykreslovat spektrum příslušného radionuklidu: cesium (^{137}Cs), kobalt (^{60}Co), americium (^{241}Am), baryum (^{133}Ba)+ neznámý zářič. Konečná spektra a hodnoty z nich vyčtené jsme porovnali s databází na internetu. Předtím jsme však museli celou soustavu nekalibrovat. A to s pomocí cesia, kobaltu a americia.



6. Naše výsledky:

Hodnoty zveřejněné v internetové databázi souhlasily s námi naměřenými energiemi. Neznámý zářič se ukázal být izotopem sodíku ^{22}Na

7. Závěr

Scintilátor není vhodný pro přesnou spektroskopii gama záření (šířka píků), jediná jeho výhoda spočívá v rychlosti měření. Avšak nám posloužil dobře, díky němu jsme identifikovali neznámý zářič.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Miroslavu Krůsovi, organizátorům Fyzikálního týdne, FJFI ČVUT v Praze, našim rodičům, přátelům a profesorům.

Reference

<http://nucleardata.nuclear.lu.se>

J. Gerndt: Detektory ionizujícího záření 1994 Vydavatelství ČVUT Praha

M. Krůs: Soukromá komunikace 2009

<http://cs.wikipedia.org/> heslo Záření gama

Zeemanův jev

Michael Jirásek; Jan Vejmla
Gymnázium Český Brod, Vítězná 616
SPŠE V Úžlabině 320, Praha 10

m.jirasek@seznam.cz; vejmla.jan@seznam.cz

Abstrakt:

Zeemanův jev je významný fyzikální jev, který byl objeven holandským fyzikem Pieterem Zeemanem roku 1896. Jedná se o štěpení energetických hladin elektronů ve vnějším magnetickém poli. Velikost tohoto štěpení v závislosti intenzitě pole popisuje konstanta *Bohrův magneton*, kterou jsme experimentálně určili.

1 Úvod

Pieter Zeeman roku 1896 pozoroval nestandardní chování spekter atomů je-li zdroj záření vložen do silného magnetického pole. Při zkoumání jevu zjistil, že energetické hladiny jsou závislé na vnějším magnetickém poli, a že energie potřebná pro přechod mezi hladinami je odlišná od stavu, kdy se atom nenachází v magnetickém poli.

2 Teorie

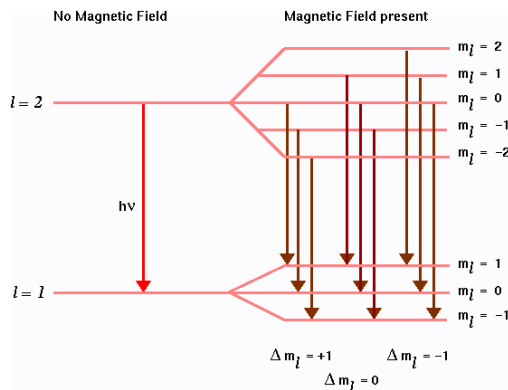
Pokud jsou elektrony excitovány, pak při deexcitaci vyzáří kvantum energie o určité vlnové délce (viz. levá část obr.1). Tyto vlnové délky jsou specifické pro daný prvek. Ovšem pokud zdroj záření umístíme do silného magnetického pole, dojde k rozštěpení energetických hladin (viz. pravá část obr.1). Je to způsobeno interakcí mezi magnetickým polem vyvolaném pohybem elektronu a vnějším magnetickým polem. Elektrony tak mají možnost nabýt širšího spektra energií. Příslušné hladiny jsou dány magnetickým kvantovým číslem. Při přechodech mezi hladinami jsou přípustné pouze změny stavu, kde se magnetické kvantové číslo mění o +1, 0, -1. Ostatní přechody jsou zakázané. To se projeví vznikem nových spektrálních čar v blízkosti čar původních. Rozdíl energie mezi stavem m_L a m_{L+1} je přímo úměrný magnetické indukci B podle vztahu:

$$\Delta E = -\mu_B B \quad (1)$$

Kde μ_B je tzv. Bohrův magneton. Ten lze určit teoreticky jako:

$$\mu_B = \frac{he}{-4\pi m_e} \quad (2)$$

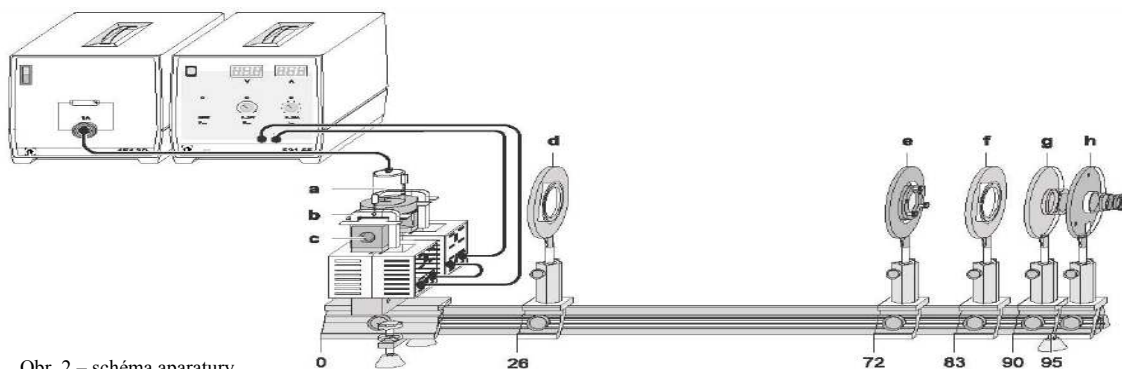
kde h je Planckova konstanta, e je elementární náboj a m_e je hmotnost elektronu.



Obr. 1 – Rozštěpení energetických hladin

Experimentální aparatura:

Bohrův magneton jsme experimentálně zjišťovali pomocí aparatury znázorněnou na obr.2.

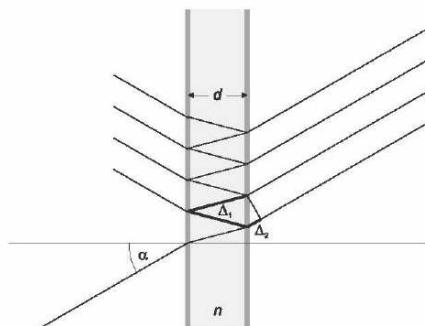


Obr. 2 – schéma aparatury

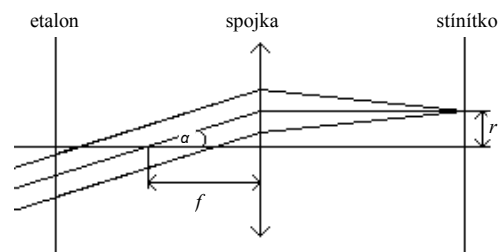
- a Kadmiová výbojka
- b Svorky
- c Magnetické póly
- d Spojná čočka, $f = 150\text{mm}$
- e Fabry-Perotův etalon
- f Spojná čočka, $f = 150\text{mm}$
- g Barevný filtr (červený)
- h Mikroskop resp. kamera videocom

Fabry-Perotův etalon:

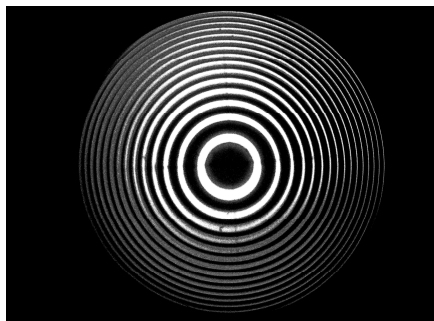
Etalon je zařízení sloužící k vytvoření interferenčních obrazců, fungující na principu několikanásobného odrazu (viz. obr. 3). Paprsky z etalonu je třeba usměrnit do jednoho bodu, tak, aby vznikly interferenční obrazce ve tvaru kružnic. Z jejich poloměrů a ze známé ohniskové vzdálenosti čočky f pak lze spočítat úhel, pod kterým etalon paprsky propouští a tím i jejich vlnovou délku (viz rovnice 3 a 4). Na obr. 6 lze pozorovat změnu, která nastane v důsledku působení vnějšího magnetického pole.



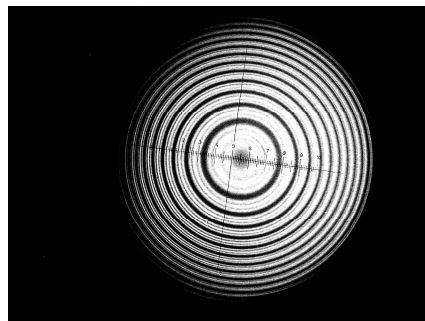
Obr.3 – schéma průchodu paprsků F-P. etalonem



Obr. 4 – zjednodušené schéma trajektorie paprsků po průchodu etalonem



Obr.5 – spektrální čáry



Obr.6 – rozštěpené spektrální čáry

Abychom byli schopni určit energetický rozdíl (ze vztahu 1) stavu m_L a m_{L+1} je nutné znát vlastnosti Fabry-Perotova etalonu. Známe-li je, je možné odvodit podmínku interference

$$k\lambda = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \quad (3)$$

(d – tloušťka etalonu, n – index lomu skla etalonu, α – úhel dopadu paprsku, k – řád interference).

Úhel dopadu jsme schopni určit z poloměru interferenčních kružnic (který měříme) a ohniskové vzdálenosti spojné čočky podle vztahu (viz. obr. 4):

$$\alpha = \arctg \frac{r}{f} \quad (4)$$

Poté již stačí udělat rozdíl vlnové délky stavu m_L a m_{L+1} a přepočítat na energii podle vztahu:

$$\Delta E = hc \left(\frac{1}{\lambda_{mL}} - \frac{1}{\lambda_{mL+1}} \right) \quad (5)$$

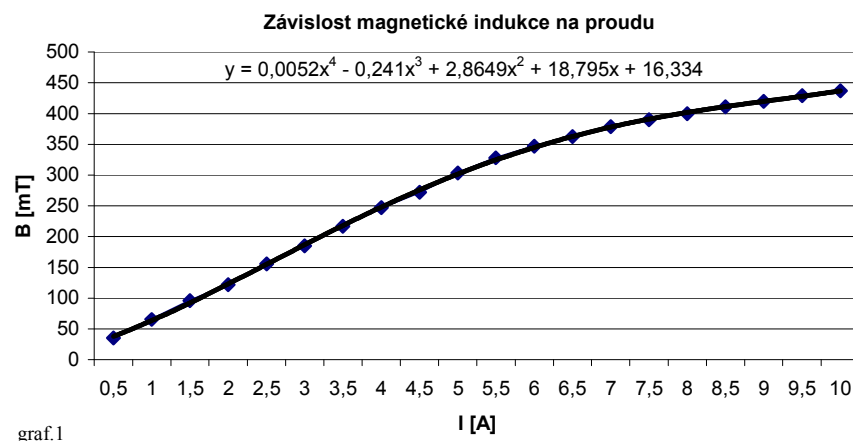
(h – Planckova konstanta, c – rychlost světla)

3 Měření

Postup měření:

1. Změřili jsme závislost magnetické indukce **B** na proudu **I** protékající cívkami
2. Připravili jsme aparaturu k měření
3. Provedli jsme vlastní měření s kadmiovou výbojkou
4. Vyhodnotili jsme výsledky měření

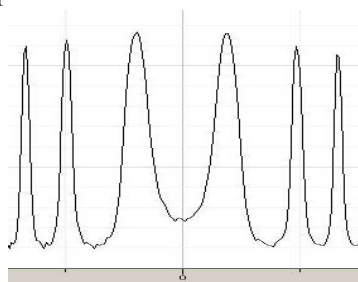
Závislost B na I:



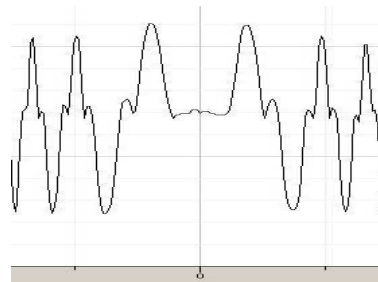
Námi naměřené hodnoty dávají spojitou funkci, ale její přesný zápis, by bylo obtížné vypočítat. Proto jsme naměřené hodnoty proložili polynomem 4. stupně.

Měření vlnové délky:

Vlnovou délku jsme měřili pomocí kamery videocom, která zaznamenávala intenzitu záření v závislosti na poloměru interferenčních kružnic. Píky na obr.7 znázorňují interferenční kružnice. Minoritní píky u hlavních píků na obr.8 znázorňují rozštěpení energetických hladin magnetickým polem.



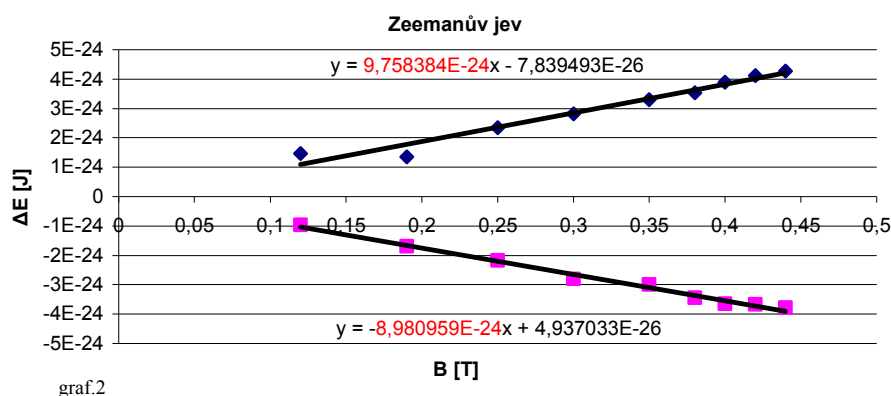
Obr. 7 – záznam spektra bez mag. pole



Obr. 8 – záznam spektra při rozštěpení

Výsledky měření:

Provedli jsme měření pro rozdílně silná magnetická pole a do grafu jsme zaznamenali pro každé pole změnu energie mezi stavy m_L a m_{L+1} . Zjištěné body jsme proložili přímkou jejíž směrnice (vyznačená červeně) je hledaný Bohrov magneton (viz rovnice 1).



Teoretická hodnota Bohrova magnetonu je:

$$\mu_B = 9,274 \cdot 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$$

Námi změřené hodnoty jsou:

$$\mu_B = 9,758 \cdot 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$$

$$\mu_B = 8,981 \cdot 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$$

Pozn.: Pro určení průměru a odchylky je hodnot příliš málo.

4 Závěr

Námi zjištěný Bohrov magneton se liší od teoretické hodnoty v průměru o 1%, což můžeme považovat za velice přesné měření.

Poděkování

FJFI za projevenou důvěru

Supervizorovi za péči a pomoc

Reference:

- [1] POSPÍŠIL, V.: *JDP3_Fyz_09_Atomova_jaderna_fzyika.ppt*, 2009, snímky14-23
- [2] LEYBOLD DIDACTIC GMBH.: *Observing the normal Zeeman effect in transverse and longitudinal configuration*, Leybold Didactic GmbH
- [3] <http://wikipedia.org>

Experimenty s Lasery

M. Brable (br.martin@seznam.cz), M. Michl (terro@atlas.cz),
A. Mrkvička (mrkevse@seznam.cz), L. Těsnohlídková (l.tesno@seznam.cz)
KF FJFI ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha 1

Abstrakt

V tomto článku, se zabýváme zkoumáním laserového světla. Experiment má za úkol zjistit, jestli je laserové světlo koherentní, polarizované a monochromatické. Dále zkoumáme interferenci a vlnovou délku. Pomocí interference počítáme rozměry kruhového otvoru a šířku úzké štěrbin.

1 Úvod

V současné době má laserové záření širokou škálu uplatnění, od odstraňování mateřských znamének a úpravu zrakových vad, přes měření vzdáleností, až po holografii. Pomocí laseru též můžeme změřit rozměry malých otvorů a štěrbin, k čemuž se využívá difrakce. (<http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2000/web/2000/laser.html>)

2 Základní pojmy

2.1 Světlo

Světlo, část elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou v rozmezí od 400 nm do 750 nm, lze popsat Maxwellovými rovnicemi. Z linearity těchto rovnic vyplývá možnost superpozice světelných vln. Abychom mohli pozorovat interferenční obrazce, musí být splněna podmínka koherence. Takové vlastnosti nabízí např. laserové záření. (lasery a moderní optika)

2.2 He-Ne Laser

He-Ne Laser se skládá ze skleněné trubice, obsahující směs helia a neonu. Elektrickým výbojem dojde k excitaci atomů helia, které následně excitují atomy neonu. Atomy neonu velmi rychle (10^{-8} s) přecházejí do metastabilního stavu, ze kterého trvá samovolný přechod elektronů na stabiní hladinu mnohem déle. Díky tomu se hromadí velké množství elektronů na vyšší metastabilní hladině, dochází k takzvané **populační inverzi**, kdy je více elektronů na vyšší hladině. Pak stačí, aby jediný foton interagoval a velké množství elektronů přejde na nižší hladinu za vyzáření odpovídajícího množství fotonů - dochází ke **stimulované emisi**. Takto vznikající světlo je koherentní, lineárně polarizované a vysoce monochromatické.

Pomocí zrcadel umístěných na koncích trubice se množství fotonů dále zvyšuje a systém se dostává do rezonance. V atomu Neonu je velké množství energetických hladin, na

které mohou elektrony stimulovaně přecházet, proto využitím speciálních mnohovrstvých zrcadel, které odrážejí jen určitou vlnovou délku, je možné stimulovat jen určité přechody. Můžeme tak získat laserové světlo vlnové délky 632.8 nm, 594 nm nebo 543.5 nm.

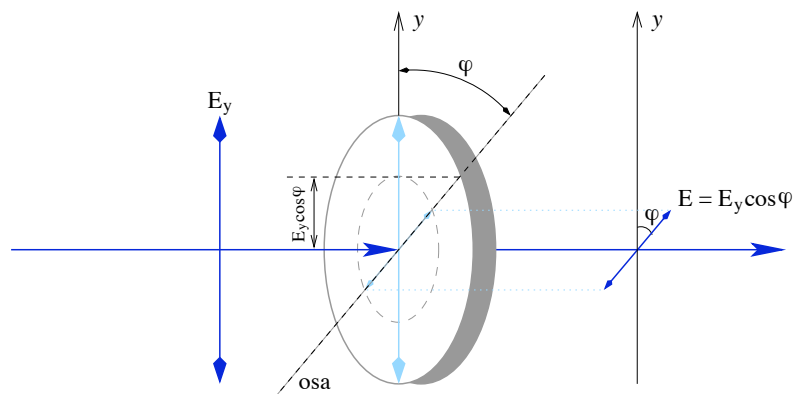
2.3 Interference

Interference je vzájemné ovlivňování koherentních elektromagnetických vln. Na základě linearity Maxwellových rovnic je možno počítat elmag. vlny pomocí principu superpozice. Obrazce se skládají z maxim a minim, tedy míst s vyšší a nižší intenzitou záření.

3 Experimenty

3.1 Polarizace světla

Elektromagnetické vlnění je mimo jiné charakterizováno směrem vektoru kmitání elektrické složky záření. Jestliže mluvíme o lineárně polarizovaném záření, pak tento vektor kmitá v jediné rovině, která se nemění. Pokud otáčíme polarizačním filtrem, skrz který necháme procházet polarizované světlo, mění se intenzita prošlého světla. Obrázek 1 ilustruje tzv. Malusův zákon

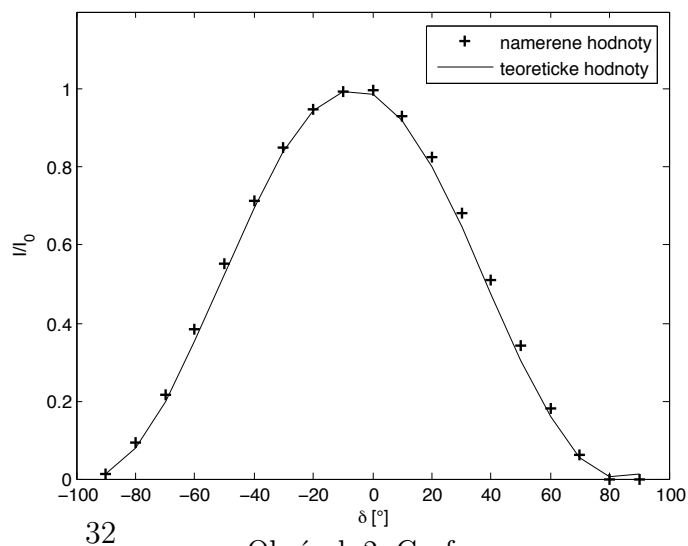


Obrázek 1: Malusův zákon

$$I = E^2 = E_0^2 \cos^2 \delta, \quad (1)$$

který popisuje intenzitu I světla prošlého skrz polarizační filtr, jehož osa je pootočená oproti vektoru intezity dopadajícího světla o úhel δ .

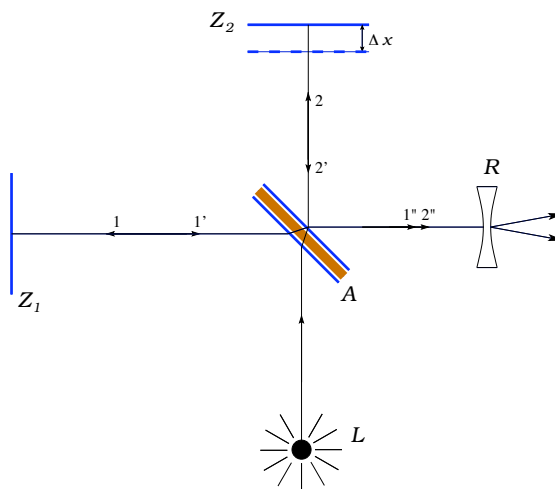
Přes polarizační filtr jsme nechali procházet svazek laserového záření na fotodiodu připojenou k voltmetru. Na voltmetru jsme následně odečetli hodnoty generovaného napětí při otáčení polarizačním filtrem (viz. graf na obrázku 2). Z grafu je vidět, že naměřené hodnoty korespondují s předpokládanými hodnotami vycházejícími z Malusova zákona. Z toho můžeme usoudit, že laserové světlo je lineárně polarizované.



Obrázek 2: Graf

3.2 Michelsonův Interferometr

Paprsek ze zdroje L dopadá na polopropustnou skleněnou destičku, kde se dělí na paprsky 1 a 2. Paprsek 1 se odrazí od zrcadla Z_1 (odražený paprsek označen 1') a po průchodu destičkou dopadá na stínítko, kde interferuje s paprskem 2' odraženým od zrcadla Z_2 . Před stínítkem je umístěna čočka (rozptylka R), která zvětšuje interferenční obrazec. Pokud jsou vzdálenosti zrcadel od destičky stejné, budou stejné i dráhy paprsků a na stínítku se interference zesílí. Když změníme vzdálenost druhého zrcadla od destičky, dráhový rozdíl paprsků způsobí vznik interferenčních obrazců. Vzniknou interferenční maxima a minima. Tento interferometr se používá k určení vlnové délky použitého světla, nebo k měření extrémně malých vzdáleností.



Obrázek 3: Michelsonův interferometr

Vlnovou délku lze určit ze vztahu

$$\lambda = \frac{2s}{N} \quad (2)$$

Posouvali jsme jedním zrcadlem a pozorovali změnu interferenčního obrazce. Docházelo k posunu proužků. Zvolili jsme si na stínítku jeden bod, posouvali zrcadlo pomocí mikrometrického šroubu a počítali tmavé interferenční proužky, které prošly přes zvolený bod. V tabulce 1 jsou výsledky několika měření pro 30 proužků. $N=30$ (počet interferenčních minim)

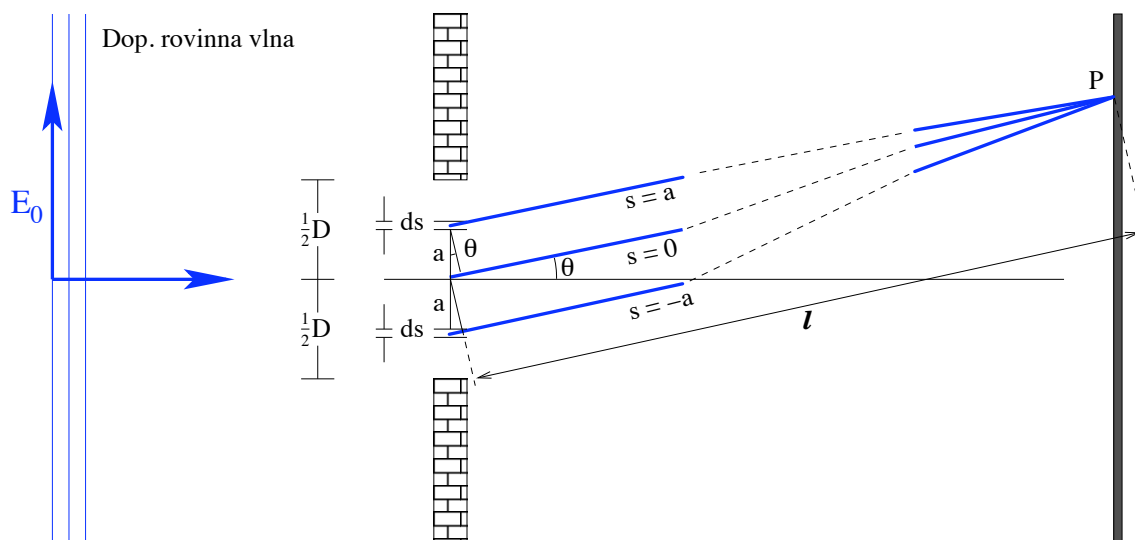
s...dráha posunutí zrcátka

s [μm]	λ [nm]
10.2	680
9.7	647
10.5	700
10.0	667

Tabulka 1: Měření vlnové délky laserového světla pomocí Michelsonova interferometru. V levém sloupci je dráha, kterou jsme naměřili mikrometrickým šroubem, po napočítání 30 proužků

3.3 Měření šířky otvoru

Pro tento experiment potřebujeme zdroj koherentního světla (laser), otvor malých rozměrů a stínítko. Jestliže otvorem prochází světlo, na stínítku za otvorem se tvoří interferenční obrazec. Pokud známe optickou dráhu (vzdálenost otvoru od stínítka) a rozměry interferenčního obrazce, můžeme určit rozměry daného otvoru.



Obrázek 4: Fraunhoferův ohyb světla na štěrbině

3.3.1 Měření šířky štěrbin

Štěrbinu konečné šířky D můžeme díky Huyghensově principu rozdělit na nekonečně mnoho nekonečně malých bodů šířky. Pokud na štěrbinu dopadají rovinné vlny monochromatického světla (viz obrázek 4), tak každý takový kousek můžeme považovat za elementární zdroj. Paprsky pocházející z těchto zdrojů budou vůči sobě fázově posunuté, takže na stínítku P budou vytvářet interferenční obrazec. Příspěvky těchto zdrojů zintegrujeme a výsledná intenzita v bodě P bude:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\sin^2(jkD \sin \theta)}{(\frac{1}{2}jkD \sin \theta)^2} \quad (3)$$

kde I_0 je intenzita centrálního maxima při $\theta = 0$. Pro minima funkce (3) platí

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{D} \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad \sin \theta = \frac{d}{2L} \quad (4)$$

kde

d ...vzdálenost interferenčních

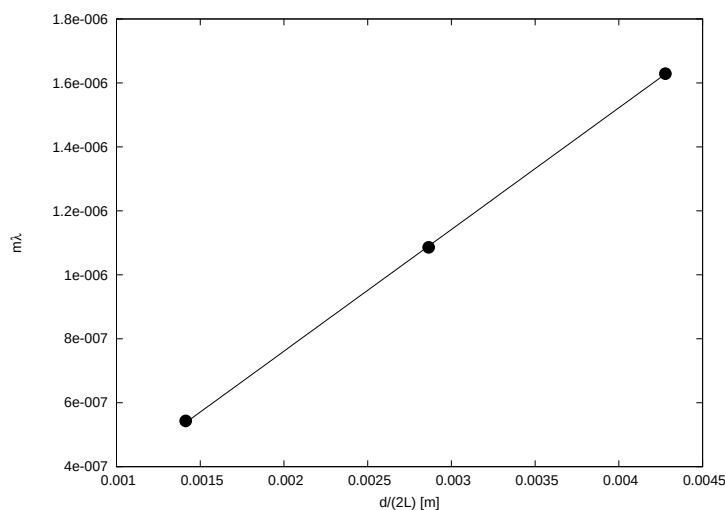
minim

D ...šířka štěrbin

L ...optická vzdálenost.

Naneseme-li do grafu na osu x naměřené hodnoty $\frac{d}{2L}$ a na osu y hodnoty $\frac{m}{\lambda}$, pak D určíme jako směrnici vzniklé přímky (viz obrázek 5)

$$D = 0.3806 \pm 0.00088 \text{ mm}$$



Obrázek 5: Graf štěrbin

3.3.2 Kruhový otvor

Tak jako jsme si v předchozím odstavci mohli štěrbinu konečné šířky představit jako nekonečně mnoho nekonečně malých bodů, tak si kruhový otvor můžeme představit jako nekonečně mnoho štěrbin, které se rozšiřují a zužují podle funkce $2\sqrt{R^2 - s^2}$, kde R je poloměr kruhového otvoru a s vzdálenost od středu. Díky symetrii kruhového otvoru tak můžeme počítat příspěvky

$$dE = E_0 \frac{2\sqrt{R^2 - s^2}}{\pi R^2} ds \quad (5)$$

horizontálních elementárních štěrbin.

$$E = \frac{2E_0 e^{j\omega t - kl}}{\pi R^2} \int_{-R}^R e^{(jks \sin \theta) \sqrt{R^2 - s^2}} ds \quad (6)$$

Imaginární část integrálu je lichou funkcí s a díky symetrii horní a dolní meze rovna 0. Po substitucích

$$\sin \theta = \frac{C\lambda}{R} \quad u = \frac{s}{R} \quad (7)$$

dostaneme integrál do tvaru

$$J(C) = \int_{-1}^1 \sqrt{1 - u^2} \cos(2\pi C u) du$$

což je eliptický integrál, který nemá primitivní funkci. K nalezení minima funkce (6) ale stačí řešit (numericky) integrální rovnici $J(C) = 0$. Algoritmus, který je napsán v programu Matlab je na příloženém CD. Výsledek řešení je na obrázku 6. Při měření jsme na stínítku pozorovali soustavu světlých a tmavých kroužků. Použili jsme žlutý a zelený laser. Měřili jsme průměry tmavých interferenčních kroužků (1. až 5. kroužek) a dosazovali je do vztahu (7), kde hodnoty C_1 až C_5 pro 1. až 5. kroužek jsou určeny řešením $J(C) = 0$:

$$C_1 = 0.6102, C_2 = 1.169, C_3 = 1.6194, C_4 = 2.1208, C_5 = 2.6216$$

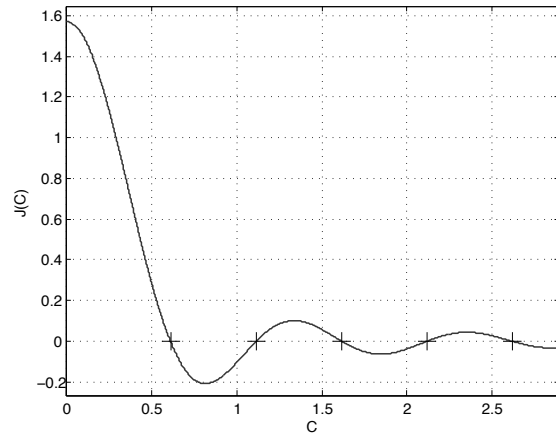
Stejně jako v případě štěrbin jsme nanášeli do grafů pro zelený a žlutý laser hodnoty $d/4L$ na osu x a

$C\lambda$ na osu y

a počítali směrnici vzniklé přímky, která odpovídá průměru kruhového otvoru D . Výsledky jsou

$$D = 0.996 \pm 0.0012 \text{ u žlutého a } R = 1.0051 \pm 0.00596 \text{ u zeleného laseru.}$$

Je vidět, že chyba měření u zeleného laseru je vyšší, neboť menší interferenční kroužky způsobené kratší vlnovou délkou se hůře měřily.



Obrázek 6: Graf besselovy funkce $J(C)$ v závislosti na C . Křížky označují místa, kde $J(C)$ protíná osu y

4 Shrnutí

Měření potvrdilo, že laserové světlo je monochromatické, lineárně polarizované a koherentní. Díky jeho koherenci je možno pozorovat interferenční jevy a s pomocí těchto jevů (měření rozměrů interferenčních obrazců) měřit rozměry malých otvorů.

Poděkování

Děkujeme Katedře fyziky FJFI ČVUT za finanční podporu a poskytnutí technického zázemí a našemu konzultantovi Davidovi Tlustému za vedení tohoto projektu.

Reference

- [1] M. Vrbová *Lasery a moderní optika* (Prometeus, Praha 1994)
- [2] Arthur Beiser *Úvod do Moderní fyziky* (Academia, Praha 1975)
- [3] Blum, Roller *Physics, Volume 2* (Holden-Day, San Francisco 1982)

Studium rentgenových spekter Cu a Mo anody

Miroslav Michlíček, Gymnázium Vyškov

exodusf@centrum.cz

abstrakt

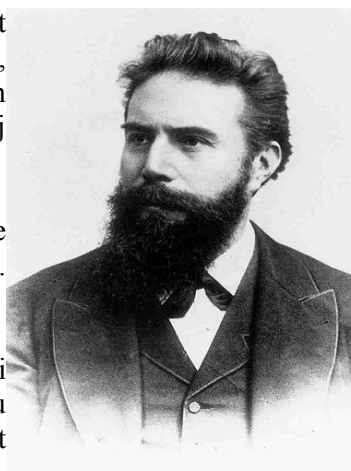
Cílem práce bylo seznámit se s rentgenovým spektrem mědi a molybdenu a určit Planckovu konstantu. Měření probíhalo na rentgenovém krystalovém spektrometru PHYWE, s krystalem LiF.

1 Úvod

Rentgenové záření (v anglické literatuře X-rays) je část elektromagnetického spektra s vlnovou délkou 10^{-8} až 10^{-10} m, bylo objeveno roku 1895 německým fyzikem W. C. Röntgenem (1845 - 1923) při zkoumání tzv. katodových paprsků. Za svůj objev získal v roce 1901 Nobelovu cenu.[3]

Tvrdé rentgenové paprsky se energeticky překrývají se spektrem γ záření, zpravidla se rozlišují podle svého původu, tj. rentgenové záření pochází z obalu atomu a γ záření z jádra.

Využití nachází zejména při lékařské diagnostice, ale také při defektoskopii a rentgenové fluorescenci. Oproti viditelnému spektru mají velkou energii a jako ionizující záření mohou být zdraví nebezpečné. [4]



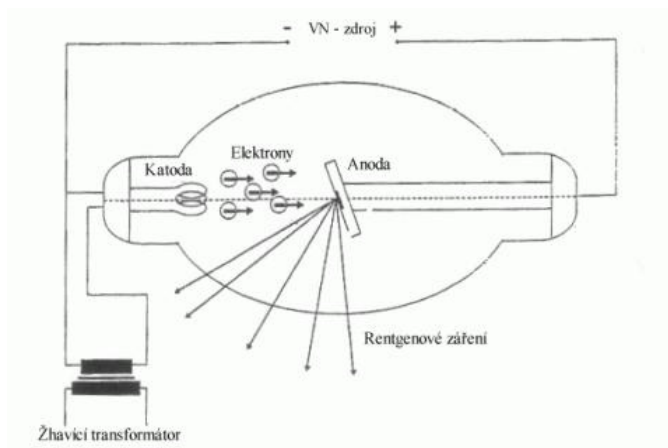
Obr. č. 1: W. C. Röntgen

2 Teoretická část

Běžně se jako zdroj rentgenového záření používají rentgenky. Elektrony, které unikají termoemisi ze žhavené katody, jsou vysokým napětím v řádech desítek kV urychlovány k anodě, kde ztrácejí při srážkách s materiálem anody energii. Vznikají fotony až do energie $E_{\max}=eU$. Záření vzniká dvěma způsoby.

Spojité rentgenové záření

Spojité rentgenové záření vzniká interakcí urychlených elektronů s hmotou. Při takovýchto srážkách se většina energie elektronů mění v teplo a jen z velmi malé části vzniká rentgenové záření. Principem vzniku spojitého spektra je tzv. brzdné záření. To vzniká vždy když nabitá částice zrychluje a je vysvětleno i klasickou elektrodynamikou. Při interakci s atomy a jádry jednotlivé elektrony různě mění směr díky coulombickým silám okolních elektronů a atomového jádra, a tedy i vyzařují. Spektrum je spojité, protože letící elektron může změnit dráhu prakticky jakkoli. Takového spektrum má oproti rozložení spektra žhnoucího tělesa výrazný rozdíl, končí energií $E_{\max}$, která přísluší energii elektronů.

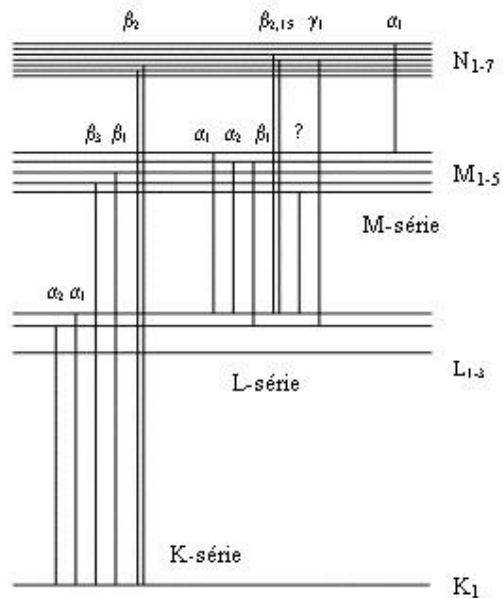


Obr. č. 2: schematický nákres jednoduché rentgenky

Diskrétní rentgenové záření

Dalším možným způsobem interakce mezi urychlenými elektrony a anodou je fotoefekt. Urychlený elektron může vyrazit elektrony z nízké energetické hladiny atomu například K,L, čímž ho ionizuje nebo excituje. Ionizovaný atom velmi rychle přechází do stavu s nižší energií, tedy elektron z vyšší energetické hladiny (L,M) spadne do hladiny nižší a přebytečnou energii vyzáří ve formě fotonu.[1]

Vyzářený foton má charakteristickou vlnovou délku příslušející rozdílu energií hladin. Toto rozdělení závisí na protonovém čísle atomu a můžeme tedy určit z jakého atomu byl vyzářen.



Obr. č. 3: energetické hladiny v atomu a přechody mezi nimi

Difrakce na krystalu

Kvůli velmi malé vlnové délce rentgenového záření není možné sestavit mřížky, na kterých by rentgenové záření interferovalo, používají se proto krystaly, jejichž mřížková konstanta řádově odpovídá vlnové délce rentgenového záření.

Braggova rovnice popisuje rozptyl rentgenového záření na krystalu, vychází z popisu interference na jednotlivých rovinách krystalové mřížky a matematicky lze zapsat:

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

kde n je řád interferenčního maxima a ν je poloviční uhel rozptylu

Z rovnice vyplývá že pro monochromatické záření by vzniklo jen několik výrazných maxim a při malé změně úhlu by intenzita rychle klesala. Toto lze využít při konstrukci spektrometrů. Ze vzorce vyplývá, že úhel záleží na vlnové délce λ , tedy při dodržení Braggovy podmínky změnou úhlu proměříme spektrum rentgenového záření. Pro elektromagnetické záření platí :

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

a tedy závisí úhel rozptylu na energii dopadajícího záření

$$\sin \nu = \frac{nhc}{2dE}$$

3 Experimentální část

Aparatura

K měření jsem použil aparaturu PHYWE, která se skládá z rentgenky, s nastavitelným napětím 0 – 35 kV, krystalu LiF s mřížkovou konstantou $d=201$ pm, na kterém dochází k rozptylu a z goniometru s krokovým motorkem (slouží k měření úhlů). K měření intenzity záření slouží Geiger-Müllerův čítač umístěný na rameni goniometru. Mezi rentgenkou a krystalem je kolimátor, který ze záření rentgenky propouští jen úzký rovnoběžný svazek. K dispozici byla měděná a molybdenová anoda.

Měření

Nejdříve jsem s měděnou anodou naměřil četnost rentgenového záření v závislosti na úhlu otočení . Tabulkové hodnoty rozdílů energetických hladin jsem přepočítal na úhly ν . Po srovnání s experimentálními daty se ukázalo, že goniometr má posunutou nulovou hladinu o 2,6 stupně. Po kalibraci se hodnoty téměř přesně shodovaly s tabulkovými.

	$K_{\alpha 1}$	$K_{\alpha 2}$	K_{β}	L_{α}
Cu	8047 eV	8027 eV	8905 eV	929 eV
Mo	17479 eV	17374 eV	19608 eV	2293 eV

Tabulka č. 1: tabulkové hodnoty pro rozdíly energetických hladin

Po kalibraci jsem začal s měřením maximální energie $E_{\max}$, této energii odpovídá úhel φ označený v grafu č. 2. Z výše uvedených vztahů obecně pro ν vyplývá:

$$\sin \varphi = \frac{nhc}{2deU}$$

Protože známe součin $\sin \varphi$ a U můžeme určit velikost Planckovy konstanty:

$$h = \frac{2Ude \sin \varphi}{c}$$

Naměřil jsem hodnoty a dopočítal Planckovu konstantu:

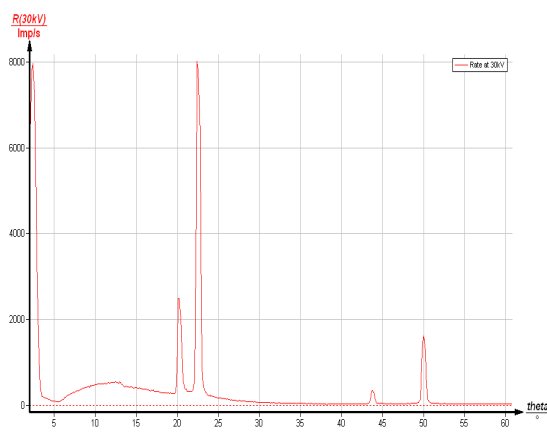
U [V]	φ / [°]	h / [Js]
30000	5,3	$5,96 \cdot 10^{-34}$
25000	6,4	$5,99 \cdot 10^{-34}$
20000	8,2	$6,14 \cdot 10^{-34}$
15000	11,4	$6,38 \cdot 10^{-34}$

Tabulka č. 2: Měření

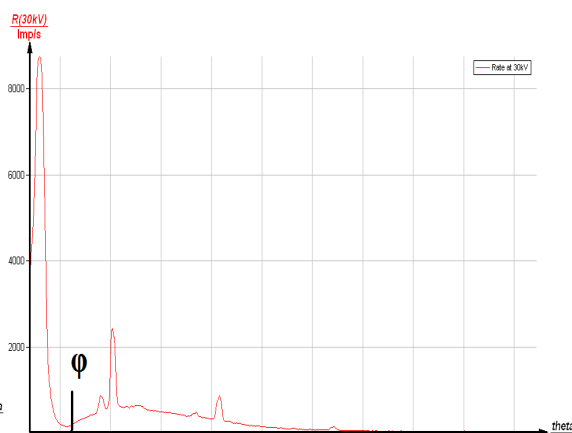
Rentgenové spektrum

Další částí mé práce bylo seznámit se s rentgenovým spektrem mědi a molybdenu. Na grafech 1 a 2 je naměřené spektrum pro molybden a měď. První velmi výrazný pík představuje téměř celý svazek, který při nulovém otočení směřuje přímo do detektoru. Po prudkém snížení následuje vzestup, znamenající horní energetickou mez rentgenového záření a za ním pak dva výrazné píky, energetičtější z nich odpovídá K_{β} přechodu a méně energetický K_{α} 1 i 2, tyto hladiny jsou při rozlišení goniometru $0,1^{\circ}$ neoddělitelné (rozdíly $K_{\alpha 1,2}$ odpovídají úhlu $0,05^{\circ}$).

Pro náš použitý krystal LiF o $d = 4,03 \cdot 10^{-10}$, byl pro další L přechody $\sin \varphi > 1$ a tedy je nebylo možné změřit. Další píky jsou pouze druhými (u Mo i třetími) řády interference K přechodů.



Graf č. 1: spektrum mědi s velmi výraznými charakteristickými spektrálními čarami



Graf č. 2: spektrum molybdenu, charakteristické spektrální čáry jsou méně výrazné, ale s LiF byl viditelný i třetí řád

4 Diskuze

Nepřesnosti způsobeny statistickými chybami jsem omezil volbou pětisekundového integračního času. G-M čítač tedy pro každý úhel po $0,1^\circ$ po zvolený integrační čas průměroval počet příslých impulsů, které poté vynášel do grafu. Je tedy zřejmé, že při použití delšího integračního času získáme vyhlazenější graf, kde lze pozorovat například i třetí řád molybdenu. Záření pozadí lze zanedbat, bylo v rozmezí 0 – 2 impulsy za sekundu, což je podstatně méně než průměrný signál, který byl řádu stovek. V případě prvního kalibračního měření se objevila dvakrát krátká chyba, kdy detektor přestal počítat signály a do grafu vynesl 0. Později se však již neopakovala a neovlivnila měření.

Výsledkem měření je dopočítaná Planckova konstanta $h = (6,12 \pm 0,14) \cdot 10^{-34}$ Js, od tabulek se liší asi o 8 %, musím však zdůraznit, že se jí při použití nižšího napětí blížila více. Samozřejmě součin $U \sin \varphi$ musí být konstantní, ale při použití vysokého napětí je φ nižší a velmi špatně se odčítá, z důvodu pozadí vzniklého přímým svazkem. Možným řešením by bylo postupovat po menších napětích a uskutečnit tak daleko více měření.

5 Závěr

Pomocí měření spekter mědi při různých napětích jsem určil velikost Planckovy konstanty na $h = (6,12 \pm 0,14) \cdot 10^{-34}$ Js. Od tabulkové hodnoty $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ [2] se moje hodnota liší asi o 8%, což lze považovat za úspěch. Seznámil jsme se také s některými procesy uvnitř atomu, které se týkají rentgenového spektra a problematikou s tím spojenou.

Rád bych zde poděkoval garantu mého miniprojektu Danielu Krasnickému za seznámení s experimentem a četné rady při měření. Stejně tak bych chtěl poděkovat všem organizátorům Fyzikálního Týdne, FJFI ČVUT a sponzorům za možnost se sem podívat a zkusit si zahrát na vědce.

Literatura

- [1] Podklady pro laboratorní měření na FJFI ČVUT - Studium rentgenových spekter Cu a Mo anody - <http://praktika.fjfi.cvut.cz/MoAnoda/>
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Planckova_konstanta
- [3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_Röntgen
- [4] http://cs.wikipedia.org/wiki/Rentgenové_záření

Termodynamické zákony v praxi

*D. Brožek, **L. Homolová, ***V. Zelenka, ****K. Holanová

*Gymnázium Trutnov, **Gymnázium V. Hlavatého Louny,

SPŠSE a VOŠ Liberec, *Gymnázium Česká Lípa

d.brozek@seznam.cz, LenkaHom@seznam.cz,

vlastimil.zelenka@pzlib.cz, tynaholanova@seznam.cz

Abstrakt:

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

1 Úvod

Termodynamika je obor fyziky, který se zabývá teplem a tepelnými jevy. Sleduje např. jak se stlačením látka zahřeje, jak se dodáním tepla zvýší její teplota apod. Termodynamika tedy zkoumá vzájemné vztahy mezi veličinami, které charakterizují makroskopický stav systému a změny těchto veličin při fyzikálních dějích, které jsou obvykle spojeny s výměnou tepla s okolím soustavy.

Termodynamika je postavena na třech tzv. hlavních termodynamických větách.

- **První termodynamický zákon** - Jeho obsah vyjadřuje zákon zachování energie.
- **Druhý termodynamický zákon** - Vyjadřuje skutečnost, že chladnější těleso nepředává teplo tělesu teplejšímu. Určuje tedy směr předávání tepelné energie.
- **Třetí termodynamický zákon** - Tvrdí, že při absolutní nulové teplotě je míra neuspořádanosti molekul plynu rovna nule.

Ideální plyn

Je dokonale stlačitelný a bez vnitřního tření. Rozměry částic jsou zanedbatelné vzhledem ke vzdálenostem mezi nimi. Částice lze tedy považovat za hmotné body. Kromě srážek na sebe částice nijak nepůsobí. Celková kinetická energie částic se při vzájemných srážkách nemění, tzn. srážky částic jsou dokonale pružné.

Stav látky se popisuje pomocí tzv. **stavových veličin a rovnic**.

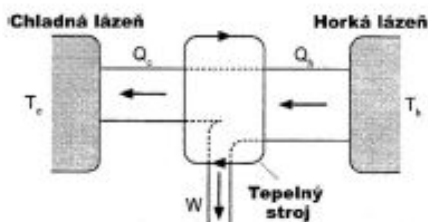
Stavová rovnice ideálního plynu vyjadřuje vzájemnou závislost stavových veličin při termodynamických dějích v ideálním plynu.

Teplotu vypočítáme ze střední kinetické energie ideálního plynu, tlak z objemu, hmotnosti a střední kvadratické rychlosti.

$$pV = NkT$$

p je tlak plynu, V je objem plynu, N je počet částic, k je Boltzmannova konstanta, T je termodynamická teplota.

2 Tepelný stroj na bázi plynu



Obr.1 Schéma tepelného stroje



Obr.2 Aparatura tepelného stroje

Tepelný stroj pracuje tak, že odebírá teplo teplé lázni předává část tohoto tepla chladné lázni. Část energie, kterou nepředá, pak využíváme ke konání práce. Podle zákona zachování energie tedy musí platit:

$$Q_h = Q_c + W$$

W je práce vykonaná plynem, Q_h je teplo přijaté od horké lázně, Q_c je teplo odevzdané studené lázni

Tepelný stroj je tím účinnější, čím více tepla odebraného horké lázni využije. Účinnost je definována:

$$\varepsilon = \frac{W}{Q_h}$$

Každý ideální plyn se řídí stavovou rovnicí. Pro ní platí tyto význačné děje:

- Izotermický děj – teplota plynu je konstantní a mění se pouze objem a tlak

$$pV = konst.$$

- Izochorický děj – objem plynu je stálý a mění se pouze teplota a tlak

$$\frac{p}{T} = konst.$$

- Izobarický děj – tlak plynu se nemění a mění se teplota a objem

$$\frac{V}{T} = konst.$$

- Adiabatický děj – nedochází k tepelné výměně mezi plynem a okolím

$$pV^\kappa = konst.$$

Tepelný stroj jehož pracovní látkou je plyn musí pracovat v uzavřeném cyklu. Typickou ukázkou takového cyklu je Carnotův cyklus, který má ze všech tepelných strojů největší účinnost. Carnotův cyklus se skládá ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů.

Účinnost Carnotova cyklu je dána vztahem:

$$\varepsilon_{carnot} = \frac{Q_h - Q_c}{Q_h} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

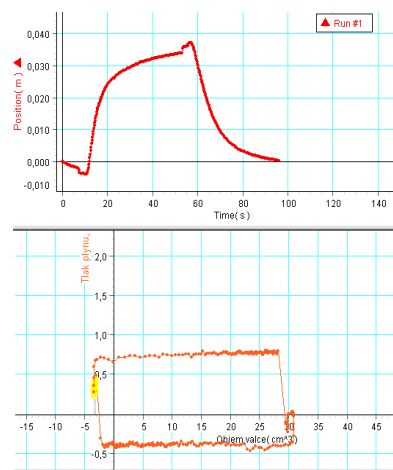
Neexistuje tepelný stroj se 100 % účinností, protože nelze dosáhnout $T_c = 0K$
 Stav plynu zakreslujeme do p-V diagramu. Práci vypočítáme jako obsah pod křivkou.

$$W = \int F \delta s = \int pS \delta s = \int p \delta V$$

Během našeho experimentu nešlo o Carnotův cyklus, nedokážeme dosáhnout ideálních podmínek. Skládá ze dvou izobarických a dvou polytropických dějů.

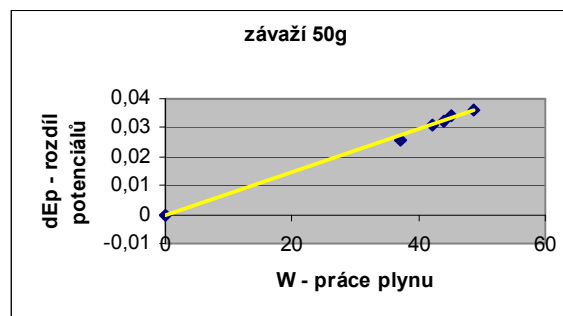
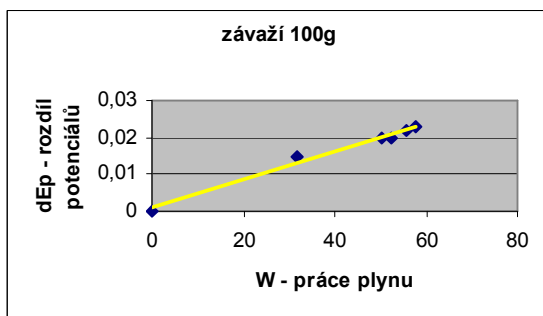
Měření

- 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. Píst konal práci.
- 3) Při sundání závaží se snížil tlak a při opětovném zchlazení se soustava vrátila do počátečního stavu.



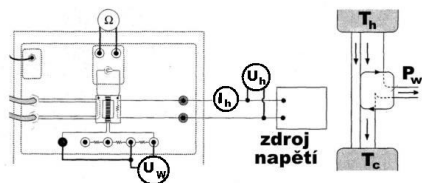
Graf 1

100g		50g	
W	dEp[m]	W	dEp
0	0	0	0
31,9	0,015	37,08	0,026
50,33	0,0199	42,21	0,031
52,24	0,02	48,79	0,036
55,54	0,022	45,08	0,034
57,78	0,023	44,04	0,032

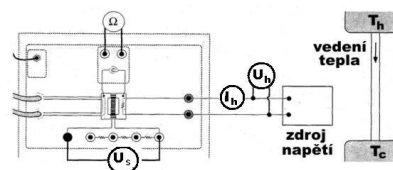


Graf zaznamenávající změny potenciální energie v závislosti na práci plynu. Práce vykonaná plynem se liší v závislosti na hmotnosti závaží, protože čím těžší závaží položíme na píst, tím větší je tření mezi pístem a stěnou válce a dochází k většímu úniku plynu kvůli nedokonalé izolaci.

3 Peltierův aparát



Obr. 3 Schéma Peltierova aparátu se zapojeným tepelným strojem



Obr. 4 Schéma Peltierova aparátu s odpojeným tepelným strojem

Je to další příklad tepelného stroje. Je to zařízení na přeměnu tepelné energie na energii elektrickou nebo naopak. Obdobně jako tepelné stroje na bázi plynu pracuje se dvěma lázněmi (horká, studená). Horká lázeň je materiál zahříváný elektrickým přístrojem. Studená lázeň je ochlazována proudící ledovou vodou.

Pro účinnost Peltierova aparátu platí:

$$\varepsilon = \frac{W}{Q_h} = \frac{\delta W / \delta t}{\delta Q_h / \delta t} = \frac{P_w}{P_h}$$

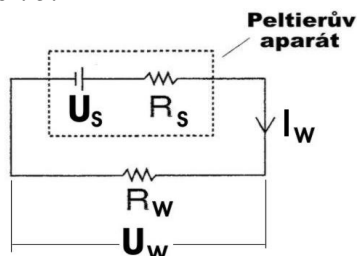
P_w je výkon dodávaný strojem, P_h je výkon odebraný teplé lázni (lze spočítat z výkonu zahřívacího zařízení $P_h = I_h \cdot U_h$).

Užitečná práce z Peltierova aparátu je oproti dodané energii velmi malá. Účinnost není vysoká, protože část tepla projde Peltierovou součástkou, aniž by si všimla procesu, kterým je teplo převáděno na elektromotorické napětí. Korekci na tento jev zjistíme následovně:

$$P'_h = P_h - \tilde{P}_h = U_h \cdot I_h - \tilde{U}_h \cdot \tilde{I}_h$$

kde P_h je příkon ze zdroje napětí a $\tilde{P}_h$ je výkon, který obchází elektrický proces součástky a prochází jí ve formě vedení tepla. Veličiny s vlnkou měříme při odpojeném tepelném stroji (viz obr. 4).

Dále je třeba udělat korekci na vnitřní odpor součástky R_s . Na něm se rozptýluje část užitečné práce a námi měřený výkon P_w je tedy menší než ve skutečnosti. Náhradní schéma zapojení Peltierovy součástky je na obr. 5.



Obr. 5 Schéma zapojení Peltierovy součástky

Z Kirchhoffových zákonů pro tento obvod plyne:

$$U_s - I_w * R_s - I_w * R_w = 0$$

$$U_s - \frac{U_w}{R_w} * R_s - U_w = 0$$

$$-\frac{U_w}{R_w} * R_s = U_w - U_s$$

$$R_s = R_w * \frac{U_s - U_w}{U_w}$$

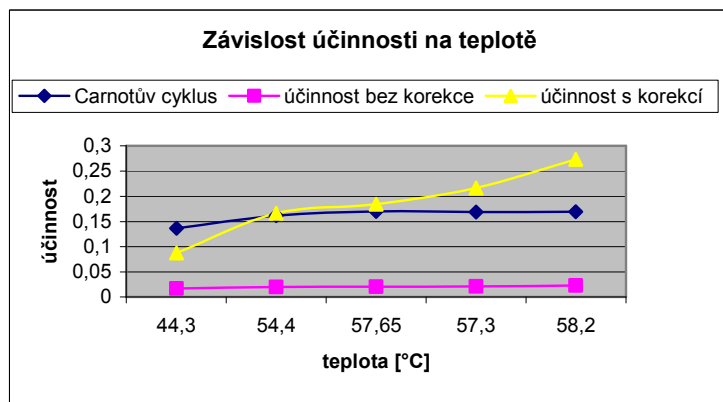
když máme vypočítaný odpor na součástce, použijeme tento výpočet k zjištění užitečného výkonu:

$$P'_h = P_w + R_s * I_w^2 = \frac{U_w^2}{R_w} + R_s * \frac{U_w^2}{R_w^2} = \frac{U_w^2}{R_w} * (1 + \frac{R_s}{R_w})$$

Dvě předchozí rovnice vepíšeme do rovnice o účinnosti tepelného stroje a dostaneme přesnou účinnost tepelného stroje:

$$\varepsilon' = \frac{P'_h}{P'_h} = \frac{U_w^2}{R_w} * \frac{1 + \frac{R_s}{R_w}}{U_h * I_h - \tilde{U}_h * \tilde{I}_h}$$

po měřeních a dosazení do vzorce jsme ze získaných hodnot vygenerovali graf:



3 Shrnutí

V této práci se nám podařilo ověřit, že teplo je částečně možné převést na práci. Sestavili jsme p-V diagram pro demonstrační tepelný stroj.

Dále jsme se seznámili s Peltierovým aparátem. Díky nestále teplotě po odpojení tepelného stroje (teplota ve studené lázni nebyla konstantní kvůli nedostatku ledu) a kvůli nepřesnému měření (u rovnice účinnosti stačí malá odchylka ve výpočtech pro velký rozdíl výsledků) jsou výsledky s korekcemi zcela neslučitelné s teorií (naměřené hodnoty jsou větší než účinnost Carnotova cyklu). Pro přijatelné výsledky by bylo třeba celé měření zopakovat.

Poděkování

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

Reference:

[1] D. Halliday, R. Resnick, Jearl Walker.: Fyzika část 2., Brno 1997, ISBN 80-214-1868-0

Radiační zátěž na palubách letadel

M. Flusser¹, L. Folwarczny², D. Kalasová³, L. Lachman⁴,
V. Větrovec⁵

¹Smíchovská střední průmyslová škola, Praha, martin.flusser@atlas.cz

²Gymnázium Komenského, Havířov, lfolwarczny@seznam.cz

³Gymnázium Boskovice, Boskovice, dominika.kalasova@seznam.cz

⁴Gymnázium Otomara Vaňorného, Vysoké Mýto,
lukicinho@seznam.cz

⁵Gymnázium Třebíč, Třebíč, v.vetrovec@gmail.com

Abstrakt:

Naše práce má za cíl změřit závislost dávkového příkonu na nadmořské výšce. Při jejím vypracování jsme letěli letadlem do výšky 4500 m n. m. se scintilačním detektorem a GPS zařízením pro záznam nadmořské výšky. Naměřená data jsme statisticky analyzovali, určili jsme minimální hodnotu dávkového příkonu a odpovídající nadmořskou výšku. Dále jsme porovnali hodnoty dávkového příkonu na letišti, v 4500 m n. m., v budově a v ozařovně.

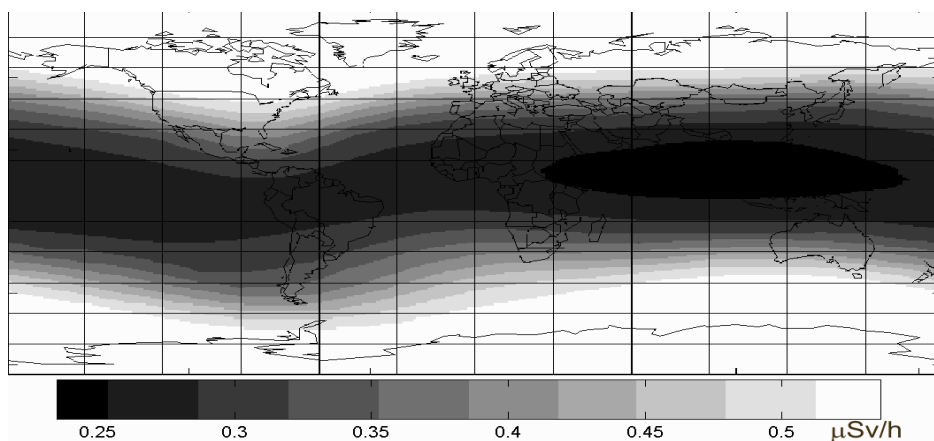
1 Úvod

Kosmické záření tvoří při zemském povrchu 16% přírodní radiace. S rostoucí nadmořskou výškou roste jeho podíl a zároveň klesá příspěvek terestriálního záření. V letových výškách komerčních letadel je příspěvek kosmického záření natolik vysoký, že lidé pravidelně cestující na jejich palubách (piloti, letušky, atd.) jsou považováni za pracovníky se zářením. Jejich radiační zátěž se stanovuje výpočtem pomocí programů, např. CARI-6 [1] a EPCARD [2].

Kosmické záření můžeme rozdělit na primární a sekundární. Primární kosmické záření má dvojí původ (sluneční, galaktický). Je tvořeno z 95% protony, zbytek tvoří elektrony a těžká nabitá jádra. Sekundární kosmické záření se vytváří v atmosféře po interakci primárního záření s prvky atmosféry. Intenzita kosmického záření v atmosféře je ovlivněna třemi faktory:

- nadmořskou výškou (kosmické záření je stíněno zemskou atmosférou)
- zeměpisnou polohou (kosmické záření je stíněno magnetickým polem Země)
- sluneční aktivitou (kosmické záření je stíněno magnetickým polem Slunce).

V rámci našeho projektu jsme sledovali první z těchto faktorů, zjišťovali jsme závislost dávkového příkonu záření na nadmořské výšce. Závislost kosmického záření na zeměpisné poloze znázorňuje obr.č.1, kde tmavší plochy v oblastech rovníku značí nižší dávky radiace než světlé plochy v oblastech pólů.



obr.č.1-plošné rozložení
příkonů efektivních dávek
v nadmořské výšce 4500
m.n.m.

obr.č.1

Kosmické záření objevil roku 1911 rakouský fyzik Victor Franz Hess a na jeho výzkumu se podílel také český vědec František Běhounek, který založil Státní radiologický ústav ČR a katedru dozimetrie na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské.

2 Metody

Cílem bylo zjistit závislost dávkového příkonu na nadmořské výšce. K tomu jsme použili detektor - plastický scintilátor NB3201 a GPS Garmin. Dávkový příkon je definovaný jako: $\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t}$, kde D je absorbovaná dávka definovaná vztahem: $D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$

t je čas, E je deponovaná energie a m je hmotnost [3].

Před samotným měřením jsme detektor kalibrovali pro aktuální hodnotu dávkového příkonu. Kalibraci jsme provedli s cesiovými zdroji - jednak s lehkým, přenosným, jednak se stacionárním silným, umístěným v ozařovně. V obou případech jsme znali dávkový příkon v čase t_0 a bylo potřeba uvažovat radioaktivní zákon přeměny pro stanovení aktuálního dávkového příkonu

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

kde N(t) je počet jader radionuklidu v čase t, N_0 je počet radionuklidů v čase t_0 a λ je přeměnová konstanta – dá se stanovit pomocí poločasu přeměny $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

Předpokládali jsme, že dávkový příkon $\dot{D}$ je přímo úměrný počtu jader N, takže pro výpočet jsme použili upravený vztah (1). Za $T_{1/2}$ jsme dosadili poločas přeměny ^{137}Cs , $T_{1/2} = 30,07$ let. Ostatní hodnoty použité ve výpočtu jsou uvedeny v tab.č.1, vypočítané hodnoty jsou ve třetím sloupci.

Záříč	t_0	$\dot{D}_0$ [nGy s ⁻¹]	$\dot{D}$ [nGy s ⁻¹]
Malý přenosný	10.4.2008	1,705	1,66
Velký stacionární	1.1.1997	62,6 .10 ³	46,9 .10 ³

Tab.č.1

Podle vypočítaných hodnot pro malý záříč jsme provedli kalibraci přístroje na letišti a uskutečnili s ním měření na palubě letadla. Podle vypočítaných hodnot pro stacionární záříč jsme v ozařovně experimentálně ověřili vypočítanou hodnotu dávkového příkonu, která byla $\dot{D} = 47,2 \cdot 10^3$ nGy s⁻¹, což přibližně odpovídá vypočítané hodnotě.

3 Výsledky

Měření na palubě letadla jsme uskutečnili třikrát. Časové závislosti naměřeného dávkového příkonu a nadmořské výšky jsou uvedeny na obrázcích č.1,2,3.



Obr.1



Obr.2

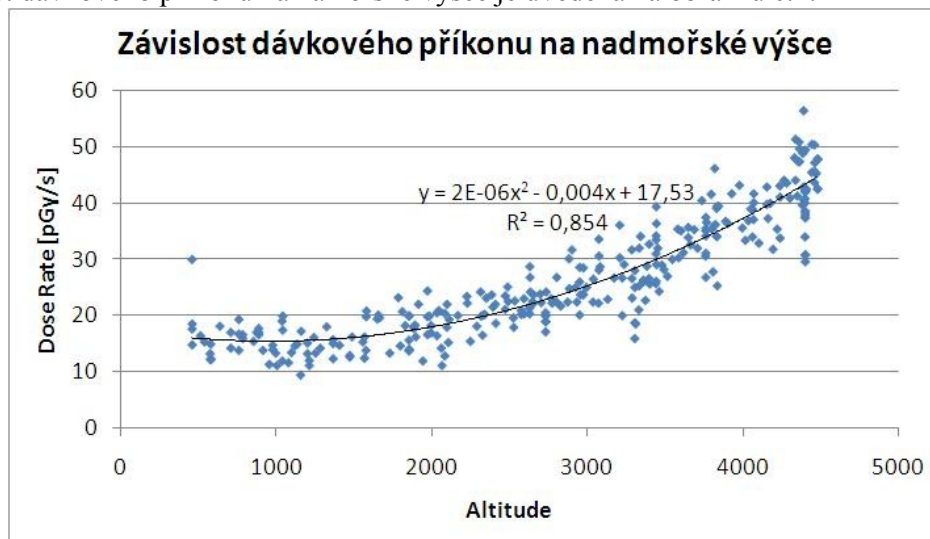


Obr.3

Na levé ose y jsou naneseny hodnoty dávkového příkonu v pGy s^{-1} , které jsme naměřili scintilačním detektorem na palubě letadla během letu. Na levé ose y je nanesena nadmořská výška (letišťe se nachází v 454 m n. m. a maximální výška, do níž jsme vystoupali, je 4480 m

n. m.). Absolvovali jsme celkem 3 lety, každý o délce 20 minut. Velké skoky v hodnotách dávkového příkonu na začátku a na konci měření jsou způsobeny vibracemi letadla během poježdění po dráze a reakcí detektoru na tento jev zvýšením signálu. Na letištní ploše jsme naměřili hodnotu dávkového příkonu $30,7 \text{ pGy s}^{-1}$.

Závislost dávkového příkonu na nadmořské výšce je uvedena na obrázku č.4.



Obr.4

Na ose y jsou zaneseny hodnoty dávkového příkonu v pGy s^{-1} naměřené během všech tří měření na palubě letadla a na ose x nadmořská výška. Do grafu je vložena polynomická regresní přímka 2. řádu. Regresi jsme ověřili výpočtem pro přesnější vyjádření regresních koeficientů: $a=2,35061\text{E-}06$, $b=-0,004504216$ a $c=17,53096433$. Na letištní ploše (454 m n. m.) bylo naměřeno $30,7 \text{ pGy s}^{-1}$. V 958 m n. m. dosáhl dávkový příkon nejnižší hodnotu $15,4 \text{ pGy s}^{-1}$ a v 4480 m n. m. nejvyšší hodnotu $44,5 \text{ pGy s}^{-1}$.

Z obrázku č.4 je zřejmé, že hodnota dávkového příkonu nejdříve klesá a po určité výšce (v tomto případě 958 m n. m.) začne opět stoupat. To je způsobené úbytkem terestriálního záření, které je dostatečně stíněno narůstající vrstvou vzduchu.

Dále jsme provedli srovnání naměřených dávek na letišti, během letu, v budově Oddělení dozimetrie záření (ODZ) a v ozařovně. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.2.

Místo	Dávkový příkon [nGy h^{-1}]
Letištní plocha (454 m n.m.)	$110,52 \pm 5,53$
Minimální dávka (958 m n.m.)	$55,44 \pm 8,32$
Maximální dávka (4480m n.m.)	$167,31 \pm 24,05$
Místnost v budově ODZ	$122,25 \pm 18,34$
Ozařovna	$169,92 \cdot 10^6 \pm 8,50 \cdot 10^6$

Tab.č.2

4 Shrnutí

Změřili jsme dávkovou závislost na nadmořské výšce a zjistili jsme, že se dá proložit kvadratickou funkcí. Minimum této závislosti jsme našli ve výšce 958 m n. m. a jeho hodnota je $15,4 \text{ pGy s}^{-1}$. Hodnota na letištní ploše je vzhledem k nalezenému minimu přibližně dvojnásobná, tj. $30,7 \text{ pGy s}^{-1}$. Letěli jsme až do výšky 4480 m n. m., kde jsme naměřili

hodnotu dávkového příkonu přibližně trojnásobnou vzhledem k minimu, tj. 44,5 pGy s⁻¹. Stejně hodnoty jako na letištní ploše jsme dosáhli až ve výšce 3070 m n. m.

Ze srovnání dávkových příkonů v letadle a v budově (viz tab č.2) vyplývá, že piloti létající do těchto výšek nejsou významně ozářeni kosmickým zářením. Na rozdíl od těchto pilotů piloti dopravních letadel létající v nadmořských výškách 10-12 km jsou vystaveni významně vyšší radiaci, a proto jsou zařazeni mezi pracovníky s ionizujícím zářením.

Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali Fakultě jaderně a fyzikálně inženýrské ČVUT a organizátorům Fyzikálního týdne za možnost uskutečnění tohoto projektu, zvláště pak našemu supervizorovi Ondřeji Plocovi.

Reference:

- [1] CARI <http://jag.cami.jccbi.gov/cariprofile.asp> 16.6.2009
- [2] EPCARD http://www.helmholtz-muenchen.de/epcard2/index_en.phtml 16.6.2009
- [3] KLENER V. A KOL. *Principy a praxe radiační ochrany* SÚJB 2000 str. 83

Úvod do chaotické dynamiky

R. Kolářová, Gymnázium Šternberk, raduska.kolarova@gmail.com

J. Čeřovská, Gymnázium Česká Lípa, julinka.c@seznam.cz

D. Kec, Gymnázium Jiřího Ortena, david.kec@email.cz

J. Müller, Gymnázium Hády, Brno, Johnny.muller@seznam.cz

P. Halbich, Gymnázium Žďár nad Sázavou, halbich.p@hotmail.com

Abstrakt

Úvod do chaotické dynamiky nás seznámil s fungováním dynamických systémů a ovlivňováním jejich průběhu při změně vstupních podmínek. V tomto příspěvku uvádíme základní pojmy z oblasti chaotické dynamiky a příklady a výsledky některých pokusů a simulací.

1) Úvod

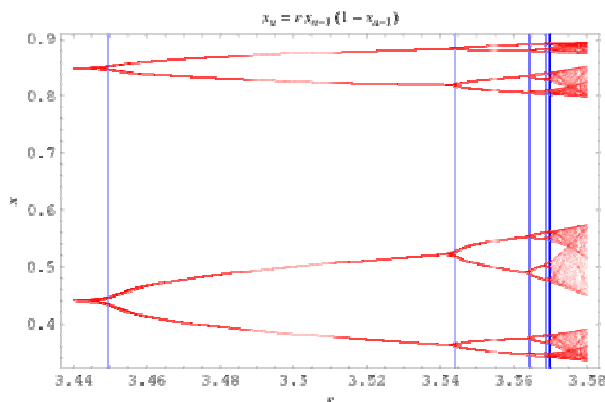
Chaos [1] v běžném slova smyslu znamená nedostatek řádu. **Deterministický chaos** je typ chování dynamických systémů, které jsou v omezeném neperiodickém neutuchajícím pohybu. Tabor [2] uvádí: „By a chaotic solution to a deterministic equation we mean a solution whose outcome is very sensitive to initial conditions (ie, small changes in initial conditions lead to great differences in outcome) and whose evolution through phase space appears to be quite random.“

Nejznámějším příkladem je asi efekt motýlích křídel - pokud i nepatrně změníme vstupní podmínky systému, má tato změna zásadní vliv na chování tohoto systému v budoucnu. Přestože se z počátku zdá, že tomu tak není, s dostatečným časovým odstupem zjistíme, že tato nepatrná změna naprosto změnila chování systému. Pokud tyto změny počátečních podmínek nejsme schopni zaznamenat, pak se jeví chování systému jako chaotické. S tímto tvrzením poprvé přišel v roce 1979 E. Lorenz ve své přednášce *“Predictability: Does the flap of the butterfly’s wings in Brazil set off a tornado in Texas?”*. Odtud pochází i pojmenování tohoto jevu.

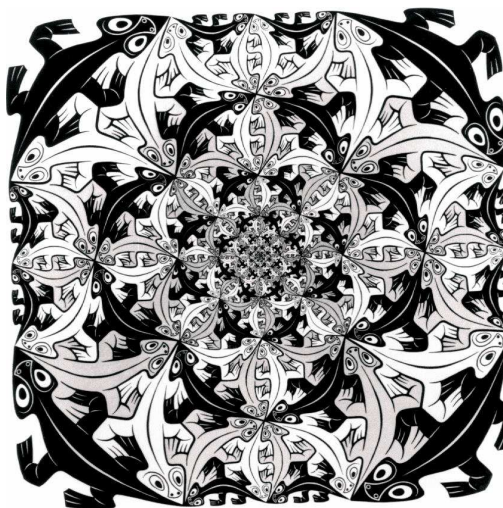
Fázový prostor je prostor, ve kterém zobrazujeme časovou změnu určité veličiny v závislosti na této veličině. Množina bodů ve fázovém prostoru, ke kterému je dynamický systém přitahován, se nazývá **atraktor**.

Bifurkace znamená dělení vývoje stavu systému na více částí. U většiny systému k bifurkaci nedochází, ale některé systémy dosáhnou bifurkace při dosažení kritických hodnot, viz graf 1.

Fraktál je objekt se zdánlivě složitou strukturou, který lze složit z velice jednoduchých objektů, viz obr. 1.



Graf 1. Bifurkace [1]



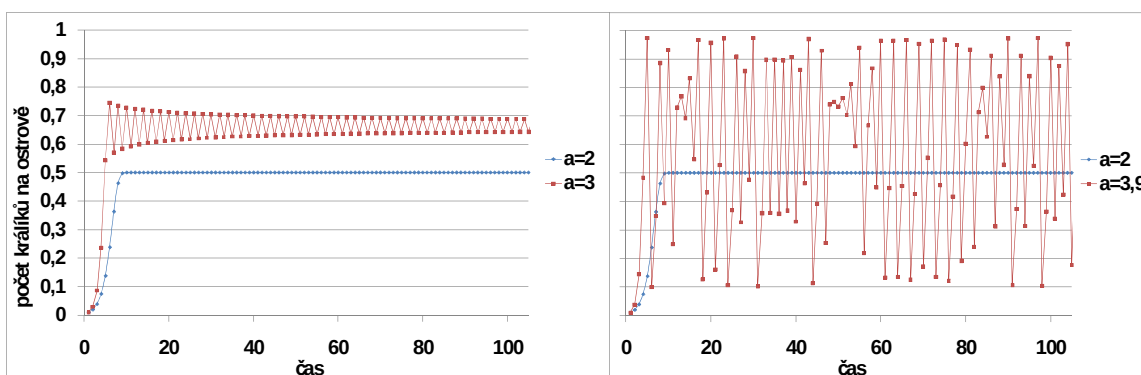
Obrázek 1. M. C. Escher, Smaller and Smaller, 1956

2) Teoretická část

Nejdříve jsme zkusili namodelovat několik příkladů využívajících teorie deterministického chaosu.

Králíci na ostrově

Vezměme si omezeně velký ostrov, který užijí pouze omezené množství králíků, a nechme je se rozmnožovat. Vývoj populace v závislosti na rychlosti rozmnožování a umírání může vypadat následovně:

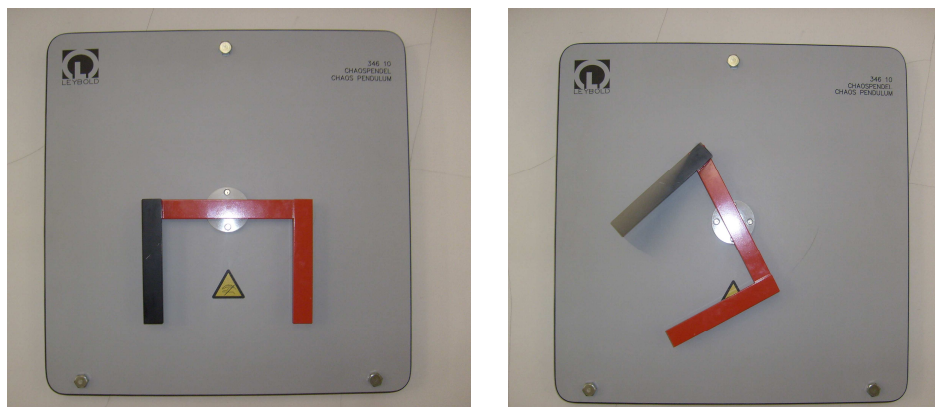


Graf 2. Vývoje populací králíků: ustálený a periodický stav systému (vlevo), chaotický stav (vpravo).

- Populace bude růst až do doby, kdy na ostrově bude právě tolik králíků, kolik ostrov užijí, a poté bude vývoj stagnovat.
- Populace bude růst až do doby, kdy bude počet králíků periodicky kmitat.
- Populace bude růst až do fáze chaotického kmitání.

Dvojité kyvadlo

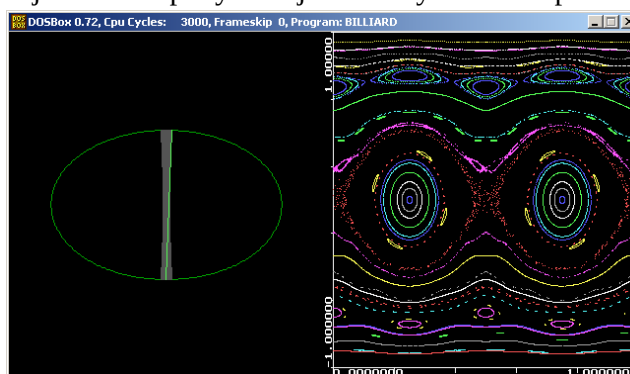
Dvojité kyvadlo je zařízení pro demonstraci chaotického pohybu. Skládá se ze dvou částí, spojených čepem, viz obr. 2.



Obrázek 2. Dvojité kyvadlo: černé rameno je připevněno volně a jeho pohyb je chaotický.

Billiard

Billiard je počítačový program, který simuluje chaotické chování na základě vstupních parametrů a výstupem je animace pohybu objektu ve vymezeném prostoru a ve fázovém prostoru.



Obrázek 3. Výstup z programu billiard

4) Praktická část

Elektrický generátor chaosu

Funguje na jednoduchém principu, kdy se výstupní signál zesiluje, umocňuje a vrací zpět do obvodu (tzv. zpětná vazba). Generátor je napojen na osciloskop, kde můžeme sledovat výstup napětí a jeho časové změny (derivace), viz obr. 4.

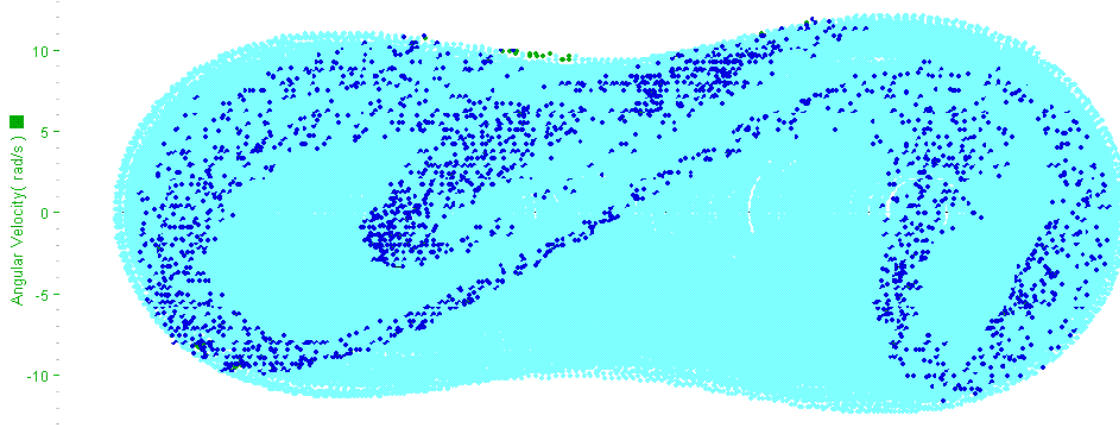


Obrázek 4. (nahore, generátor chaosu napojený na osciloskop) a 5. (vpravo, kyvadlo)



Kyvadlo

V našem pokusu jsme použili soustavu dvou pružin vedených přes kladku, přičemž jsme soustavě neustále dodávali energii v podobě motorku s excentrem (převádí rotační energii na pohybovou), viz obr. 5. Systém byl tlumen třením a magnetem. Vhodným nastavením systému jsme vyvolali chaotický pohyb, nicméně jsme zjistili, že se změnou parametrů měl systém tendenci sklouzávat do stabilního, předvídatelného systému.



5) Diskuze

Je třeba podotknout, že naše měření byla zatížena nestálými podmínkami při zaznamenávání hodnot, zvláště pak neustále měnící se teploty a proudy vzduchu. Také je třeba vzít v úvahu únavu materiálů.

6) Závěr

Deterministický chaos je složitý typ chování deterministického systému. Provedli jsme několik experimentů (elektronický generátor chaosu, poháněné nelineární kyvadlo, dvojkyvadlo) a simulací (králíci, dvojkyvadlo, billiard) znázorňujících danou problematiku.

7) Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Antonínu Krásovi, dále pak ČVUT, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za možnost zúčastnit se Fyzikálního týdne a dozvědět se tak něco nového o chaotické dynamice

8) Reference

- [1] [Weisstein, Eric W.](http://mathworld.wolfram.com/Chaos.html) "Chaos." Z [MathWorld](http://mathworld.wolfram.com/)--A Wolfram Web Resource.
<http://mathworld.wolfram.com/Chaos.html>
- [2] Tabor, M. [*Chaos and Integrability in Nonlinear Dynamics: An Introduction*](#). New York: Wiley, 1989, s. 34
- [3] [Weisstein, Eric W.](http://mathworld.wolfram.com/Bifurcation.html) "Bifurcation." From [MathWorld](http://mathworld.wolfram.com/)--A Wolfram Web Resource.
<http://mathworld.wolfram.com/Bifurcation.html>

Počítačové algebraické systémy

Tomáš Pikálek, G. Boskovice

Jiří Nárožný, G. Boskovice

Ondřej Bouchala, G. J. A. Komenského

Jiří Novotný, G. Křenová Brno

Abstrakt

Při počítání fyzikálních úloh se často setkáváme s problémem řešit složité matematické výrazy nebo simulovat některé děje. Pro tyto účely byly vyvinuty počítačové algebraické systémy, jako například Mathematica nebo Maple. Naším cílem je demonstrace síly těchto programů a jejich krátké přiblížení.

1 Úvod

Počítačové algebraické systémy (CAS¹) se vyvinuly ze specializovaných matematických programových balíků pro superpočítače, dnes je však najdeme na osobních počítačích PC a dokonce i na některých typech vědeckých kalkulátorů.

Začátečník může CAS programy používat jako chytřejší kalkulačku nebo jako nástroj na tvorbu 2D i 3D grafů, pokročilejší uživatel využije nástroje pro práci s maticemi, nesčetné množství funkcí pro numerické i symbolické výpočty nebo modelování fyzikálních úloh.

Počítačové algebraické systémy se dělí podle použití:

- pro numerické výpočty – komerční Matlab a dále Scilan nebo Ostave, které jsou k dispozici zdarma,
- pro symbolické výpočty – komerční Mathematica a Maple, ze volně šiřitelných programů např. Maxima. Tyto programy však umí i výpočty numerické. Jejich velkou výhodou je však možnost řešit numericky náročné úlohy obecně.

1.1 Historie

První CAS se začaly objevovat v 70. Velkým průkopníkem byl pozdější laureát Nobelovy ceny Martin Veltman, který v roce 1963 naprogramoval první program pro symbolické výpočty, především ve fyzice vysokých energií.

V roce 1987 společnost Hawlett-Packard představila první kapesní kalkulačku s CAS. Ta umožňovala mimo jiné i symbolickou integraci, počítání s algebraickými výrazy a řešení algebraických rovnic. Ani společnost Texas Instruments nezůstala pozadu a zanedlouho také představila vlastní kalkulačku s CAS.

První populární počítačové algebraické systémy byly muMATH, Reduce, Derive, Macsyma a volně šiřitelná Maxima

Dnes je na trhu mnoho produktů, které jsou daleko vyspělejší a komplexnější, např. Maple, Mathematica a také Maxima, která je narozdíl od obou předchozích zdarma.

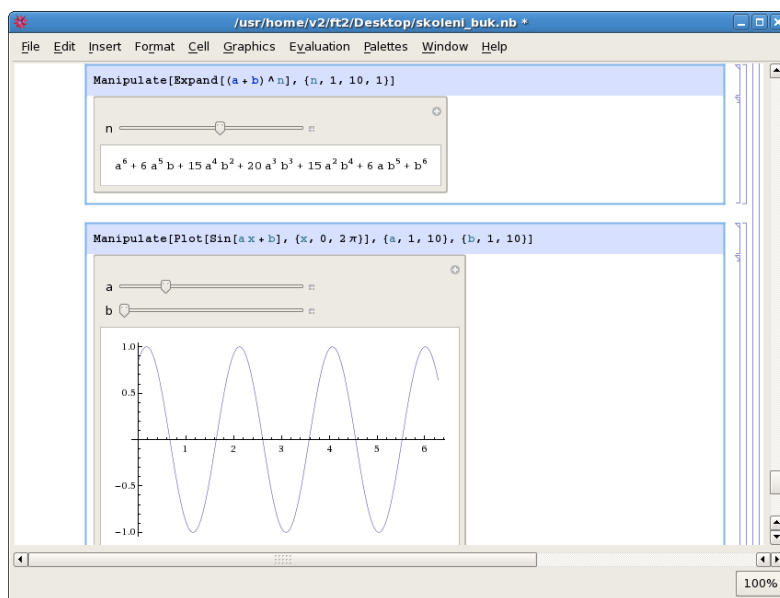
¹Computer Algebra System

2 Představení některých programů

Asi nejznámější a nejpoužívanější počítačové algebraické systémy jsou Mathematica a Maple. Právě tyto dva zajímavé programy zde blíže představíme.

2.1 Mathematica

Mathematica je počítačový program široce používaný ve vědeckých, technických a matematických kruzích. Program byl původně vytvořen Stephenem Wolframem a následně vyvíjen týmem matematiků a programátorů. Je prodáván firmou Wolfram Research se sídlem v Champaign, Illinois.



Obrázek 1: Mathematica

Použili jsme verzi Mathematica 7.0.1 na distribuci Linuxu CentOS 5.3.

Program Mathematica je rozdělen do dvou částí – jádra a frontendu. Jádro interpretuje výrazy a vrací výsledky. Frontend poskytuje nad jádrem grafické uživatelské rozhraní, ve kterém výsledky vhodně zobrazuje, což je pro běžnou práci pohodlnější.

Nejnovější Mathematica s číslem 7 je dostupná pro mnoho platforem – Microsoft Windows, GNU/Linux, Mac OS X a Sun Solaris.

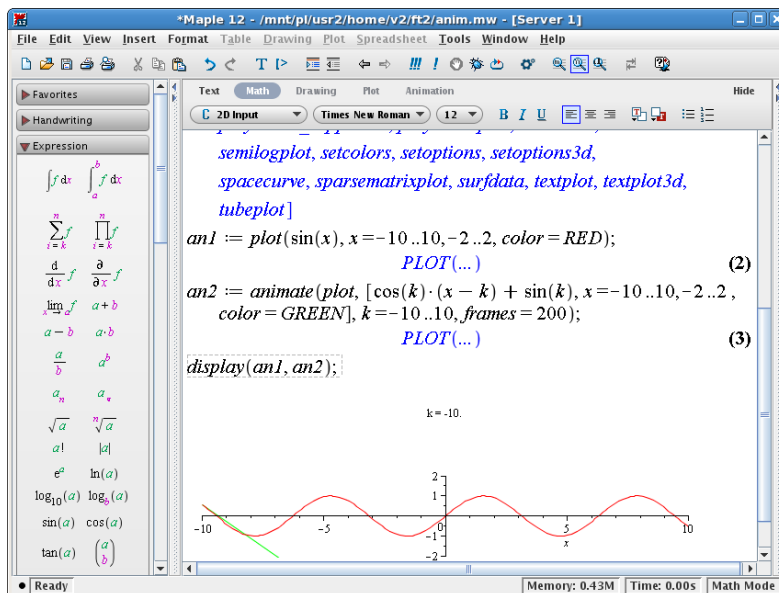
Práce s Mathematicou je velmi jednoduchá. Velkou pomůckou pro začínající i pokročilé uživatele je Documentation Center, ve kterém jsou všechny příkazy podrobně vysvětleny včetně praktických příkladů.

2.2 Maple

Dalším rozšířeným CAS je Maple. Ten byl vyvinut v roce 1980 na univerzitě ve Waterloo v Kanadě. Od roku 1988 je dále vyvíjen společností Waterloo Maple, známou též jako Maplesoft.

Maple poskytuje velké množství funkcí pro vysvětlení základních i náročnějších matematických pojmů. Také obsahuje i pokročilé nástroje pro tvorbu a vývoj grafických uživatelských rozhraní, kdy uživatel již nemusí znát téměř žádné příkazy systému. Samozřejmostí je také bohatá nápověda ke všem funkcím.

Tradice Mapelu je založena na standardním grafickém rozhraní a klasických zápisnících. Toto grafické rozhraní je velmi dobře použitelné a přehledné, ale vyžaduje poměrně hlubokou znalost programovacího jazyka systému Maple.



Obrázek 2: Maple

Stejně jako Mathematica, i Maple běží na všech nejpoužívanějších operačních systémech – Microsoft Windows, GNU/Linux, Mac OS X a Sun Solaris.

Nejnovější verze je nyní Maple 13, vydaná v dubnu 2009. My používali starší verzi Maple 12.0, opět na distribuci CentOS 5.3.

3 Praktické příklady

Všechny tyto jednoduché praktické příklady jsou napsány v programu Mathematica.

Obecné řešení kvadratické rovnice

```
In[11]:= Solve[a x^2 + b x + c == 0, x]
Out[11]:= {{x -> (-b - Sqrt[b^2 - 4 a c]) / (2 a)}, {x -> (-b + Sqrt[b^2 - 4 a c]) / (2 a)}}
```

Vyřešení soustavy rovnic

```
In[1]:= Solve[{x^2 == y, x + y == 2}]
Out[1]:= {{y -> 1, x -> 1}, {y -> 4, x -> -2}}
```

Zjednodušení výrazu

```
In[8]:= Simplify[36 a b^2 + 8 b^3 + 27 a^3 + 54 a^2 b + 12 b^2 c^2 + 9 a c^4 + 27 a^2 c^2 + 36 a b c^2 + 6 b c^4 + c^6]
Out[8]:= (3 a + 2 b + c^2)^3
```

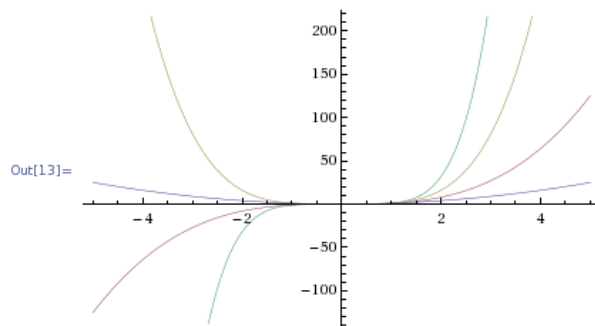

Derivace

```
In[24]:= D[(x+1)/x, x]
```

```
Out[24]= (1+x)/x^2 (1/x - 1/x^2) + Log[1+x]
```

Vykreslení grafů funkcí

```
In[13]:= Plot[{x^2, x^3, x^4, x^5}, {x, -5, 5}]
```

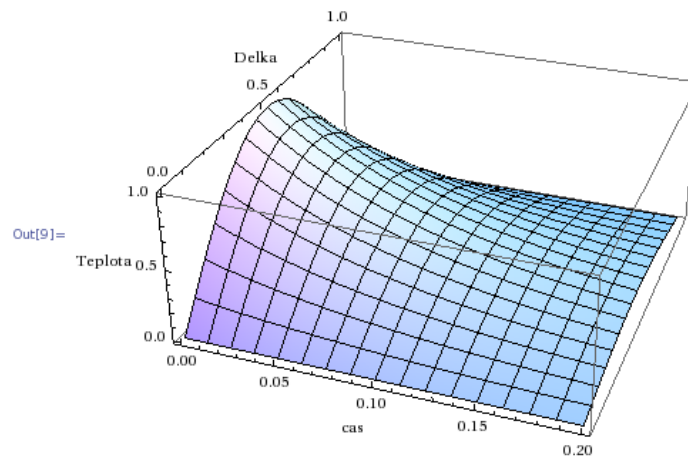


Nestacionární vedení tepla v jednorozměrném tělese

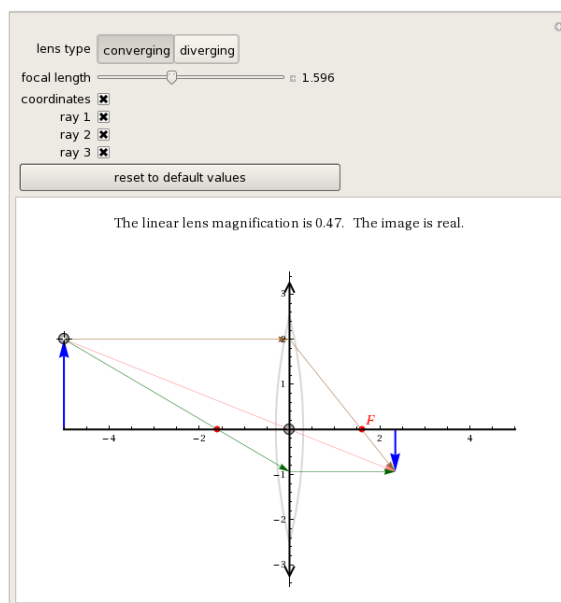
```
In[8]:= sol = NDSolve[{D[u[x, t], t] == D[u[x, t], x, x],  
u[x, 0] == Sin[Pi x], u[0, t] == 0,  
u[1, t] == 0}, u, {x, 0, 1}, {t, 0, 0.2}]
```

```
In[6]:= Options[Plot3D]
```

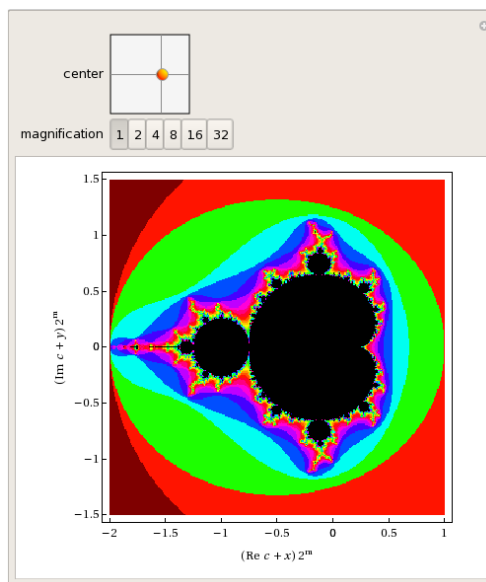
```
In[9]:= p1 = Plot3D[Evaluate[u[x, t] /. sol[[1]]], {t, 0, 0.2},  
{x, 0, 1}, AxesLabel -> {"cas", "Delka", "Teplota"}, PlotRange -> All]
```



Simulace optické čočky



Vykreslení fraktálu



4 Závěr

Počítačové algebraické systémy jsou skvělou pomůckou pro řešení matematických a fyzikálních úloh. Jsou tak vhodným nástrojem nejen pro vědce a odborníky, ale i pro studenty vysokých a středních škol, kterým ulehčí mnoho práce.

Ovládání programů Mathematica i Maple je velmi jednoduché a intuitivní. Pomocí několika příkazů je možné vyřešit spoustu věcí, které by bez použití CAS trvaly mnohem déle. Velkou výhodou jsou také podrobné manuály obsažené v obou programech.

Poděkování

Za celý tým tímto děkujeme především našemu supervizorovi Dr. Ing. Milanu Šiňorovi za obětavost a trpělivost. Dále pořadatelům Fyzikálního týdne, zvláště pak Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., a v neposlední řadě Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze.

Literatura

- [1] *Wikipedia: Computer algebra system*
http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_algebra_system
- [2] *Wikipedia: Mathematica*
<http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematica>
- [3] *Wikipedia: Maple (software)*
[http://en.wikipedia.org/wiki/Maple_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Maple_(software))
- [4] *Hřebíček, Jiří: Systémy počítačové algebry*
<http://www.fi.muni.cz/~hrebicek/maple/cas>
- [5] *Wolfram, S.: The Mathematica Book*, 1999, Wolfram Media Inc., ISBN 1-57955-004-5
- [6] *Wickham-Jones, T.: Mathematica Graphics*, 1994, TELOS, ISBN 0-387-94047
- [7] *Maeder, R. E.: Programming in Mathematica*, 1991, Addison-Wesley Publishing Co., ISBN 0-201-54877
- [8] *Gaylord, R. J., Kamin, S. N., Wellin, P. R.: Introduction to Programming with Mathematica*, TELOS, ISBN 0-387-94048-0
- [9] *Waterloo Maple Inc.: Maple 8 - Learning Guide*, 2002, Waterloo Maple, ISBN 1-894511-26-3

Další zdroje

- [1] Wolfram Demonstrations Project: <http://demonstrations.wolfram.com>

Odkazy

- [1] Wolfram Mathematica: <http://www.wolfram.com>, <http://www.mathematica.cz>
- [2] Maple: <http://www.maplesoft.com>
- [3] Maxima: <http://maxima.sourceforge.net>

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice

Autoři: M. Malý, J. Kerner, J. Vejrosta, D. Humpál

Gymnázium Českolipská, Gymnázium Dr. Josefa Pekaře Mladá
Boleslav, Gymnázium Třebíč, Gymnázium Christiana Dopplera

Martin.Maly@desineo.com

Abstrakt:

Počítačové algebraické systémy (PAS) umožňují zjednodušit a značně snížit dobu výpočtů matematických operací. PAS se zabývají hlavně symbolickou matematikou. Matematický software se uplatní tam, kde již lidský faktor nestačí, málokdy dělá chyby a má mnohonásobně vyšší výpočetní výkon. Zaměřili jsme se hlavně na program Mathematica a rádi bychom vám ukázali základy práce s tímto programem.

1 Úvod

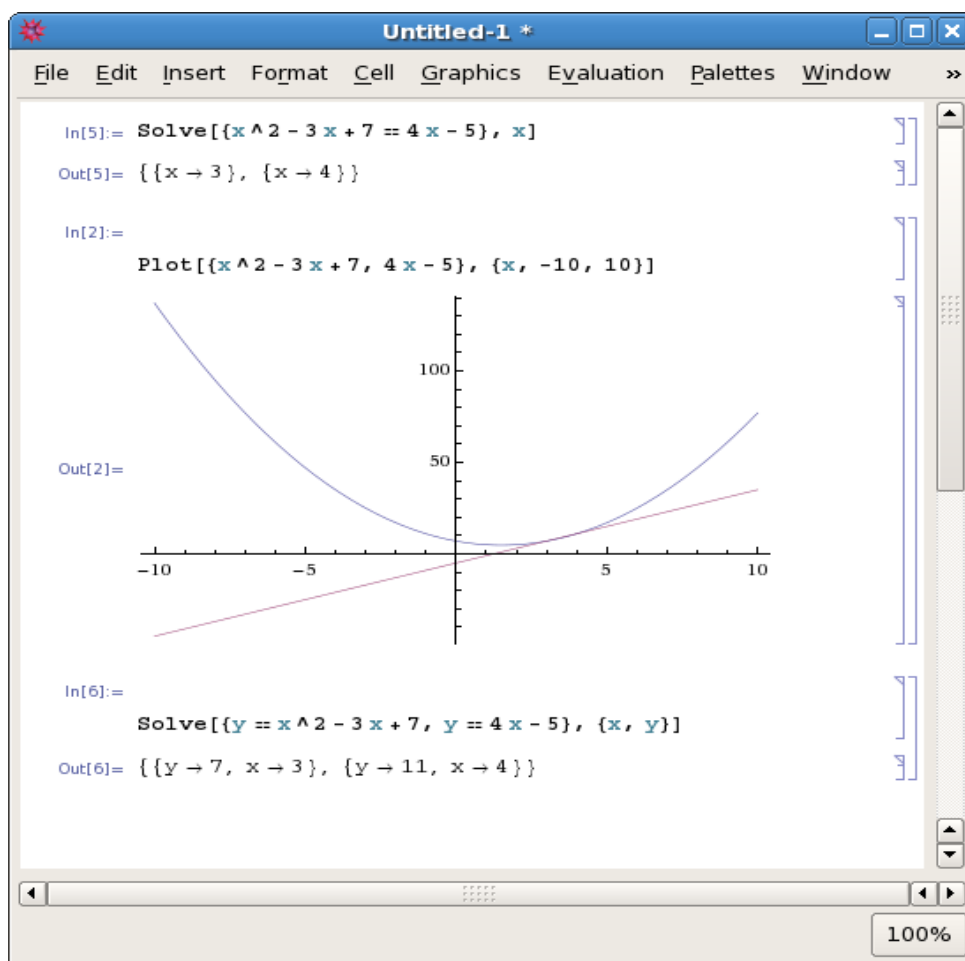
Při řešení matematických a fyzikálních úloh se často setkáme s problémem časové i výpočetní náročnosti úloh. Právě za tímto účelem byli vyvinuty PAS. Mezi které patří například Mathematica [1], která u nás svým prostředím a hlavně rychlostí provádění operací jasně předčila Maple [2]. Dále se k PAS řadí například Maxima [3], Axiom [4], či Software for Algebra and geometry Experimentation (SAGE) [5]. PAS jsou dalším krokem od klasických programovacích jazyků, které nebyli tak využitelné pro klasického uživatele, k programu, který může používat i laik.

2 Mathematica

Mathematica představuje po dvacetiletém vývoji světově nejznámější programový systém pro provádění numerických a symbolických výpočtů a vizualizaci dat. Silnou stránkou tohoto programu je i vlastní programovací jazyk, který se ukázal snadno zládnutelným i pro začátečníka. V začátcích pro nás bylo oporou tzv. Documentation Center, ve kterém jsou přehledně seřazené příkazy.

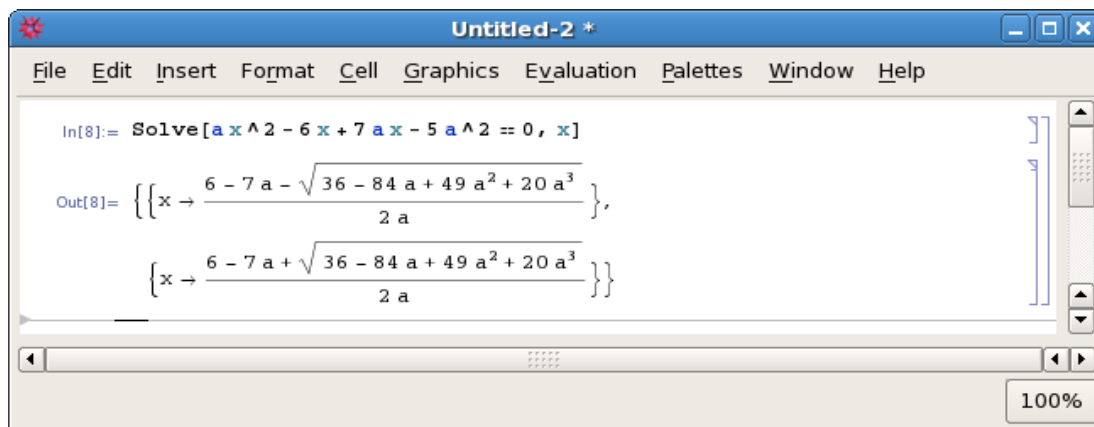
Jako příklad zde uvedeme řešení obyčejné kvadratické rovnice, která není v základním tvaru (aby byl náš příklad aspoň o něco atraktivnější, a to jak numericky, tak graficky (pak můžeme spočítat i průsečíky):

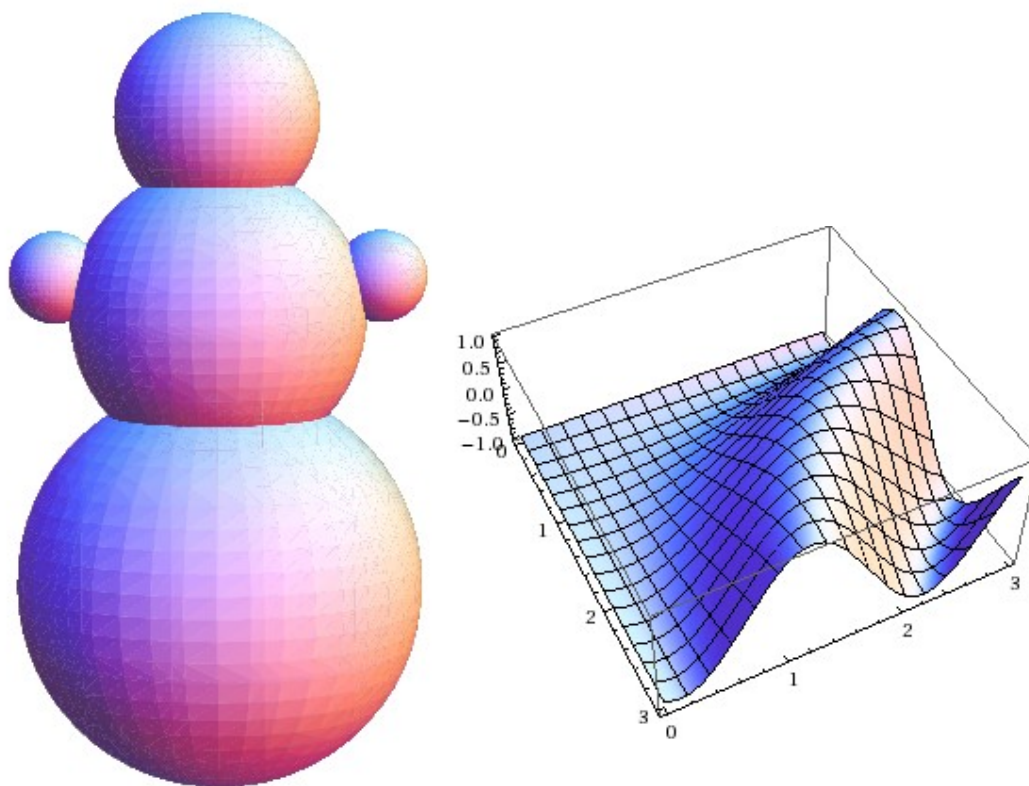
$$x^2 - 3x + 7 = 4x - 5$$



Program si samozřejmě poradí i s rovnicí s parametry (jinými slovy: nedělá mu problémy vyjádřit neznámou ze vzorce):

$$ax^2 - 6x + 7ax - 5a^2 = 0, \text{ kde } x \text{ je neznámá}$$





3 Shrnutí

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s programem Mathematica. Vzhledem ke krátké době našeho bádání, nebylo ani zdaleka možné vyzkoušet všechny jeho možnosti. Přesto bylo příjemné zjištění, že program Mathematica je přístupný a snadno zvládnutelný i úplným laikem. Myslíme, že PAS mají velkou budoucnost i ve školství a jejich hlavní brzdou je dnes jejich vysoká cena.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali našemu supervizorovi Dr. Ing. Milanu Šinorovi za seznámení s PAS a za jeho rady během zpracovávání miniprojektu. Dále bychom rádi poděkovali celé FJFI ČVUT za organizaci FT 2009 a všem sponzorům FT.

Reference:

- [1] Mathematica: <http://www.wolfram.com/>
- [2] Maple : <http://www.maplesoft.com/>
- [3] Maxima : <http://maxima.sourceforge.net/>
- [4] Axiom : <http://wiki.axiom-developer.org/>
- [5] SAGE : http://en.wikipedia.org/wiki/Software_for_Algebra_and_Geometry_Experimentation

Mikroskopie v materiálovém výzkumu

M. Černý
Mendelovo gymnázium Opava
bloody.fox@centrum.cz

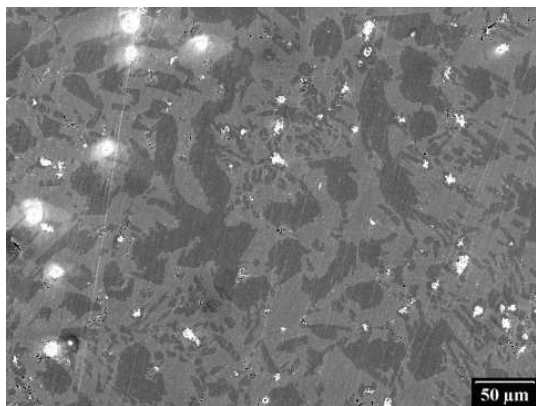
Abstrakt:

Práce se zabývá zkoumáním vzorku slitiny zvonu, na kterém jsem si vyzkoušel přípravu vzorku, pozorování světelným mikroskopem, pozorování a chemickou analýzu elektronovým mikroskopem.

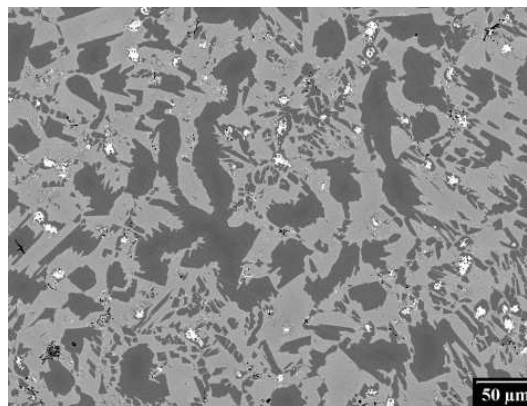
1 Úvod

V dnešní době je stále častější potřeba podívat se na bližší povrch látek – ať už nově připravených pro zjištění jejich konkrétní struktury a složení nebo při stopování poruch v materiálech. Nejlépe nám s tímto problémem pomáhají mikroskopy, které můžeme rozdělit na více druhů – světelné a elektronové – samozřejmě má každý určité výhody a nevýhody. Elektronové mikroskopy můžeme dále dělit na transmisní (TEM) a skenovací (SEM) neboli řádkové (nejpoužívanější metody).

2 Zkoumání slitiny zvonu



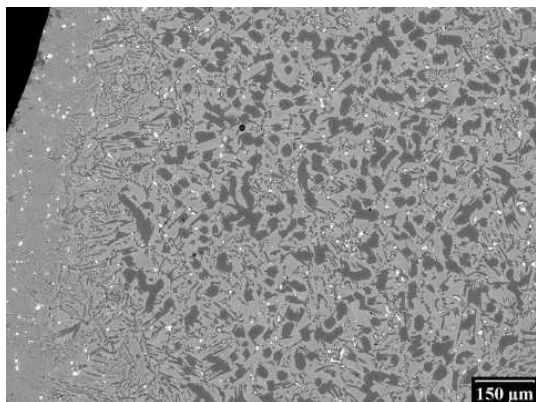
Obr. 1 snímek v sekundárních elektronech



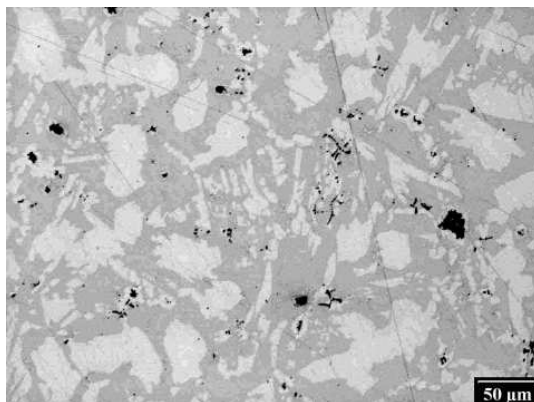
Obr. 2 snímek ve zpětně odražených el.

Nejdříve jsme vzorek slitiny zatavili do elektricky vodivého termoplastu a poté následovala sada broušení a leštění až na zrnitost 1 μm – nutno podotknout, že na opatrnosti při broušení, aby nevznikly velké rýhy, závisí výsledek. Takto připravený vzorek jsme zkoumali nejdříve na světelném mikroskopu Neophot 32 a pořídili fotografie. Poté jsme vzorek pozorovali na

řádkovacím elektronovém mikroskopu JEOL JSM 5510LV a zároveň jsme provedli chemickou a analýzu pomocí energiově disperzní analýzy IXRF.

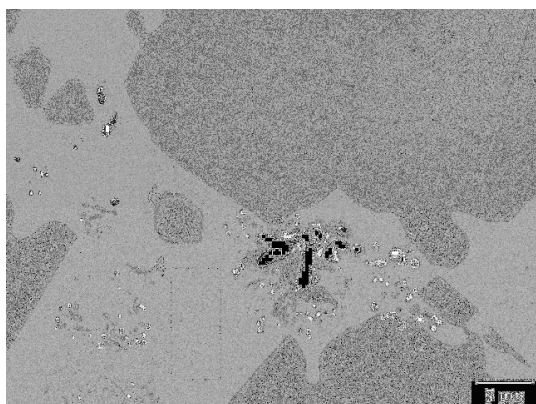


Obr. 3 snímek z elektronového mikroskopu

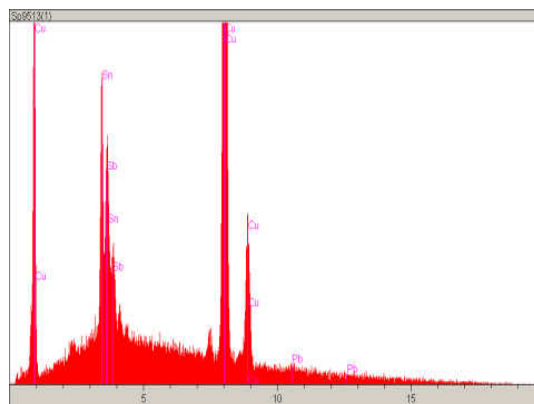


Obr. 4 snímek ze světelného mikroskopu

Na obrázku 3 a 4 si můžete všimnout rozdílu mezi elektronovým a světelným mikroskopem – zajímavost je, že tmavá místa z elektronového mikroskopu jsou ve světelném mikroskopu světlá. Dále si můžete na obrázku 3 všimnout světlejšího pásu na levém okraji snímku což je způsobeno rychlejším chladnutím materiálu.



Obr. 5 analyzované místo

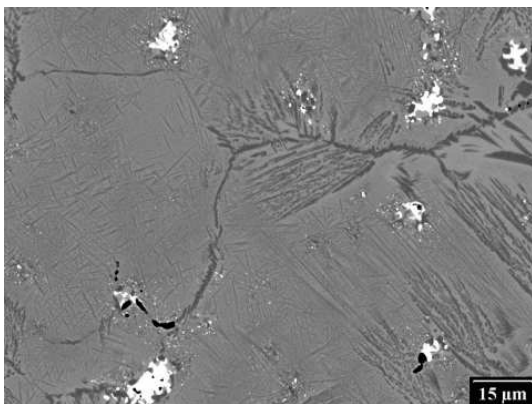


Obr. 6 spektrum obrázku 5

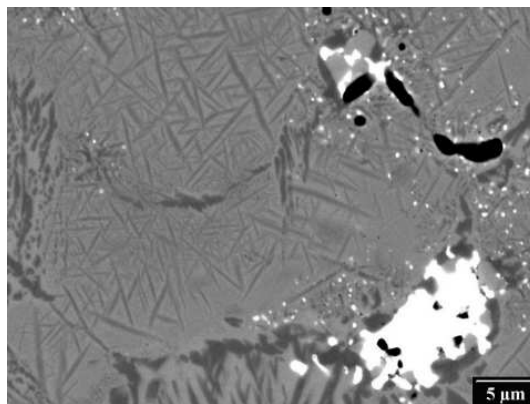
Analýza z jednotlivých míst na obr. 5

prvek	Cu	Pb	Sn	Sb	S	Zn
místo 1	23,02	4,04	2,51	0,90	9,78	51,50
místo 2	49,29	30,70	9,94	4,26	0,00	0,00
místo 3	48,50	39,39	5,27	1,65	0,00	0,00
místo 4	74,56	1,69	13,82	6,02	0,00	0,00
místo 5	89,66	1,65	5,79	1,31	0,00	0,00
místo 6	85,51	1,30	7,28	2,55	0,00	0,00

hmotnostní koncentrace



Obr. 7 struktura okraje materiálu



Obr. 8 detail rychlé krystalizace

3 Shrnutí

Vyzkoušel jsem si jak připravit vzorek a zjistil, že na pečlivosti jeho přípravy závisí celé pozorování. Pozoroval jsem struktury spekter jednotlivých prvků a zjistil jsem, že je potřeba dávat pozor, protože spektra některých prvků se překrývají

Poděkování

V první řadě děkuji Ing. Janu Adámkovi, který mě seznámil s tímto tématem. Dále bych chtěl poděkovat Jirkovi Kristovi, který mi řekl o téhle akci a všem organizátorům Fyzikálního týdne.

Reference

- [1] NAVRÁTIL J., BÁREK A., FOJTŮ P., SOLNÝ P., *Elektronová mikroskopie ve výzkumu materiálů*; FJFI ČVUT 2005
- [2] ŠILAR D., VESELÁ J., ŠUSTKOVÁ H., *Role mikroskopů v materiálovém výzkumu*; FJFI ČVUT 2007

Únavové poruchy letadel řádovací elektronová mikroskopie

M. Šrámková

Soukromé gymnázium Pod Vyšehradem a na Dlouhém lánu s.r.o., Praha

Email: martina.matysek@gmail.com

P. Černý

Gymnázium Český Brod, Vítězná 616

Email: cerny.pvl@gmail.com

T. Hluchý

Gymnázium Strakonice, Máchova 174

Email: tomislavek@centrum.cz

L. Podlešák

Gymnázium Strakonice, Máchova 174

Email: vanlada@seznam.cz

Abstrakt:

Fraktografická rekonstrukce růstové křivky únavové trhliny na základě rozteče striací se používá pro vzorky zatěžované cyklicky s konstatními parametry zatěžovacího cyklu (asymetrie, amplituda) [1]. Uvedenou metodu jsme použili pro vzorek zkoušený zatěžovacím spektrem s proměnnou amplitudou a asymetrií cyklu a výsledky srovnaly s laboratorním měřením v průběhu únavové zkoušky.

1 Úvod

V našem měření jsem měli za úkol stanovit růstovou rychlost únavové trhliny v materiálu zatěžovaného programovým zatížením typu "let za letem" [2]. Měření jsme prováděli pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu a výsledné rychlosti šíření srovnali s údaji naměřenými na CLKV Brno.

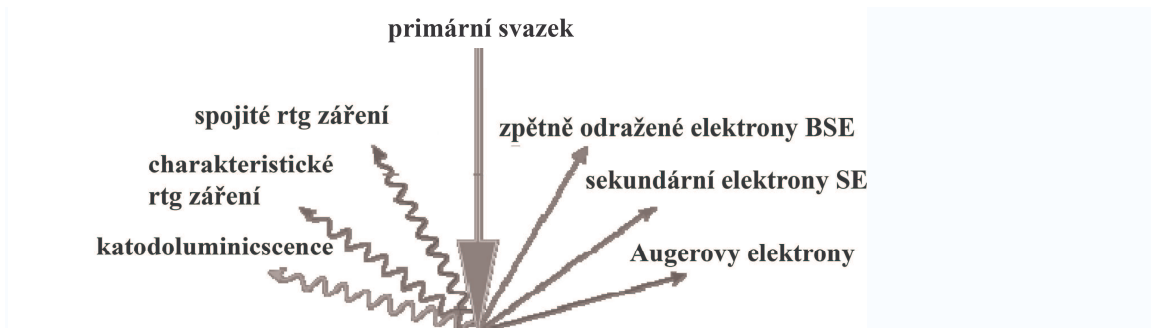
Únava materiálu je proces změn strukturního stavu materiálu a jeho vlastností vyvolaný kmitavým (cyklickým) zatěžováním. Proces únavového porušování sestává z fáze iniciace únavové trhliny, fáze jejího růstu a následného statického dolomu. Náhlý statický lom součásti letadla v důsledku existence únavové trhliny může mít v leteckém provozu fatální následky, proto se velká pozornost věnuje studiu rychlosti šíření únavové trhliny od délky detekovatelné defektoskopickým měřením až délku při které dojde k dolomu součásti. Znalost této rychlosti a doby, kterou potřebuje únavová trhlina k dosažení délky, při které dochází k dolomu je klíčová informace pro stanovení intervalu defektoskopických kontrol součástí letadel.

2 Elektronový mikroskop

Ke stanovení rychlosti šíření únavové trhliny lze použít metody kvantitativní fraktografie, které zkoumají morfologii lomové plochy. Rozteč s periodicky se opakujícími fraktografickými znaky, striací, na lomové ploše lze použít ke stanovení rychlosti šíření trhliny při znalosti závislosti $v=D(s)*s$. Funkce $D(s)$ je charakteristikou příslušnou danému materiálu a zatížení. Protože rozteč striací je velmi malá a lomová plocha velmi členitá, používá se k jejich pozorování řádkovacího elektronového mikroskopu.

Rastrovací, nebo též řádkovací elektronový mikroskop je elektronový mikroskop, který využívá k zobrazování pohyblivého svazku elektronů [3]. Na každé místo vzorku je postupně zaměřen úzký paprsek elektronů (prochází jej po řádcích – odtud řádkovací). Interakcí dopadajících elektronů s materiálem vzorku vznikají různé detekovatelné složky (Obr. 1). Jak paprsek putuje po vzorku, mění se podle charakteru povrchu úroveň signálů v detektorech. Z těchto signálů je pak sestavován výsledný obraz. Získaný obraz je standardně monochromatický.

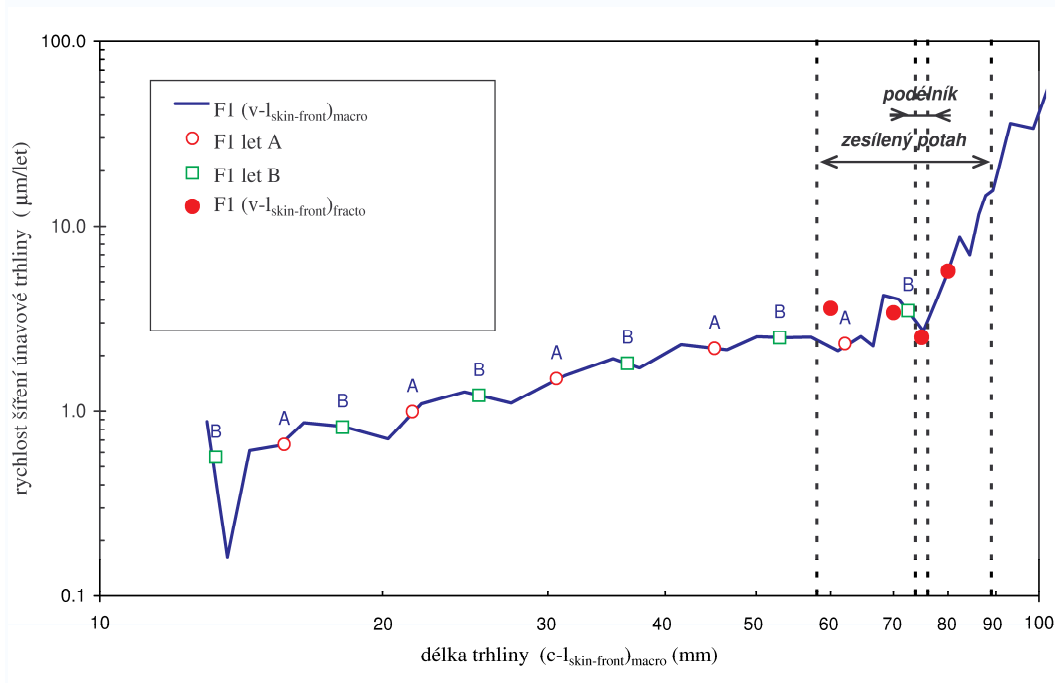
Zdrojem elektronů je elektronové dělo, nejčastěji wolframové žhavené vlákno, umístěné v tzv. Wehneltově válci. Elektrony jsou urychlovány směrem k vzorku urychlovacím napětím (typicky 0,1-30kV). Svazek elektronů (paprsek) je směřován a zaostřován elektromagnetickými čočkami. Tubus obsahuje zpravidla jednu nebo více kondenzorových čoček, objektivovou čočku, vychylovací cívky rastrů a cívky stigmátorů pro korekci astigmatismu.



Obr. 1. : Interakce elektronového svazku se vzorkem.

3 Fraktografické měření

Pomocí řádkového elektronového mikroskopu byly pořízeny fotografie lomové plochy vzorku F1R integrálního panelu. Fotografovaná místa byla vzdálena 0,5 cm až 1 cm. Zvětšení fotografie bylo 3.000x a 10.000x. U každé fotografie jsme změřili průměrnou vzdálenost striací, pro uvedenou délku trhliny a na základě uvedených údajů spočetli rychlost šíření, kterou jsme vynesli do grafu změřeného v ruběhu zkoušku na CLKV Brno [2] (viz Obr. 2).



Obr. 2. : Rychlost šíření únavové trhliny v závislosti na její délce, data ze zkušebny CLKV a fraktograficky zrekonstruovaná data (červené body).

4. Výsledky

Z našeho měření je patrné, že nejmenší vzdálenost mezi striacemi a tedy nejnížší rychlost šíření je v oblasti podélníku (stringer). Zpomalení šíření trhliny v uvedené oblasti je dáno geometrií tělesa a bylo prozorováno i při experimentálním měření délky trhliny v CLKV. Přestože množina zkoumaných dat je velmi malá, bylo dosaženo dobré shody s realitou. Otázkou zůstává zda je shoda náhodná, nebo zda je použitá metoda rekonstrukce dostatečně robustní.

Poděkování

Tímto chceme poděkovat Ing. Ondřeji Kováříkovi, Ph.D, Doc. Ing. Janu Sieglovi, CSc. a Ing. Janu Adámkovi, kteří nám s projektem pomohli.

Reference

- [1] Kovářík, O.,- Siegl, J.,- Kunz, J.: Fractographic Reconstitution of Fatigue Crack Growth in Integrally Stiffened Panels, výzkumná zpráva, CVUT FJFI Praha 2007. 33 s
- [2] Kovářík, O.,- Siegl, J.,- Kunz, J.: Fraktografické posouzení značkováného únavového lomu integrálního panelu F2, výzkumná zpráva, CVUT FJFI Praha 2009. 12 s
- [3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronov%C3%BD_mikroskop

RTG fázová analýza

T. Vrba

Gymnázium Svitavy, Sokolovská 1638/1, Svitavy

tomasvrbasy@seznam.cz

Abstrakt:

Miniprojekt je zaměřen na RTG fázovou analýzu krystalických látek. Tato analýza je založena na difrakci RTG záření na atomových rovinách. Metoda byla použita na identifikaci neznámého vzorku odebraného v jáchymovských uranových dolech. Vzorek byl identifikován jako kubický CaF_2 .

1 Úvod

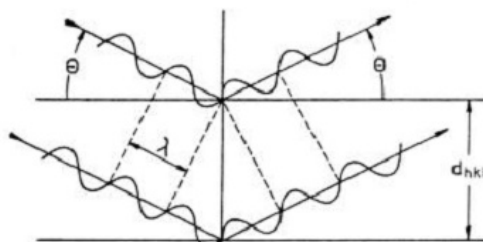
Cílem miniprojektu bylo seznámení se vznikem rentgenového záření a poté provedení dvou základních pokusů, které tohoto záření využívají. Hlavním úkolem bylo určení složení a struktury vzorku neznámé horniny z dolů v Jáchymově.

2 Braggova rovnice

RTG fázová analýza je založena na principu difrakce rentgenového záření. Strukturu krystalické mřížky si lze představit jako soustavu rovin. Ty se dají v prostoru uspořádat nekonečně mnoha způsoby. V případě, že na rovinu dopadá rentgenové záření, dochází na ní k difrakci. Vlny difraktované od dvou různých rovnoběžných rovin spolu interferují a je-li splněna podmínka daná Braggovou rovnicí, vzniká interferenční maximum. Braggova rovnice má tento tvar [1]:

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

kde λ je vlnová délka rentgenového záření, d je vzdálenost mezi rovinami a Θ úhel dopadu záření (Obr. 1).

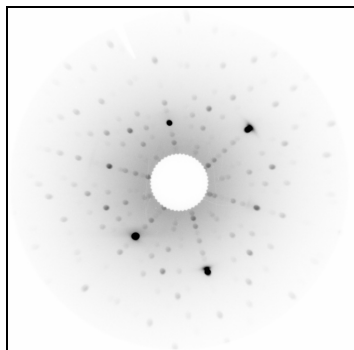


Obr. 1 Difrakce RTG záření na dvou sousedních atomových rovinách.

Když tato podmínka splněna není, dojde ke vzniku interferenčního minima, protože v soustavě velmi velkého počtu rovin se ke každé rovině nachází rovina, na které vlnění difraktuje s opačnou fází.

3 Laueho pokus

Při Laueho pokusu se používá polychromatické záření (tzv. bílé záření). Proto pokus sice neumožňuje určit složení látky a vzdálenost mezi rovinami krystalové mřížky, ale je možné určit druh krystalografické struktury dané látky. Také dovede spolehlivě rozlišit látku monokrystalickou od polykrystalické.



Obr.2 Lauegram monokrystalu Si (rovina (111))

Tento experiment jsme provedli na difraktometru v Debye-Scherrerově uspořádání na zpětný odraz a zkoumali dva vzorky známého složení. Vzorek se ozařoval 2 minuty a na film se odrážely pouze vlny, jejichž vlnová délka odpovídá Braggově podmínce. U křemíku poukazovaly symetricky rozmístěné body Lauegramu na orientaci vzorku ve směru [111] (viditelná trojčetná symetrie). U polykrystalické látky se body spojovaly do kružnic, protože jednotlivá zrna jsou v prostoru různě uspořádána.

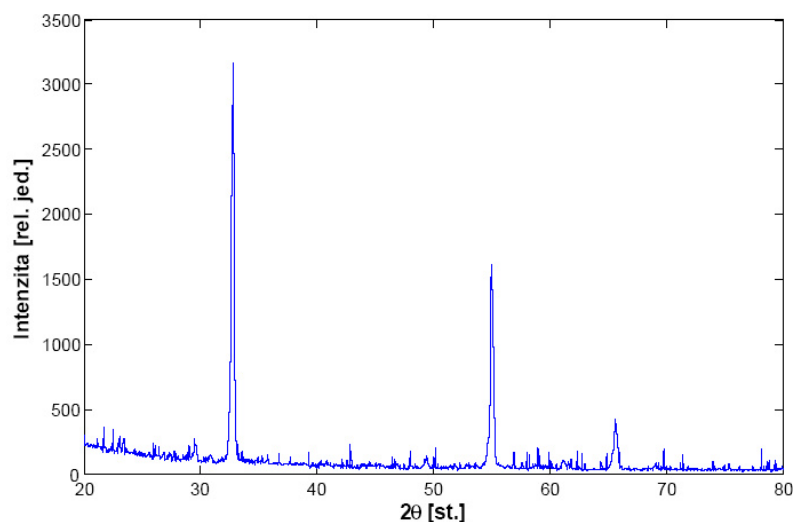
4 RTG fázová analýza

Při pokusu jsme zkoumali vzorek odebraný v jáchymovských dolech na difraktometru v Bragg-Brentanově uspořádání. Nejprve proběhlo rozdrcení vzorku a jeho nalepení na sklíčko.

Podmínky měření byly následující:

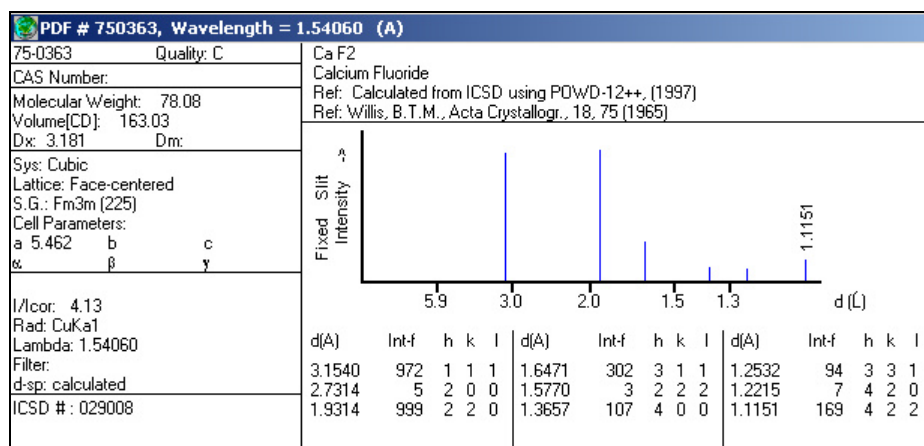
kobaltová anoda (vlnová délka	1,78897 Å)
napětí rentgenky:	30 kV
proud v rentgence:	20 mA
skenovaná oblast 2Θ :	20° až 80°
krok skenování $\Delta 2\Theta$:	0,05°
doba setrvání detektoru v jedné poloze:	5 s
rotace vzorku v průběhu měření	

Z naměřených hodnot jsme sestavili graf (Obr.3), který ukazuje, že interferenční maxima dostáváme při třech hodnotách 2Θ (32,85°, 55° a 65,65°). Odtud jsme pomocí Braggovy rovnice vypočítali odpovídající mezivrstevné vzdálenosti (0,316nm, 0,194nm a 0,165nm).



Obr.3 Naměřený difraktogram z práškového vzorku.

Při dalším postupu jsme použili databázi PDF [2] (powder diffraction file). Jako kritéria pro vyhledávání posloužily nejprve tři zjištěné hodnoty mezirovinných vzdáleností. Tuto podmínku však stále splňovalo velké množství vzorků. Proto jsme jako další kritérium použili obsah fluoru, protože jeho charakteristický zápach byl patrný při roztírání. Tímto způsobem jsme zjistili, že neznámým vzorkem je fluorid vápenatý (CaF_2 , příslušná karta z PDF databáze viz Obr.4) uspořádaný v plošně centrované kubické struktuře. Mřížkový parametr měl velikost $5,46 \text{ \AA}$.



Obr.4 Karta z PDF databáze příslušející kubickému CaF_2 .

5 Shrnutí

Při laboratorním cvičení jsme dokázali splnit všechny úkoly stanovené na začátku miniprojektu a určit neznámý vzorek z jáchymovských uranových dolů. Tento vzorek byl dlouhodobě vystaven účinkům přirozené radioaktivity a jeho podrobnější zkoumání by mohlo najít své uplatnění v souvislosti s budováním hlubinného úložiště jaderného odpadu.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat organizátorům fyzikálního týdne za možnost provést daný experiment.

Reference:

- [1] GIACOVAZZO, C. *Fundamentals of Crystallography*, Oxford University Press, 2002
- [2] www.icdd.com

Gama záření z přírodních zdrojů

D. Korenko – Sportovní gymnázium Kladno – korinek12@centrum.cz

M. Šebek – Gymnázium J.G.Jarkovského – mates@namarsu.com

T. Sýkora – Gymnázium Českolipská 373 – tomas.sykora@email.cz

Abstrakt:

Pracovali jsme na spektrometrii gama záření. S pomocí polovodičového HPGe detektoru jsme měřili záření gama u čtyř vzorků – panelu a omítky z domu s vysokým obsahem přírodních radionuklidů, třešní z Petřínského sadu a kamene z Hladové zdi. Pomocí naměřených spekter jsme byli schopni porovnat přítomnost radionuklidů v jednotlivých vzorcích.

Úvod

Na začátek by bylo vhodné vysvětlit samotnou podstatu záření gama. Když nestabilní jádro radionuklidu vyzáří α nebo β částici, přejde jádro do excitovaného stavu. Přejod jádra do stabilního stavu je doprovázen emisí fotonu o vysoké energii a frekvenci. Toto záření se nazývá γ záření a pro člověka je vysoce nebezpečné.

Spektrum tohoto záření se měří metodou spektrometrie za použití scintilačního nebo polovodičového detektoru. Detektory využívají korpuskulárních vlastností fotonů a měří energii elektronů srážejících se s fotony. Používají se polovodičové a scintilační detektory, přičemž polovodičové mají lepší rozlišovací schopnost, ale nižší účinnost.

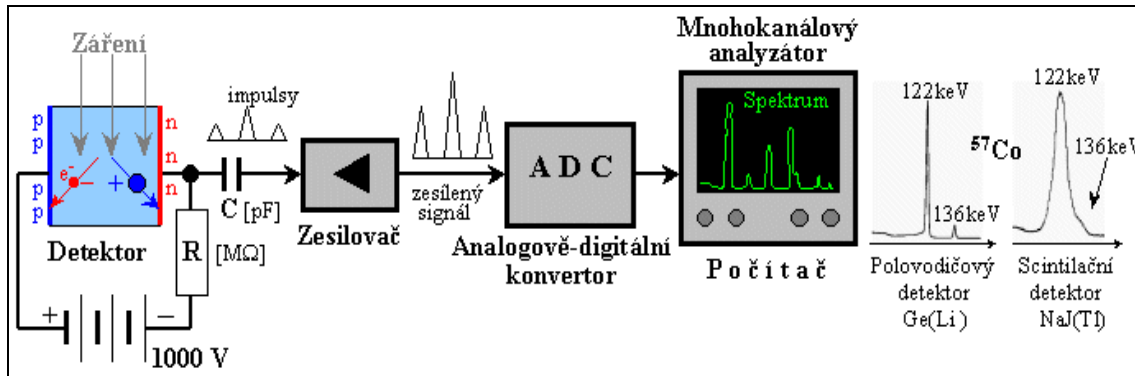


Schéma spektrometrické trasy s polovodičovým detektorem

Většina přírodních materiálů obsahuje určité množství přírodních radionuklidů. Tyto nuklidy se dělí na kosmogenní, primordiální a sekundární. Kosmogenní vznikají interakcí prvků s kosmickým zářením - nejčastěji v atmosféře. Neustále vznikají nové a mají menší poločas rozpadu. Jsou to například C-14, H-3, Be-7 a Na-22. Primordiální nuklidy existují od počátku existence naší planety a mají poločas rozpadu i několik miliard let. Jsou jimi U-238, U-235, Th-232 a K-40, které tvoří takzvané rozpadové řady. Poslední skupinou jsou sekundární nuklidy vznikající radioaktivním rozpadem primordiálních nuklidů. Například Ra-226, Rn-222 nebo Rn-220.

Měření

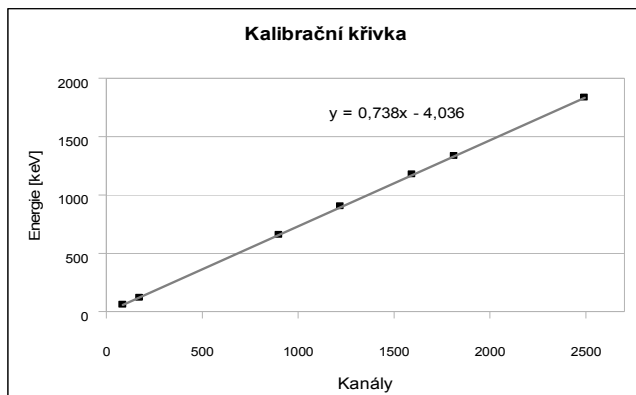
Přístroj

Použili jsme polovodičový HPGe detektor, jehož krystal je vyroben z vysoce čistého

Germania. Má rozlišovací schopnost 1.65 keV pro energii 1332 keV Co-60. Detektor je chlazen tekutým dusíkem, i když v současné době se používají i detektory chlazené elektricky pomocí coolerů. Detektor je umístěn v olověném stínění, aby se minimalizovalo pozadí od okolního záření.

Energetická kalibrace

Pomocí etalonu o známém složení byla provedena energetická kalibrace – přiřadili jsme kanálům odpovídající energetické hodnoty. Na grafu č.1 je vidět kalibrační křivka s rovnicí kalibrace. V tabulce jsou uvedeny nuklidy s jejich příslušnými energetickými hodnotami a kanály.

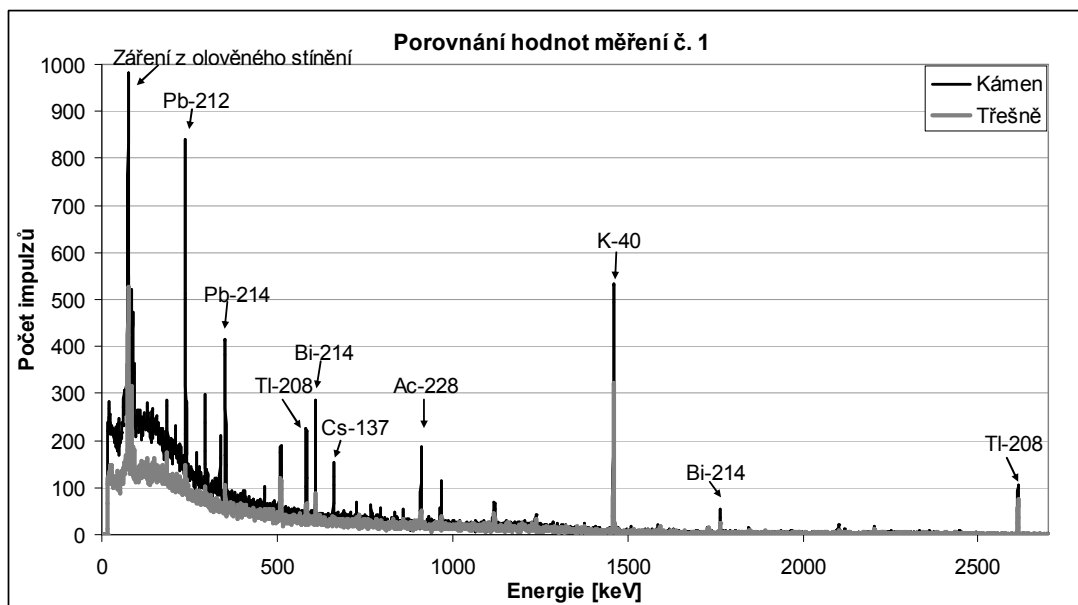


<u>Nuklid</u>	<u>Energie</u>	<u>Kanál</u>
Am-241	59,54	86
Co-57	122,06	171
Cs-137	661,65	902
Y-88	898,02	1222
Co-60	1173,22	1595
Co-60	1332,49	1811
Y-88	1836,01	2493

Graf č.1

Měření I.

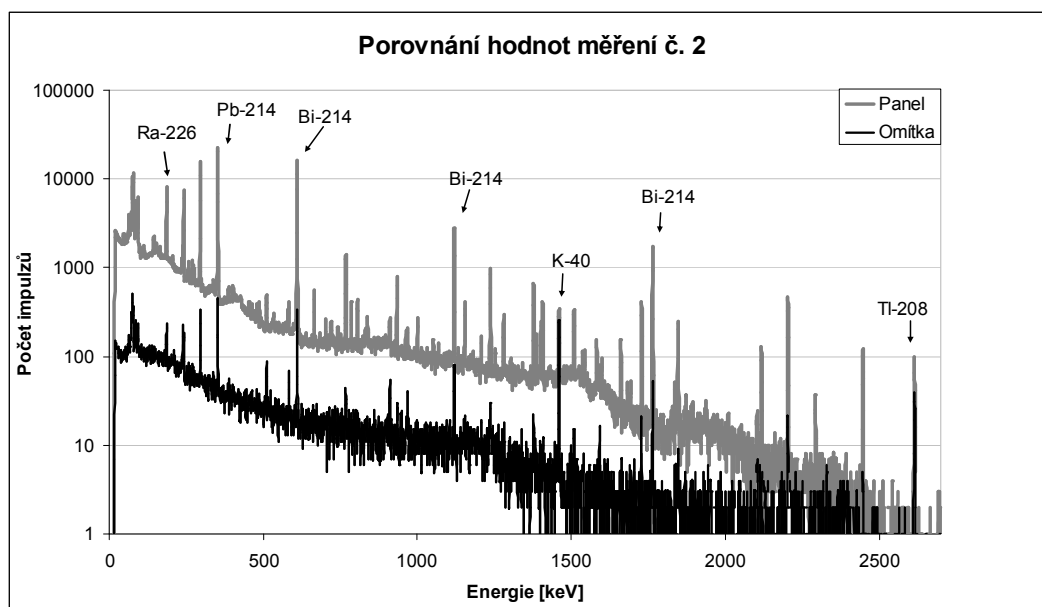
Měřili jsme vzorek třešní z Petřínského sadu a vzorek kamene z Hladové zdi. Oba vzorky byly měřeny po dobu 12000 sekund. Graf č.2 jasně znázorňuje, jaké radionuklidy jsou přítomny ve vzorcích. Je vidět, že jsou všechny přírodního původu (kromě Cs-137 v kameni), takže jejich výskyt byl předpokladatelný. Nejvyšší jsou hodnoty K-40, u testovaného kamene jsme naměřili větší počet impulzů než u třešní. První větší pík není záření gama, nýbrž fotony charakteristického záření X, které bylo vybuzeáno v olověném stínění.



Graf č.2

Měření II.

Měřili jsme vzorky panelu a omítky. Na výrobu panelu byly použity materiály s vysokým obsahem přírodních radionuklidů. Oba vzorky byly měřeny po dobu 6000 sekund. Pro názornější zobrazení jsme použili na ose y logaritmické měřítko (hodnoty u měřených vzorků se lišily o 2 řády). Používáním nevhodných surovin se do stavebních materiálů dostaly přírodní radionuklidy (vyznačeny na grafu č.3). Jasně jsou pozorovatelné produkty thoriové a uranové rozpadové řady (Ra-226 a poté jeho dceřiné nuklidy Pb-214 a Bi-214). Mezi hodnotami 2000 a 2500 keV lze najít píky, které vznikly chybou přístroje (detektor zaregistruje jednu dávku energie zatímco přiletěly dva fotony – sečetl jejich energie). Tyto nepřesnosti jsou způsobeny větší aktivitou měřených vzorků.



Graf č.3

Závěr

Mnoho radionuklidů se vyskytuje běžně v přírodě. To jsme potvrdili spektrometrií záření gama u námi sebraných vzorků i u vzorků v majetku FJFI. V třešních při prvním měření jsme zjistili radionuklid K-40. Ten byl obsažen i v kameni z Hladové zdi, avšak ve vyšší koncentraci. V témže kameni jsme zároveň našli další obvyklé přírodní radionuklidy (Pb-214, Bi-214) a nepřírodní Cs-137, které má zřejmě původ v havárii Černobylu.

Z druhého měření jasně vyplynula větší radioaktivita panelu než omítky. V materiálu jsme potvrdili velké obsahy prvků thoriové i uranové řady. Kvůli jejich nebezpečnosti je jasné, proč byl dům, z něhož vzorky pocházejí, určen k demolici.

Vzorky neměli stejné rozměry a z časových důvodů jsme neprovedli účinnostní kalibraci, takže jsme nemohli přesně vypočítat aktivitu uvedených radionuklidů. Aktivity jsme proto porovnávali jen podle plochy naměřených píků.

Monitorování radionuklidů je důležité pro zabezpečení kvalitního životního prostředí, proto jsou metody jako spektrometrie záření gama velice významné pro celé lidstvo.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat supervisovi ing.Lence Trnkové za pomoc a ochotu při vypracování monoprojektu a i FJFI za organizaci celého fyzikálního týdne (zvláště pak Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za poutavé přednášky a koordinaci Fyztýd09).

Zdroje

V.Ullman: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>

<http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Svadlenkova/Scintilacni%20detektory.pdf>

<http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm#4>

<http://ie.lbl.gov/toi/nucSearch.asp>

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

http://cs.wikipedia.org/wiki/Rozpadov%C3%A1_%C5%99ada

Termoluminiscenční dozimetrie

Barbora Anna Bajajová
Gymnázium Vyškov
barcaanna@seznam.cz

Vladimír Míč
Gymnázium Křenová
v.mic@centrum.cz

Alexander Slávik
Gymnázium, Brno-Řečkovice
slavik.alexander@seznam.cz

Igor Turčan
Gymnázium Vyškov
igorturcan@seznam.cz

Abstrakt

Cílem naší práce bylo vytvoření kalibrační křivky pomocí dozimetrů ozářených známými dávkami a následné zjištění dávky absorbované neznámým vzorkem pomocí této křivky. Zároveň jsme zkoumali vliv dlouhodobého fadingu na dozimetrie. K experimentům jsme využili LiF dozimetrie TLD-1000 a aparaturu Harshaw 4000.

1 Úvod

Některé látky mají tu vlastnost, že po vystavení ionizačnímu záření (IZ) a následném zahřátí emitují viditelné světlo. Tento jev se nazývá termoluminiscence (TL). Jeho využití je zejména v tzv. integrální (sčítací) dozimetrii.

Dozimetrie je věda zabývající se měřením veličin spojených s ionizujícím zářením. Její velký význam je v ochraně obyvatelstva, protože IZ je pro živé organismy škodlivé, či dokonce smrtící. Termoluminiscenční dozimetrie je metoda měření dávky ionizačního záření, založena na výše zmíněném jevu termoluminiscence. V současnosti je to jedna z nejvyužívanějších dozimetrických metod.

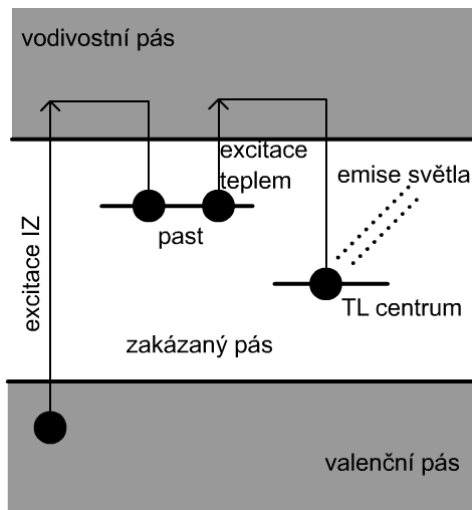
Cílem naší práce bylo vytvoření kalibrační křivky (tj. závislosti odezvy dozimetrů na absorbované dávce IZ) pomocí sad dozimetrů ozářených známými dávkami a stanovení absorbované dávky u neznámého vzorku.

2 Teorie

Jev termoluminiscence můžeme objasnit pomocí pásového modelu krystalu. Za standardních podmínek se elektrony nachází v tzv. valenčním pásu, odkud je lze excitovat do vodivostního pásu (mimo jiné) expozicí IZ. Mezi těmito dvěma pásy se nachází zakázaný pás, kde se v ideálním krystalu nemohou elektrony vyskytovat (z kvantově mechanických důvodů). V reálných krystalech se však nachází poruchy (příměsi, vakance ap.), které umožňují existenci energetických hladin v zakázaném pásu. Tyto hladiny mohou být dvojího typu:

- pasti – z těchto hladin nemohou elektrony přejít do stavu s nižší energií
- centra – z těchto hladin lze přejít do stavu s nižší energií.

Excitované elektrony mají samovolnou tendenci snižovat svoji energii, díky čemuž dochází k jejich sestupu do valenčního pásu, center a pasti. Dodáním tepla se elektrony v pastech opět excitují a dostanou do vodivostního pásu (pro „hlubší“ pasti je třeba dodat více tepla). Z vodivostního pásu se opětovně „propadají“, přičemž některé přejdou do tzv. termoluminiscenčních center, ve kterých rekombinují s děrami. Při tomto přechodu se emituje foton viditelného světla.



Obrázek 1: schéma termoluminiscenčního jevu.

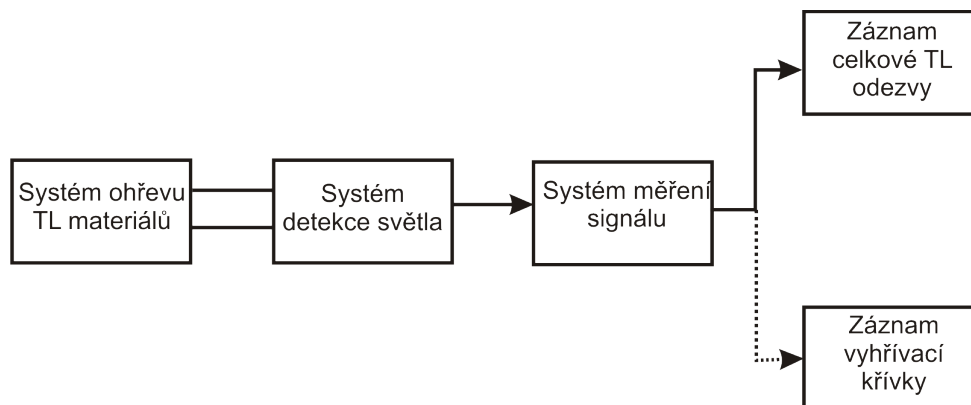
Při využití v dozimetrii měříme toto vyzářené světlo pomocí fotonásobičů, fotodiod či jiných prostředků. V rozsahu daném použitým materiálem dozimetru je závislost této odezvy přímo úměrná dávce absorbované dozimetrem.

Za pokojových teplot dochází k postupnému vyprazdňování elektronových pasti (zvláště těch „mělkých“), čemuž se říká fading. Proto se při analýze dozimetrů používá předohřev, kterým se vyprázdní pasti nejvíce podléhající fadingu. Díky fadingu je ve starších dozimetrech poměr odezvy k dávce menší.

3 Měření, výsledky

V první části měření jsme nejprve stanovovali kalibrační křivku, tedy závislost odezvy dozimetrů na absorbované dávce. Použili jsme tři sady po sedmi dozimetrech TLD-1000 z fluoridu litného ozářené dávkami 0,2, 0,4 a 0,6 Gy a jednu sadu neozářených dozimetrů. K měření odezvy byl použit přístroj Harshaw 4000, který pracuje následovně:

1. provede se předohřev k odstranění vlivu fadingu
2. dozimetr se postupně zahřívá a zaznamenává se intenzita světla vyzářovaného dozimetrem
3. určí se odezva jako celkový náboj vyvolaný TL na fotokatodě fotonásobiče.



Obrázek 2: schéma zpracování TL dozimetru.

Pro další zpracování jsme vypočetli průměrnou odezvu každé sady, vynesli závislost této odezvy na absorbované dávce do grafu a provedli lineární regresi. Dle předpokladu vykazovala naměřená data lineární závislost, dokonce velmi dobře. Získaná rovnice kalibrační křivky je

$$y = 2599,31D + 2,27,$$

kde y je odezva dozimetru ($[y] = \text{nC}$) a D dávka ($[D] = \text{Gy}$).

Díky znalosti kalibrační křivky jsme mohli určit dávku absorbovanou neznámým vzorkem, která byla zaznamenána opět v sedmi dozimetrech TLD-1000. Stejně jako u známých dávek jsme změřili odezvy dozimetrů a vypočítali průměrnou hodnotu. Z té jsme potom na základě známé lineární závislosti stanovili hodnotu neznámé dávky na $0,472 \pm 0,005 \text{ Gy}$.

Abychom zjistili vliv fadingu, změřili jsme odezvu dalších, čerstvě ozářených dozimetrů (předchozí sady byly ozařovány v listopadu r. 2008). Tyto nové sady jsme zpracovali pomocí lineární regrese, přičemž rovnice závislosti vyšla

$$y = 2999,08D - 9,65.$$

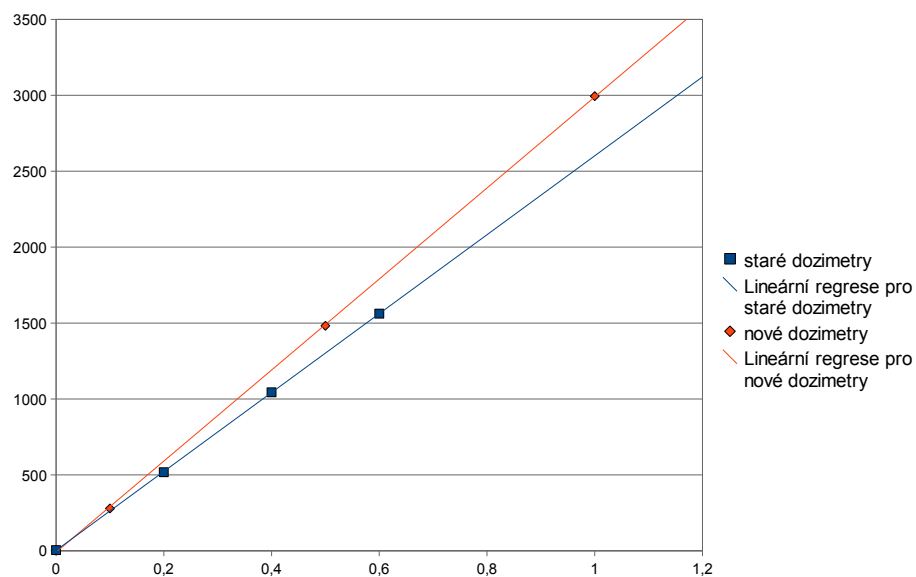
Ze zjištěného rozdílu je dobře patrné, že vliv fadingu při dlouhých časových intervalech nelze zanedbat.

4 Závěr

Na základě naměřených hodnot jsme stanovili kalibrační křivku, pomocí níž jsme následně určili dávku IZ absorbovanou neznámým vzorkem. Zároveň jsme prokázali vliv fadingu na odezvu dozimetrů při TL. Chyby v tomto měření mohly být způsobeny možným nerovnoměrným ozářením dozimetrů a vlivem fadingu (stárí vzorků).

Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli poděkovat především Ing. Petru Průšovi, našemu supervisorovi, za zasloužení do problematiky termoluminiscenční dozimetrie a odborný dohled nad naším výzkumem a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze za poskytnutí prostor a vybavení nezbytného k provedení naší práce.



Obrázek 3: kalibrační křivky pro starou a novou sadu dozimetrů.

Reference

- [1] MUSÍLEK, Ladislav, ŠEDA, Josef, TROUSIL, Jaroslav. *Dozimetrie ionizujícího záření (integrující metody)*. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1992. 282 s.
- [2] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Dozimetrie* [online]. c2009 [citováno 16. 06. 2009]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Dozimetrie&oldid=4075507>>

Rengenfluorescenční analýza, pomocník nejen při studiu památek

Barbora Vlková
Gymnázium Uničov
baja01@seznam.cz

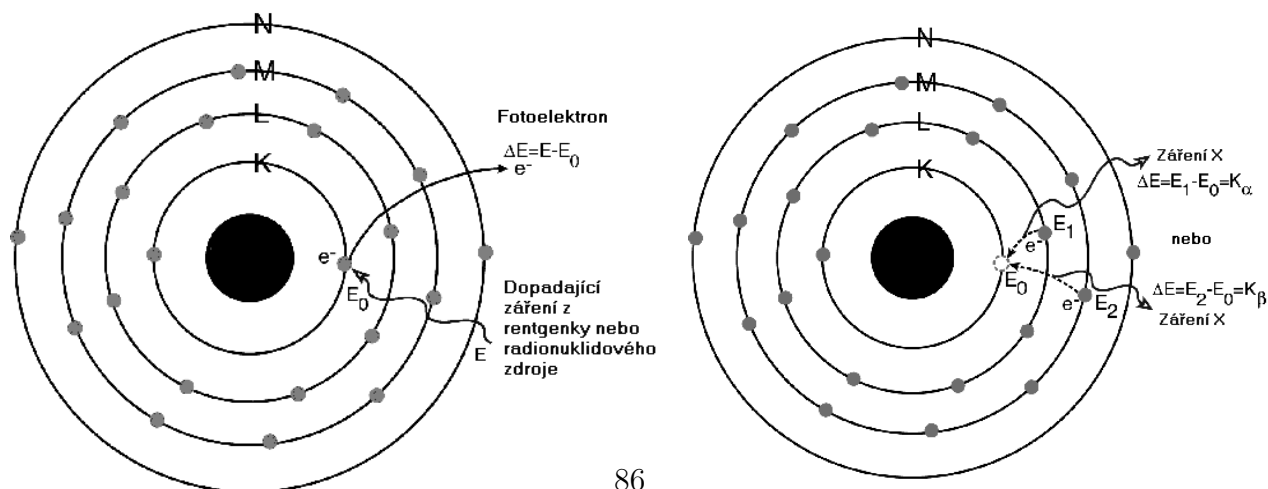
Pavel Čupr
Gymnázium Brno Křenová
pavel.cupr@seznam.cz

Abstrakt:

Radionuklidová rengenofluorescenční analýza (RFA) je metoda, která používá charakteristické záření vybuzeané ve vzorku k určení přítomnosti zájmových prvků. Její využití najdeme jak při zkoumání historických předmětů, tak při určování složení slitin kovů a v mnoha jiných oborech. V naší práci jsme se zaměřili na určení složení chemického složení několika historických předmětů a na závěr jsme zkoumali vzorky meteoritů.

1 Úvod

RFA je metoda, která nám pomáhá zkoumat dané vzorky bez jejich poškození a je založená na principu fotoelektrického jevu. Při něm dopadá námi vysílané záření na atom a dodává energii elektronům z vnitřních slupek atomu, které se následně uvolní z elektronového obalu. Na jejich pozici se přemístí elektrony z vnějších slupek, přičemž dojde k uvolnění energie v podobě nového záření, tzv. charakteristického záření. Toto záření snímáme detektorem a zaznamenáváme počty uvolněných fotonů s různými energiemi, které následně porovnáme s tabulkami energií charakteristického záření jednotlivých prvků. Díky tomu jsme schopni určit chemické složení daného vzorku.



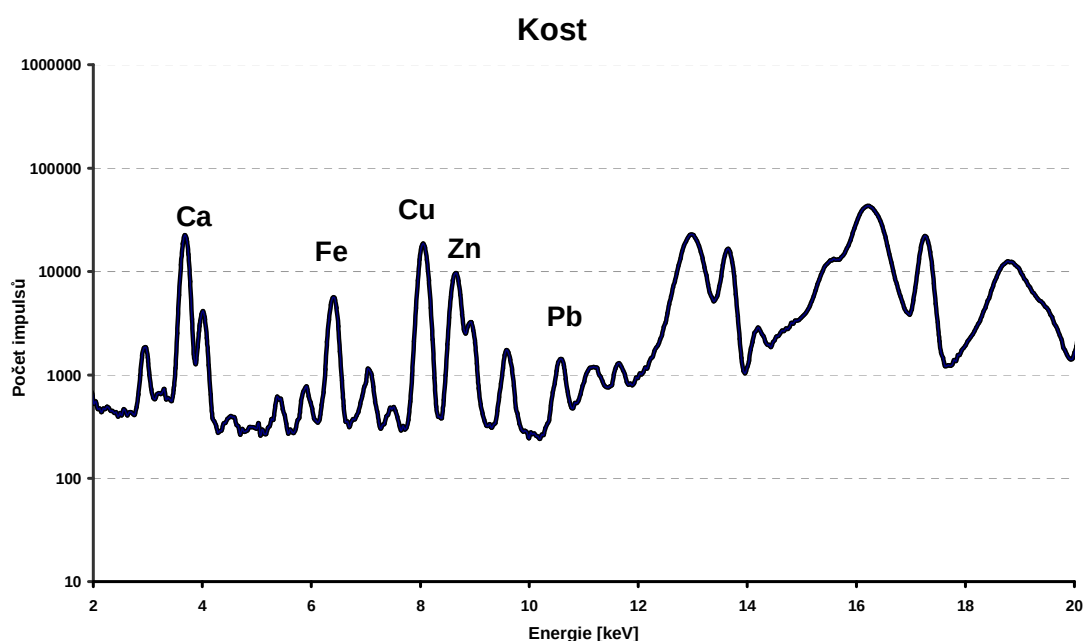
2 Průběh měření

2.1. Teorie

Měření jsme prováděli s přístrojem pro RFA sestávajícího z radionuklidového zdroje záření (^{238}Pu) a polovodičového detektoru. Detektor absorbuje měřené záření a vznikají v něm elektrické impulsy úměrně velké pohlcenému záření. V důsledku statických dějů v citlivém objemu detektoru nedostaneme na výstupu impulsy o jedné výšce, ale impulsy jejichž výšky mají přibližně Gaussovo rozložení – v měřeném rozmezí tedy dostaneme Gaussovy píky.

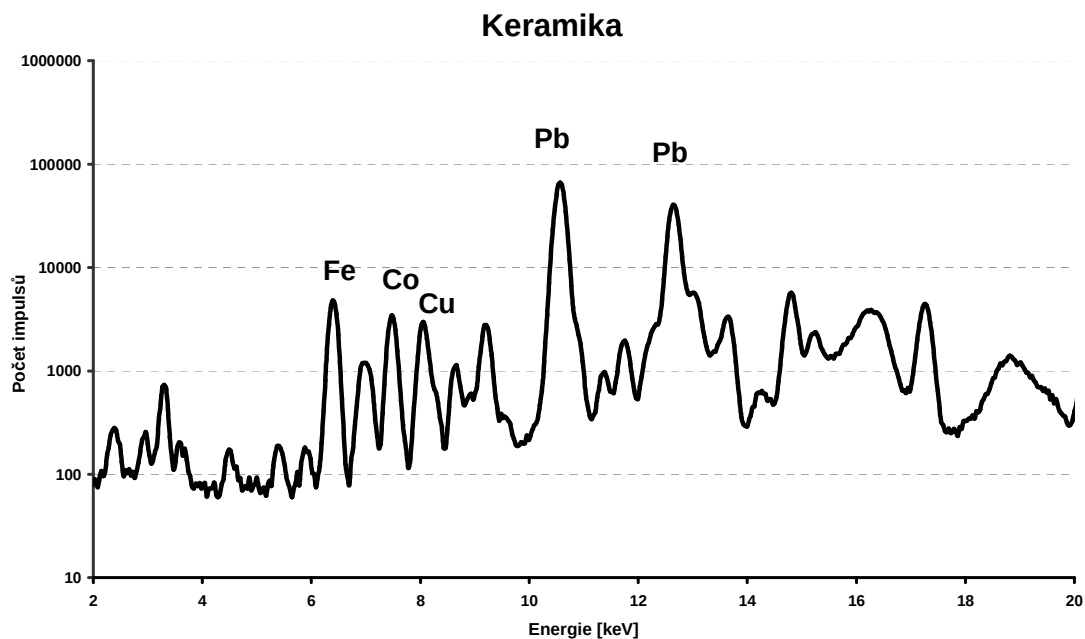
2.2. Výsledky analýzy

2.2.1 Kost



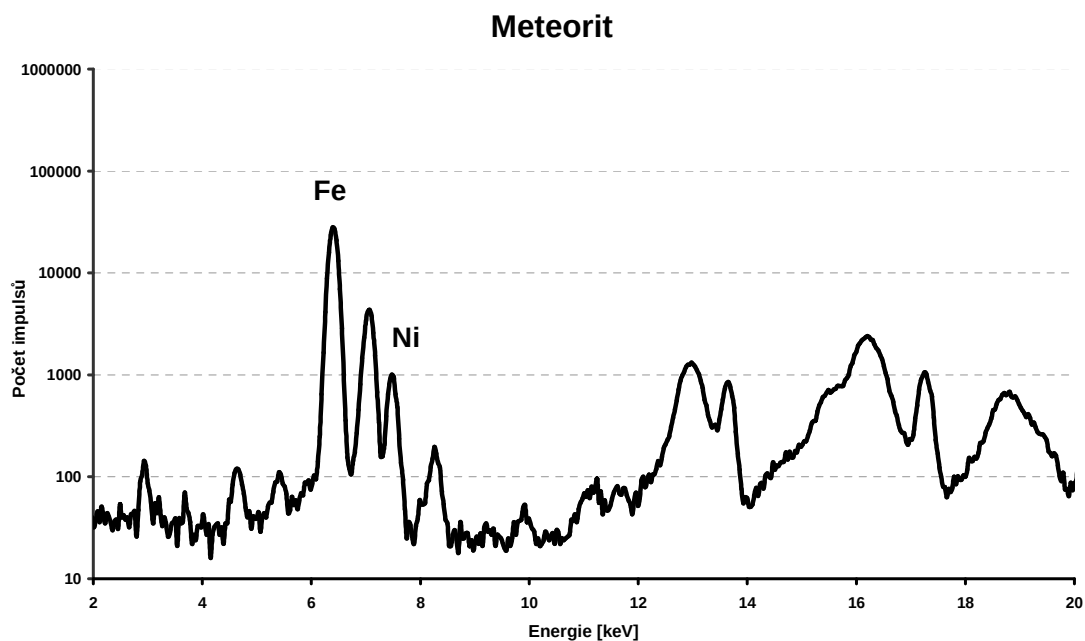
Kost, kterou jsme zkoumali, pocházela z lidského prstu a byla částečně pokryta nazelenalou vrstvou. Zjistili jsme, že člověk kterému patřila tato kost z prstu nosil prsten, který byl pravděpodobně vyroben z mosazi. Důkazem toho je přítomnost příměsí mosazi na povrchu kosti.

2.2.2 Úlomek keramiky



Pomocí RFA jsme zjistili, že v glazuře na úlomku keramiky byla použita kobaltová modř a glazura obsahuje olovo, které je v dnešní době zakázané.

2.2.3 Vzorek meteoritu



Díky RFA můžeme určit složení meteoritu, které může významně pomoci při zkoumání vesmíru. Námí zkoumaný vzorek meteoritu byl nalezen v roce 2005 v Saharské poušti.



Obr1. Stříbrná mince z r. 1944



Obr.2 Vzorek meteoritu z oblasti Sahary



Obr.3 Úlomek glazurované novodobé keramiky

3 Shrnutí

Při našem měření jsme ukázali využitelnost rentgenofluorescenční analýzy při studiu vzorků neznámého chemického složení. Díky této metodě jsme schopni určit přítomnost prvků od vápníku až po olovo. Prvky s nižším a vyšším protonovým číslem nejsme schopni měřit, protože hodnoty energie jejich uvolněného záření jsou již mimo rozsah našeho detektoru.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat našemu supervisorovi Ing. Tomáši Trojkovi, Phd. za vedení našeho monoprojektu. Dále děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a realizačnímu týmu za organizaci Fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] ČECHÁK, T. – TROJEK, T. – MUSÍLEK, L. – KOPECKÁ, I.: *Československý časopis pro fyziku* Fyzikální ústav AV ČR, 2005⁸⁹, 415-419

Simulace provozu JE s reaktorem VVER440

Kateřina Bucsuházy – Gymnázium Jana Blahoslava, Ivančice,

Kristýna Zemková – Gymnasium Slovanské nám. 7, Brno,

Iveta Beranová – Gymnasium Slovanské nám. 7, Brno,

Jan Valášek – Gymnázium Česká Lípa

katka_bucsuhazy@centrum.cz, Tyna.Zemkova@seznam.cz,

IvetaBeranova@seznam.cz, typerak@seznam.cz

Abstrakt:

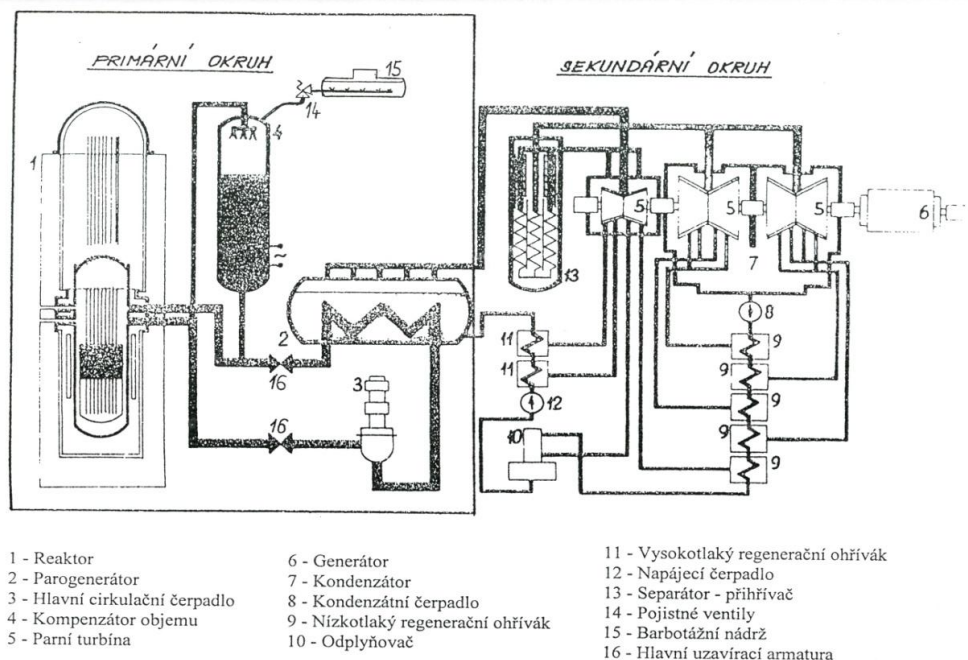
Jaderná energetika se dnes již stala téměř nepostradatelnou, i přesto má ještě pořád vysoké procento populace strach, jestli je opravdu bezpečná. Proto jsme se chtěli seznámit s tím, jak vlastně taková jaderná elektrárna funguje, a zjistit, jestli se při havárii zvládne reaktor samovolně odstavit a hlavně dojde-li k dochlazení aktivní zóny.

Úvod

Jaderné elektrárny se postupně stávají běžnou součástí našeho života a navíc typ reaktoru, se kterým jsme prováděli simulaci, používá naše první JE Dukovany. Proto jsme se chtěli dozvědět, jak tento reaktor funguje a jestli je opravdu bezpečný.

1. Teorie

Schéma jaderné elektrárny s reaktorem VVER-440 je dvouokruhové – teplo z reaktoru se odvádí primárním okruhem do tepelného výměníku (parogenerátoru), kde vzniká pára. Ta se sekundárním okruhem přivádí k turbíně, která pohání generátor.



Obr. Č. 1: Principiální schéma primárního a sekundárního okruhu JE VVER 440[1]

Reaktor VVER-440 je tlakovodní, nominální tlak na primárním okruhu je 12,26 MPa. Ruská zkratka VVER (vodo-vodjanoj energetičeskij reaktor) odpovídá anglické zkratce PWR (pressurized light-water cooled and moderated reactor).

Reaktor pracuje na základě štěpení pomocí tepelných neutronů. Rychlé neutrony ze štěpení je proto zapotřebí zpomalit pomocí moderátoru. Moderátorem je lehká voda, která zároveň plní funkci chladiva. Tato společná funkce je výhodná také z hlediska bezpečnosti, protože dojde-li při havárii na primárním okruhu ke ztrátě chladiva popř. snížení jeho hustoty vlivem zvýšené teploty, sníží se i moderační schopnosti. Neutrony jsou příliš rychlé a nejsou schopny štěpit U 235, tím se štěpná reakce samovolně odstavuje. Rovněž řídicí systémy jsou konstruovány tak, aby při nebezpečných situacích systémy bezpečně odstavily. Jak vypadá průběh havarijní situace nás zajímalo a proto jsme si ho vyzkoušeli na simulátoru.

Voda je slabě aktivována pouze v primárním okruhu, kde má teplotu 267°C na vstupu a ohřívá se o cca 30°C. Jako palivo slouží obohacený uran ve formě UO_2 . Do reaktoru se vkládá 312 palivových kazet a 37 kazet regulačních. Každá palivová kazeta se skládá ze 126 palivových proutků, ve kterých je palivo hermeticky uzavřeno. Tepelný výkon reaktoru je 1375 MW, ale protože účinnost bloku je necelých 33%, elektrický výkon činí pouze 440MW.

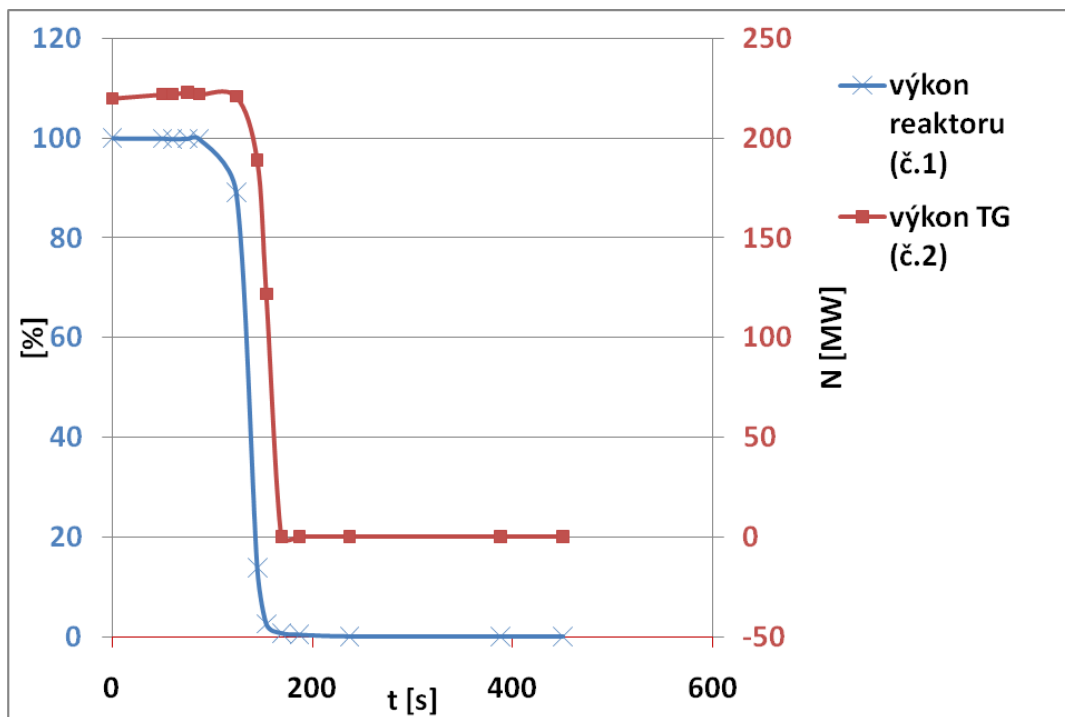
2. Simulace provozu s VVER-440

Simulaci provozu jaderné elektrárny s blokem VVER 440 jsme prováděli na počítačovém programu Simulátor SIMED v1.0. Tento program běžel na čtyřech počítačích, z nichž jeden byl řídicí, u kterého pracoval vedoucí primárního okruhu (PO), u dalšího seděl vedoucí sekundárního okruhu (SO) a zbylé dva počítače sloužily jako přehledové a ovládací panely jednotlivých okruhů. Simulovali jsme jak běžný stav provozu JE, tak i havarijní případy jako je například prasknutí potrubí v parním generátoru. Při této simulaci jsme zkoumali, jak na tuto situaci bude elektrárna reagovat, zda bude zaručeno bezpečné dochlazení aktivní zóny.

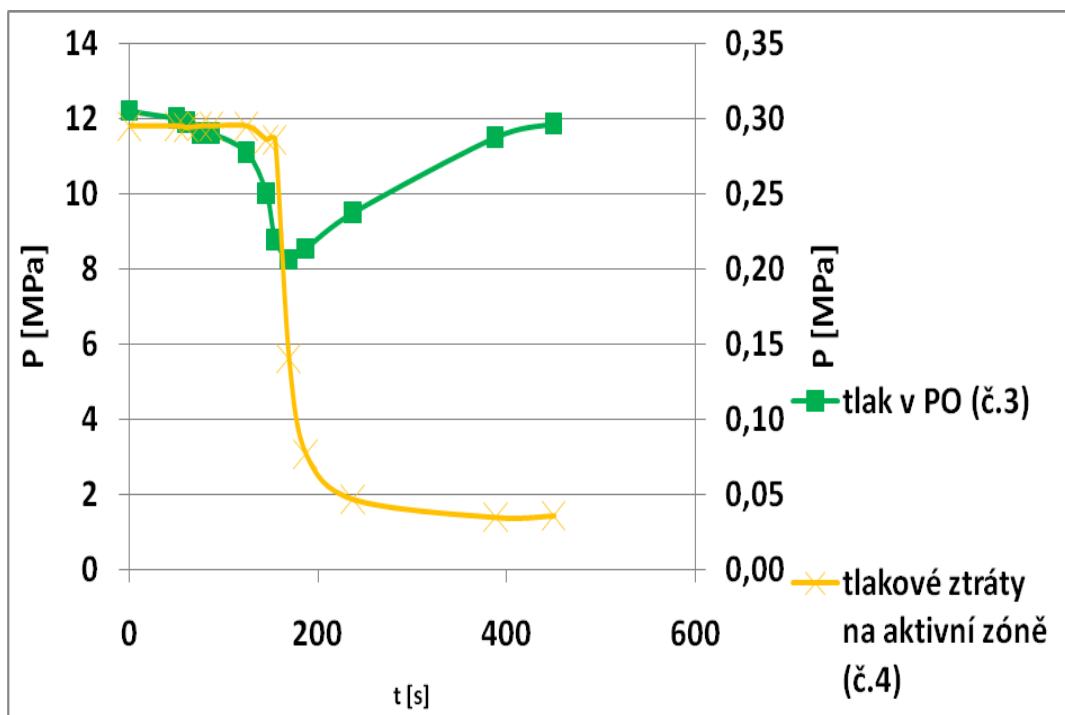
Praskne-li potrubí v parogenerátoru, voda vytéká z prasklého potrubí a odtéká do SO, kde zvedá hladinu vody na sekundární straně v postiženém parogenerátoru (PG). V PO klesá tlak. K jeho udržení jsou zapínány elektroohříváky (EO) kompenzátoru objemu (KO). Vzniklou parou v KO se vytlačí voda do PO a klesá její hladina. Při poklesu tlaku pod 11,3MPa se spustí havarijní ochrana 3 (HO-3) (zasouvání havarijních a regulačních kazet - HRK) a při jeho následném poklesu pod 9,3MPa zapůsobí HO-1 (pád HRK), která odstaví celý blok. Současně se zastaví hlavní cirkulační čerpadla ženoucí vodu v PO a dochází k odstavení turbín. V SO se tak zvýší tlak. V aktivní zóně (AZ) postupně dobíhá jaderná reakce a dochází k uvolňování zbytkového tepelného výkonu, který je třeba odvádět. To je zajištěno přirozenou konvekcí chladiva. Při úbytku chladiva na PO se automaticky otevřou ventily hydroakumulátorů a dochází k doplňování chladiva.

Uvedené děje ilustrují následující grafy. Na prvním z nich jsou zobrazeny výkony reaktoru a turbogenerátorů (TG), druhý ukazuje tlaky. Havárie se začíná projevovat v cca 60té sekundě poklesem tlaku v PO (křivka č.3), který zpomalují zapínající se EO v KO. Výkon reaktoru (křivka č.1) začíná postupně klesat po zásahu HO-3 v cca 90té sekundě. Později, cca ve 120té sekundě po snížení tlaku v PO na cca 10MPa, zapůsobí HO-1 a odstavuje blok, jak je vidět v poklesu výkonu TG (křivka č.2) a zastavení cirkulačních čerpadel PO (projevuje se poklesem tlakové ztráty na AZ – křivka č.4). Po odstavení bloku dochází ke vzrůstu tlaku a jeho stabilizaci vlivem doplňování chladiva a působení EO.

Prasknutí trubky parogenerátoru nepatří k nejzávažnějším haváriím. Do sekundárního okruhu sice pronikne aktivní voda z primárního okruhu, ale radioaktivita není tak vysoká, aby způsobila nějaké vážnější problémy. Největší problém při této havárii spočívá v zajištění dochlazení aktivní zóny. Pokud by totiž aktivní zóna nebyla dochlazena, mohlo by dojít k jejímu roztavení.



Závislost výkonů na čase (výkon TG na vedlejší ose)



Závislost tlaků na čase (tlakové ztráty na AZ na vedlejší ose)

Shrnutí

Zjistili jsme, že jaderná elektrárna je z hlediska bezpečnosti koncipována velmi dobře. Při havárii – prasknutí trubky parogenerátoru – kterou jsme zkoušeli simulovat, se všechna zařízení bez problému samovolně odstavila a došlo i k dochlazení aktivní zóny.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI ČVUT v Praze za pořádání Fyzikálního týdne a především supervizorovi našeho projektu Ing. Dušanu Kobylkovi, Ph.D.

Zdroje:

- [1] ČEZ a.s: *Primární část JE VVER 440 s reaktorem V-213-č, studijní materiály*, 1999, pp. č. strany–č 7.
- [2] DOC. ING. BEDŘICH HEŘMANSKÝ, CSC. *Jaderná zařízení I* ČVUT 1990
- [3] [HTTP://WWW.SUJB.CZ/DOCS/NZ_PRILOHA1.PDF](http://www.sujb.cz/docs/nz_priloha1.pdf) 16.6.2009

Simulace provozu JE s bloky VVER 1000 a ABWR.

Jiří Terš, Gymnázium Botičská, Zakarumit.Z@seznam.cz
Pavel Polcer, Gymnázium Křenová, polcerpavel@seznam.cz

Abstrakt:

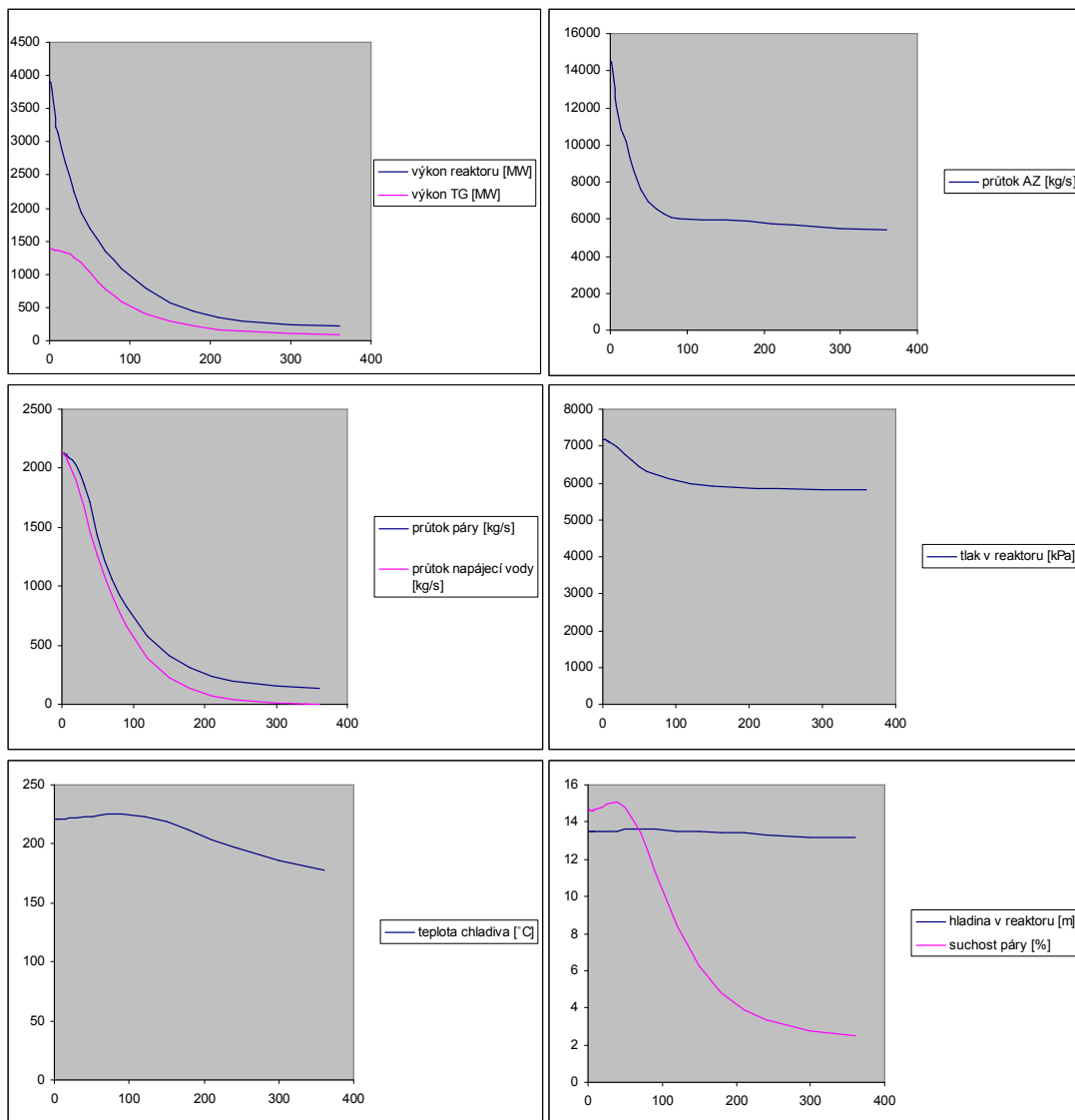
Naším cílem bylo seznámit se s problematikou jaderných elektráren především typu ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) a vyzkoušet simulace některých jejich stavů. Pro naše potřeby jsme měli k dispozici software "IAEA Generic Boiling Water Reactor Simulator".

1 Úvod

Vzhledem k narůstající důležitosti jaderné energetiky ve světě jsme se rozhodli věnovat právě tomuto tématu. Vrcholem našeho snažení bylo sestavit grafy závislosti různých proměnných veličin při provozu reaktoru v závislosti na čase a zjistit, jak se mění.

2 Blok ABWR

- Blok tzv. Pokročilého varného vodního reaktoru má samozřejmě velké množství provozních charakteristik. Vyjmenoval bych z nich několik nejdůležitějších, jako je třeba výkon turbogenerátoru (1300 MW), tepelný výkon jádra (téměř 4 GW), z toho plynoucí účinnost okolo 33,1%, průměrný průtok páry 2122 kg/s a napájecí vody 2118 kg/s. Průtok aktivní zónou je výrazně vyšší, protože je zde celkem 10 cirkulačních čerpadel, která promíchávají vodu v reaktoru a zvyšují (nebo při vypnutí naopak snižují reaktivitu) a dosahuje tak hodnoty okolo 14502 kg/s. Tlak v reaktoru se pohybuje okolo 7,07 Mpa, teplota syté páry je tedy 286,5 stupně Celsia. Reaktory tohoto typu obsahují standartně 159 tun paliva obohaceného na 3-4%. V aktivní zóně je celkem 92 palivových tyčí v obalech ze slitiny Zirkonia.
- K regulaci výkonu se zde využívá několika systémů. Při krátkodobých změnách výkonu se používají regulační tyče a nebo změna rychlosti cirkulace vody v aktivní zóně. Pokud jde o dlouhodobou regulaci výkonu, používá se kyselina boritá, která se přidává do napájecí vody.
- Turbogenerátor obsahuje 1 vysokotlaký stupeň a 3 nízkotlaké a dosahuje otáček 1800/s. Aby se zvýšila účinnost, obsahuje systém také celkem 3x4 nízkotlaké ohříváky a 2x2 vysokotlaké ohříváky.
- Soustředili jsme se především na změny veličin při havarijním odstavení reaktoru, kdy dojde k okamžitému vstřelení havarijních tyčí do aktivní zóny. Naše výsledky jsou shrnuty v následujících grafech, bylo zaznamenáno celkem 25 údajů 9 různých veličin v závislosti na čase.



3 Shrnutí

Jak je vidět, některé veličiny klesají poměrně rychle, jiné pomaleji. Například výkon jádra klesá velmi rychle, naopak výkon turbogenerátoru pozvolněji. Ke snížení průtoku vody aktivní zónou a snížení tlaku v reaktoru dochází poměrně rychle a k dalším větším změnám v čas již nedochází. Teplota chladiva a suchost páry nejprve lehce stoupá a potom začíná klesat.

Poděkování

Děkujeme tímto Ing. Dušanu Kobylkovi Ph.D. za velmi kvalitní zaškolení do problematiky, Katedře jaderných reaktorů za možnost využití jejich softwaru a výpočetní techniky pro

zpracování a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za možnost dostat se k tomuto tématu takto blízko.

Reference:

- [1] KOBYLKA DUŠAN *Simulace provozních stavů jaderných elektráren-ABWR (PowerPoint)*
- [2] KOBYLKA DUŠAN *Jaderné elektrárny (PowerPoint)*

Byla v Koněpruských jeskyních skutečně penězokazecká dílna?

Iva Pařízková – Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 27¹

Pavel Říha – Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 27²

Václav Kučera – Gymnázium Vysoké Mýto, Nám. Vaňorného 163³

Abstrakt

Otázka zda se v Koněpruských jeskyních padělaly mince je stále nejasná. Podle dřívějších paleontologických výzkumů tomu tak bylo v severní jeskyni Mincovna. Odebrali jsme vzorky sintrů z potenciálních ohnišť a podrobili je rentgenfluorescenční analýze. Zkoumali jsme v nich obsahy kovů, zejména mědi, neboť materiálem pro padělky byla měď. Ve vzorcích ze severní jeskyně se žádné větší množství mědi nevyskytovalo, proto předpokládáme, že ohniště obyvatelům sloužila k životním potřebám. Penězokazecká dílna byla pravděpodobně v jižní části, kde jsme ve vzorcích z ohniště našli stopy mědi.

1 Úvod

Cílem našeho projektu bylo dokázat, že se v Koněpruských jeskyních skutečně padělaly mince a přesně lokalizovat ohniště. Proto jsme se na začátku našeho bádání vydali do Koněpruských jeskyní nasbírat vzorky.

Koněpruské jeskyně se nalézají v CHKO Český kras asi 5 km od města Beroun (GPS 49°54'55.718"N, 14°4'2.907"E). Je to nejdelší jeskynní komplex v Čechách. V roce 1950 zde bylo objeveno střední patro jeskyní, z větší části zpřístupněných až v roce 1959 [1]. Náš výzkum se soustředil na část zvanou Mincovna, ve které se nachází pozůstatky několika ohnišť. Soustředili jsme se na místa tvořící stropy nebo stěny ohnišť, nejvíce začerněná. Celkem jsme odebrali 9 vzorků sintrů a našli 2 staré mince.

2 Dřívější paleontologický výzkum Mincovny

První informace, zpracovaná Antonínem Hejnou a Pavlem Radoměřským o výzkumu problému, byla předložena již 16. 3. 1957. Nálezy ukazující na přítomnost penězokazecké dílny se skutečně nacházely výhradně v severní části jeskyně Mincovna. Řez terénem ukázal, že podloží v hloubce asi 50–60 cm obsahuje kromě uhlíku a kostí také velké množství mincovních nálezů – nejčastěji tzv. cissalie, což je mincovní odpad. Dalším velice významným důkazem bylo nalezení zbytků spáleného dřeva a skupiny kamenů, které mohou být pozůstatkem ohniště. Základním poznatkem výzkumu však bylo, že výroba mincí byla převážně koncentrována v severní jeskyni [2].

¹ iva.parizkova@email.cz

² alphard.alphard@gmail.com

³ v.kucera@gvmyto.cz

3 Náš výzkum

Použitá metoda

Pro stanovení kovů v odebraných vzorcích jsme zvolili metodu XRF. Rentgenfluorescenční analýza je nedestruktivní metoda využívající charakteristické záření vybuze­né ve vzorku kurčení přítomnosti zájmových prvků. Základem celého principu je použití zdroje budícího záření, který ozařuje vzorek a detektor, který snímá charakteristické záření. Záření se buď absorbuje, tzv. fotoefekt, nebo se na atomech vzorku rozptýlí. Při absorpci dochází k vyzáření elektronu z některé vnitřní slupky obalu atomu, které provází také uvolnění určité energie. A právě tato energie je charakteristické rentgenové záření [3].

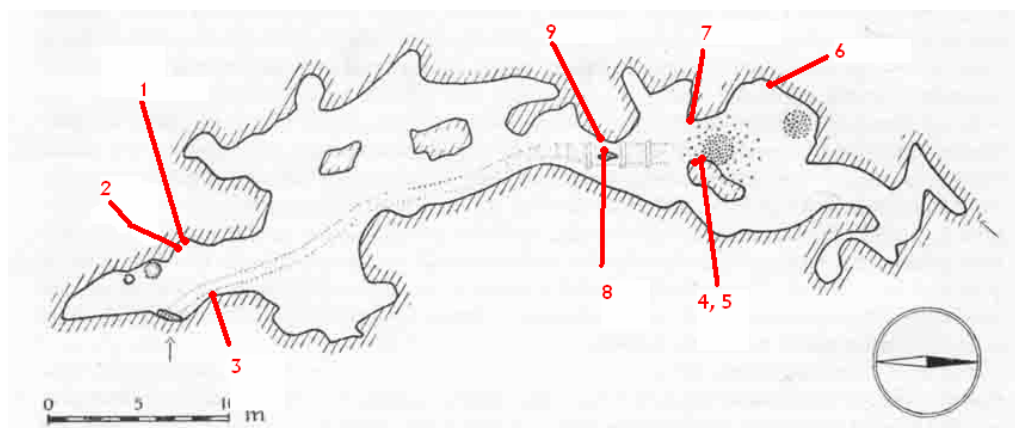


Obr. 1: Schéma XRF analyzátoru

My jsme k našemu pokusu použili jako zdroj záření plutonium 238. Peněžokazeckou dílnu by prokázala přítomnost mědi, protože padělky stříbrných mincí se razily z měděných střešních plátů a následně byly postříbřeny. Při tepelném zpracování padělků se páry mědi mohly usazovat na stropěch ohnišť. Soustředili jsme se také na další kovy, např. železo a zinek, indikující použití kovových nástrojů.

Odběr vzorků

Pro odběr jsme vybírali místa po bývalých ohništích. Zpravidla se zakouřenými stěnami. Z těchto míst jsme opatrně odloupli malý kousek horniny. Místa byla podrobně zdokumentována, též fotograficky (mapa 1). Vzorky 1–3 byly odebrány v jižní části jeskyně, vzorky 4–9 v severní části jeskyně.



Mapa 1: Místa odběru vzorků – použit původní náčrt Mincovny z roku 1956

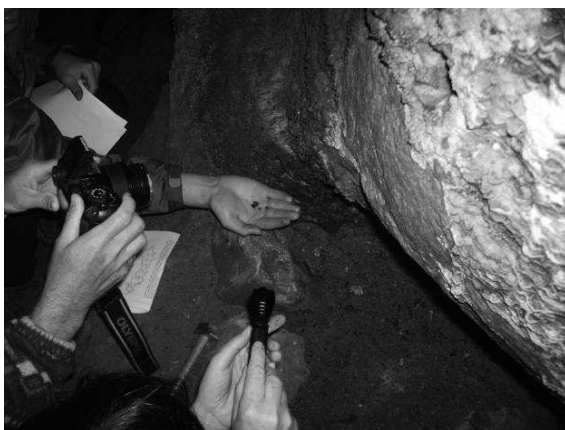


Foto 1: Odběr vzorku



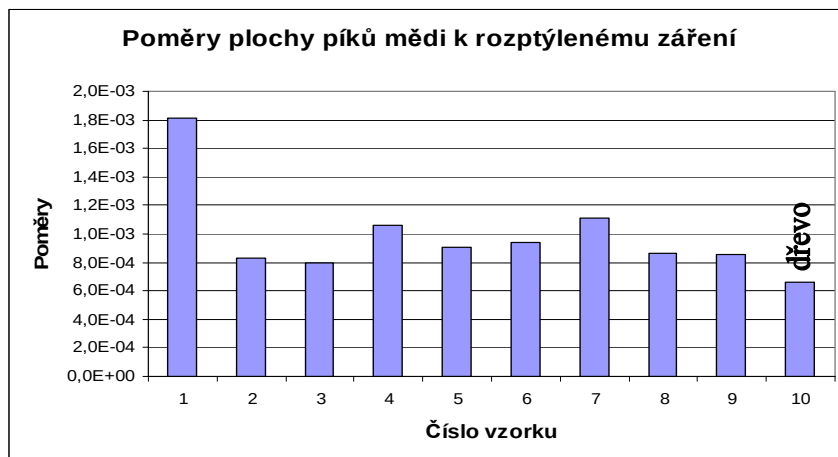
Foto 2: Ohniště č. 1 – nález mědi v sintru

Měření

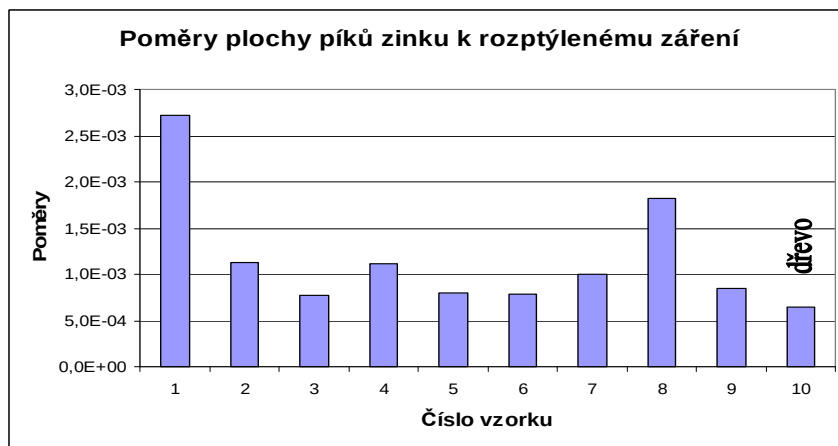
Po příchodu do laboratoře se vzorky nechaly chvíli vysušit a pak už mohla začít samotná badatelská práce. Postupně jsme každý vzorek vložili do přístroje pro rentgenfluorescenční analýzu. Doba měření každého vzorku byla 1000 sekund. Pro stanovení úrovně pozadí bez přítomnosti kovů byl použit vzorek dřeva. Rentgenfluorescenční spektra se ukládala do počítače a následně byla graficky zpracována v Excelu.

Výsledky

Protože nebyla dodržena geometrie měření (různá velikost vzorků sintrů), použili jsme k závěrečnému vyhodnocení poměry ploch rozptýleného záření a ploch píků pro daný kov. Pro přehlednost jsou výsledky znázorněny graficky, viz. graf. Podle dřívějších průzkumů jsme hledanou měď předpokládali ve vzorcích ze severní části, tam ale žádná nebyla. Překvapivě velké množství bylo nalezeno ve vzorku číslo jedna, pocházejícím z ohniště v jižní části. Zajímavé bylo, že měď byla pouze ve stropě ohniště – vzorek číslo dva byl ze stejného ohniště z boční stěny a stopy mědi byly velice malé – viz. Graf. Další pozoruhodností byl nález zinku, který jsme našli nejenom v prvním vzorku, ale i ve vzorku osm. Tento vzorek pochází z centrálního ohniště a z nálezů zinku jsme usoudili, že ohniště pravděpodobně sloužilo k životním potřebám – zinek se uvolnil např. z nádob, ve kterých lidé vařili; zatímco v prvním ohništi z nástrojů sloužících k padělání.



Graf 1: Výsledek rentgenfluorescenčního stanovení mědi



Graf 2: Výsledek rentgenfluorescenčního stanovení zinku

4 Závěr

Z analýzy odebraných vzorků metodou XRF předpokládáme, že se ohniště pro padělání mincí nacházelo v jižní části jeskyně. Tyto výsledky jsou v rozporu s předchozím paleontologickým průzkumem z 50. let, který ho dle nálezů nástrojů umístil do severní části.

5 Poděkování

Chtěli bychom poděkovat správě jeskyní, FJFI ČVUT a zejména naší supervizorce RNDr. Lence Thinové.

6 Reference

- [1] www.caves.cz
- [2] Hejna A., Radoměský P.: Penězokazecká dílna v jeskyni Mincovna na Zlámě Koni u Koněprus. Památky archeologické. Roč. 49, č. 2 (1958), s. 513 – 558.
- [3] Návod k praktickým cvičením FJFI ČVUT.

Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně

T. Kráčmerová, Gymnázium Václava Hraběte Hořovice

J. Kurka, Gymnázium Jiřího Ortena Kutná Hora

H. Paschkeová, Gymnázium, Brno-Řečkovice

J. Šálek, SZŠ a VOŠZ Zlín

tekik@seznam.cz, kurka.jan@seznam.cz,
ebelka@seznam.cz, jirisalek8@seznam.cz

Supervizor: Ing. Tomáš Urban

Abstrakt:

V této práci jsme se zabývali diagnostickými a léčebnými účinky ionizujícího záření na onkologicky nemocného pacienta. Článek pojednává o využití radioterapeutických prostředků v medicíně a o jejich fyzikální podstatě. Důraz je kladen na vypracování ozařovacího plánu pro pacienta s nádorovým onemocněním v radiologickém softwaru BrainSCAN, který dovoluje lékaři či radiologovi virtuálně zobrazit problémovou oblast, kde se nachází nádor, který je třeba odstranit.

1 Úvod

V současné době se stále větším problémem stávají onkologická onemocnění v důsledku zhoršení životního stylu. Každodenně jsme ohrožováni karcinogeny, jejichž působením v organismu může nastat překotné množení buněk, jenž nazýváme nádorovým bujením. Při léčbě tohoto typu onemocnění se ve velké míře užívá nejen léčba cytostatická, chirurgická, ale také radioterapeutická. Základním cílem plánování léčby v radioterapii je zajištění rovnoměrného rozložení vysoké dávky záření do přesně určeného objemu tkáně, kde se nachází nádor. Cílem je zničit nádor při minimálním poškození okolních zdravých tkání.

2 Klinická radiologie

Radiodiagnostika

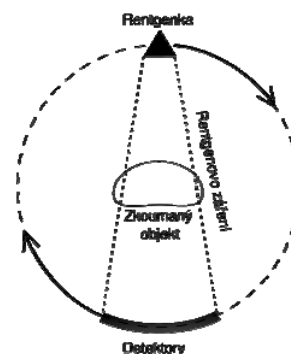
1. PET – pozitronová emisní tomografie

Pacientovi se před vyšetřením podá radiofarmakum s velmi krátkým poločasem rozpadu – nejčastěji se užívá ^{18}F v deoxyglukóze. U PET se využívá radiofarmak, která při svém rozpadu produkují pozitrony. Dochází k anihilaci s elektrony za vzniku 2 fotonů, které

se rozletí opačnými směry. Fotony dopadají na detektor, díky kterému následně získáme funkční tomografický obraz vyšetřovaného.

2. CT – výpočetní tomografie (Obr.1)

Využívá rentgenové paprsky k zobrazení vnitřností těla. Jedná se o synchronní pohyb rentgenky a detektoru proti sobě. Zobrazuje tělo v řezech s menším rozlišení než MRI.



Obr.1 CT

3. MRI – magnetická rezonance

Zobrazovací metoda využívající silného magnetického pole a radiových signálů pro zobrazení anatomických či funkčních vlastností tkání.

4. US – ultrazvuk

Při této metodě se využívá ultrazvuk neboli vysokofrekvenční zvukové vlny. Slouží nejvíce k zobrazování jemných tkáňových struktur ve skutečném čase.

5. RTG – rentgen

Rentgenové záření může být využito pro zobrazení detailů kostí a zubů (skiografie), popřípadě za pomoci vhodných technik i ke zkoumání měkké tkáně.

Fyzikální podstata radioterapie

Při léčbě se dnes převážně užívá svazků elektronů či fotonů. Nová možnost je pak použití hadronů, tedy terapie využívající protony a lehké ionty. Při průchodu fotonů a elektronů látkou dochází k exponenciálnímu poklesu předávané energie s dráhou. V radioterapii to znamená, že maximální dávka je předána na povrchu těla a do nádoru ležícího hlouběji se dostane záření podstatně méně. Toto je možné do určité míry ovlivnit jednak zářením z různých směrů, kdy se oblast maximální předané dávky dá umístit do požadovaného místa a dosahuje se tak odlišného biologického účinku na zdravou a nádorovou tkáň.

Průběh léčby

1. Stanovení diagnózy

Na základě příslušných příznaků - vyšetření krve na přítomnost tumorových markerů, histologický průkaz onemocnění.

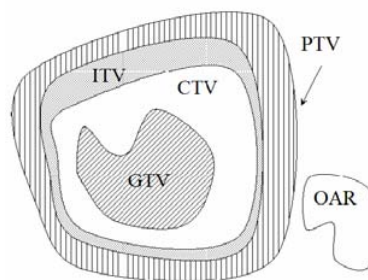
2. Strategie léčby

Zvolení vhodného způsobu léčby – kurativní (zničení nádoru i za cenu poškození zdravé tkáně) nebo paliativní (zastavování růstu či šíření nádoru, které však nevede k jeho zničení).

3. Lokalizace a plánování

Za pomoci radiodiagnostických přístrojů a metod lékař nebo radiologický fyzik stanoví místo výskytu nádoru a jeho objem, který je zapotřebí ožářit. Na tělo pacienta se umístí čtyři značky, které zajišťují správnou polohu pacienta. Na spojnici přímek určené horizontálními a vertikálními body se nachází referenční izocentrum, tedy lokalita, kterou je třeba ožářit. Po plánovacím CT se do tomografického obrazu zakreslí oblast objemu nádoru GTV (Gross Tumor Volume) a také oblast CTV (Clinical Target Volume) pro obsáhnutí okolí

nádoru s případnými dalšími maligními buňkami příslušného tumoru. Definuje se cílový objem PTV (Planning Target Volume), díky kterému se zohledňují pohyby orgánů a dýchání pacienta. Dále se zaznamenávají do obrazu také oblasti kritických orgánů (OAR), které by měly být ozářeny minimálně, v ideálním případě vůbec z důvodu vyšší senzitivity na ionizující záření. Do plánování spadá také výpočet dávky ozáření pro pacienta. Pacient musí být informován o celém plánu, který schválí svým podpisem.



Obr. 2

4. Ozařování

Ozařování můžeme dělit do dvou skupin, dle toho kde je umístěn zdroj záření.

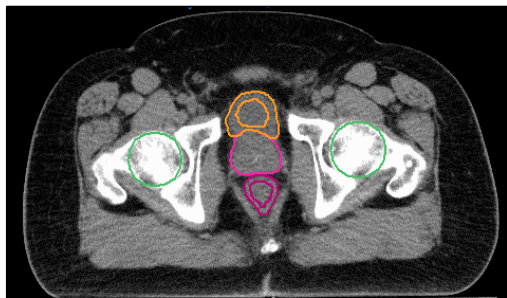
- Teleradioterapie – zdroj mimo tělo pacienta
 - o Celotělové ozáření
 - o Konformní radioterapie – ozařuje se jen oblast nádoru
 - o Radiochirurgie – velká dávka záření je jen v ložisku – Leksellův gamma nůž, lineární nůž
- Brachyradioterapie – zářič uvnitř těla pacienta
 - o Solidní zářič – jehla, zrnka radioaktivního materiálu, ...
 - o Radiofarmaka – radioaktivní tekutina, použití hlavně při léčbě nádoru štítné žlázy jódem

5. Poléčebné sledování pacienta lékařem

Po radioterapii mohou nastat nežádoucí vedlejší účinky. Jako například – alopecie (vypadávání vlasů), leukopenie (snížený počet leukocytů), poruchy menstruačního cyklu, nevolnost, únava. V některých případech může nastat i metastazování.

Softwarová demonstrace plánování

Výsledky z CT se zpracovávají v programu BrainSCAN, ve kterém jsme měli možnost zpracovávat výsledky. Do každého řezu se zakreslí GTV, CTV, PTV a OAR. Dále máme možnost nastavit úhly, pod kterými bude pacient ozařován a jak budou nastaveny kolimační lamely, které vymezují oblast ozáření jednotlivým svazkem paprsků. Tento program si automaticky vypočítá objem jednotlivých oblastí (GTV, OAR, ...) a také potřebnou dávku ozáření.



Obr. 3: Nádor prostaty na CT řezu



Obr. 4: Lineární urychlovač

3 Shrnutí

V miniprojektu jsme shrnuli základní moderní způsoby léčby onkologických onemocnění pomocí radioterapie. Díky tomuto projektu jsme byli obeznámeni s celým složitým procesem plánování a léčby. Léčba radioterapií se využívá na několika centrech v České republice, kde převážná část těchto oddělení se nachází v Praze nebo v Brně. V Praze se nachází Leksellův gamma nůž, který je zde jako jediný.

Poděkování

Naše poděkování patří především Ing. Tomáši Urbanovi za uvedení do problematiky radioterapie a radiologie, dále KDAIZ a FJFI ČVUT v Praze za realizaci miniprojektu, jenž nám poskytl získání mnoha nových informací a vědomostí, které zajisté v budoucnu využijeme jako základ k dalšímu studiu.

Reference:

VAN DYK, J.: *The modern technology of radiation oncology – A compendium for medical physicists and radiation oncologists*, Medical Physics Publishing, 1999

URBAN, T.: *Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně*, prezentace, 2009

Obr.1: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:PrincipCT.svg>

Obr.2: URBAN, T.: *Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně*, prezentace, 2009, slide 32

Obr.3: URBAN, T.: *Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně*, prezentace, 2009, slide 31

Obr.4: URBAN, T.: *Radioterapie ve zkratce, vážně i zábavně*, prezentace, 2009, slide 54

Stanovení dávky pomocí gelových dozimetrů

Michael Pokorný

Střední škola aplikované kybernetiky s.r.o., Hradecká 1151, Hradec
Králové

mp@decin.cz

Karin Suchomelová

Gymnázium Jiřího Ortena, Jaselská 932, Kutná Hora
karinsuchomelova@seznam.cz

Abstrakt:

V radioterapii se pro zabezpečení plného zničení nežádoucí tkáně a pro ochranu pacientových orgánů před poškozením používají pole často velmi složitých tvarů. Před použitím radioterapie na pacientovi je však žádoucí ověřit správný tvar pole, tedy určit co nejpřesněji dávku přijatou každým bodem tkáně. Jednou ze současných metod je použití tzv. gelových dozimetrů. V naší práci proměříme změnu spektra radiochromních gelových dozimetrů v závislosti na změřené dávce.

1 Úvod

Mezi současné metody ověřování radioterapeutického postupu patří použití ionizačních komor. Tento způsob má však evidentní nevýhody, spočítající hlavně v nepřesnostech aproximace pole z naměřených hodnot. Další způsob detekce tvaru pole je použití filmových dozimetrů, které však dovedou poskytnout dobrý přehled o poli pouze ve dvou rozměrech, nastávají tedy opět problémy s trojrozměrnou aproximací. Jedním ze způsobů stanovení rozložení dávky ve třech rozměrech jsou tzv. gelové dozimetry.

2A Gelový dozimetr

Gelové dozimetry fungují na principu změn v molekulách vyvolaných ionizujícím zářením. To se může projevit například změnou monomeru na polymer, změnou Fe^{+2} na Fe^{+3} atd. Informace o rozložení radiace se pak z dozimetru získává obvykle pomocí zobrazovacích metod, například magnetické rezonance nebo optického tomografu.

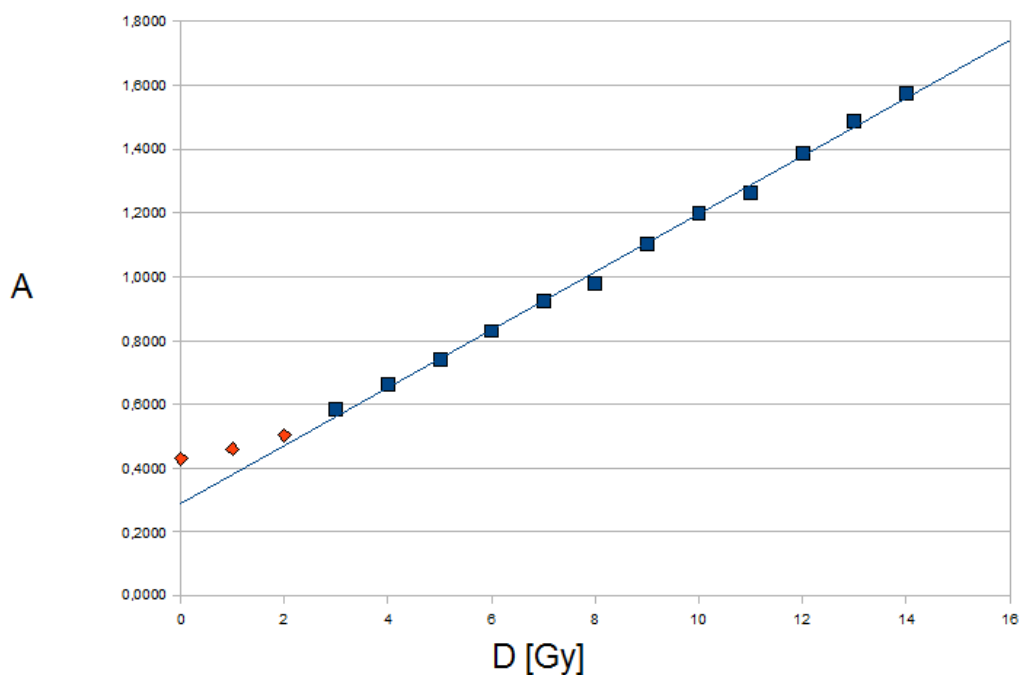
V naší práci jsme použili modifikované Frickeho dozimetry, které fungují právě na změně železnatého iontu na železitý. Tato metoda má však nevýhodu v difuzi Fe, což rozmazává výslednou informaci o rozložení.

Složení námi použitého dozimetru bylo následující:

Látka	Chemická značka	Relativní molekulová hmotnost	Koncentrace	Hmotnost (objem) látky pro požadovaný výsledný objem dozimetru			
		M_r [1]	c [mM]	100 ml	200 ml	250 ml	1 l
želatina	$(C_{17}H_{32}N_5O_6)_x$	402,47	124,38	5,00 g	10,0 g	12,5 g	50,0 g
xylenolová oranž	$C_{31}H_{28}N_2O_{13}$	760,58	0,1	7,61 mg	15,2 mg	19,0 mg	76,1 mg
Mohrova sůl	$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	392,47	0,5	19,6 mg	39,2 mg	49,0 mg	196 mg
Kyselina sírová	H_2SO_4	92,47	25	0,264 g (0,145 ml)	0,528 g (0,290 ml)	0,660 g (0,363 ml)	2,64 g (1,45 ml)
		94,87	25	0,255 g (0,139 ml)	0,510 g (0,278 ml)	0,648 g (0,348 ml)	2,55 g (1,39 ml)
		98,07	25	0,245 g (0,133 ml)	0,490 g (0,266 ml)	0,613 g (0,333 ml)	2,45 g (1,33 ml)

2B Výsledky měření

$$\lambda = 588 \text{ nm}$$



Dozimetry jsme ozařovali v přibližně homogenním zdroji radiace Gammacell 2200 v suterénu pracoviště FJFI ČVUT Břehová. Ionizací železa v Mohrově soli způsobenou radiační expozicí se mění barva vzorku od světle žluté po fialovou, což je dobře patrné na klesajícím peaku žluté a na stoupajícím peaku fialové v závislosti na dávce.

3 Shrnutí

Experimentálně jsme ověřili, že závislost absorbance gelu závisí na dávce v rozsahu 3~14 Gy přibližně lineárně.

Poděkování

Děkujeme Ing. Kateřině Vávrů za supervizi našeho miniprojektu a za pomoc při experimentu.

Reference:

- [1] VÁVRŮ, K.: *Vliv tetrakis(hydroxymethyl)fosfoniumchloridu (THPC) na dozimetrické vlastnosti polymerního gelového dozimetru* 2007, pp. 24–32
- [2] ŠOLC J.: *Ověření dozimetrických vlastností nového typu gelového dozimetru založeného na redukci trojmocného železa* 2003, pp. 2-5.

Počítačové zpracování obrazu – analýza snímků družic

O. Nováček, Gymnázium Brno, Vídeňská 47

M. Pozděna, Gymnázium Pardubice, Dašická 1083

D. Homola, Gymnázium Žďár nad Sázavou, Neumannova 2

K. Burešová, Gymnázium Česká Lípa, Žitavská 2969

Abstrakt:

V naší práci se zabýváme katalogizací kosmického smetí (Space Debris) ohrožujícího vesmírné mise. Dále jsme zkoušeli prakticky proměřit závislost úhlové rychlosti družice na čase.

1 Úvod

Kosmická aktivita člověka už od svého počátku v roce 1957 způsobuje znečištění oběžné dráhy Země tzv. kosmickým smetím (Space Debris). Mezi ně řadíme vysloužilé družice, fragmenty vzniklé rozpadem družic, zbytky nosných raket a odpady z kosmických misí (kryty, nářadí atd.). Tyto částice o rozměrech až desítek metrů se pohybují v závislosti na své výšce rychlostmi okolo $3 - 8 \text{ km.s}^{-1}$. V dnešní době je katalogizováno okolo 14000 takovýchto objektů, z toho 3300 jsou družice a pouze 800 z nich slouží svému účelu[1]. Vzhledem k tomu, že družice mohou být reálně ohroženy již tělesy od velikosti jednoho centimetru, je nutné zaměřit se na pozorování a katalogizaci těchto těles.

Cílem naší práce bylo seznámení se s měřením, které jsme chtěli vyzkoušet i prakticky, což se nezdařilo z důvodu špatného počasí. Proto jsme využili starší fotografie [2].

2 Analýza snímků družic

Metodika

Existují dvě optické metody pořízení snímku a to metoda tří hvězd a metoda k ní inverzní. Metoda tří hvězd je založená na zaměření dalekohledu na tři hvězdy a synchronizaci pohybu dalekohledu s těmito hvězdami. U této metody se nám hvězdy zobrazí jako body a družice jako čára ve směru svého pohybu. Přesným opakem je metoda inverzní, při které se dalekohled synchronizuje s pohybem družice. Tato metoda se používá především pro objekty s nízkou odrazivostí. Na vzniklém snímku se poté zobrazí družice jako bod a hvězdy jako čáry.

Z úhlové vzdálenosti vyfocených hvězd se určí měřítko snímku a úhlová velikost jednoho pixelu. Následně se z naměřené délky čáry v pixelech a doby expozice určí úhlová rychlost objektu.



Obr. 1 Metoda tří hvězd

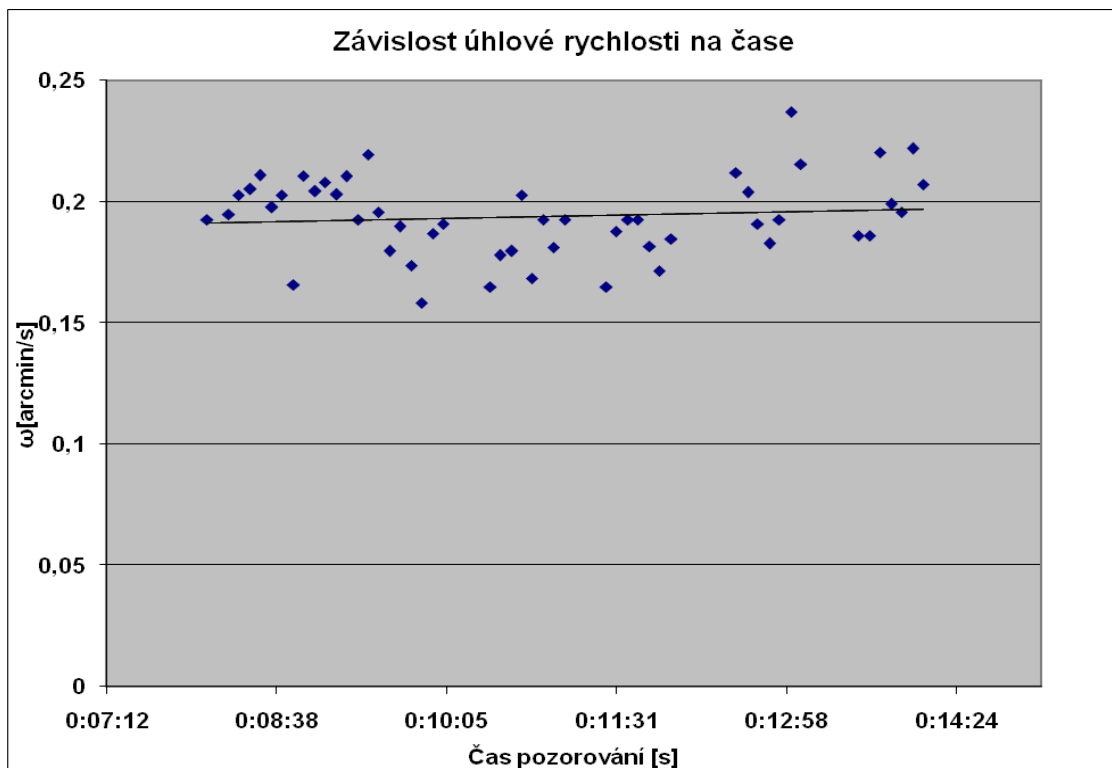


Obr. 2 Inverzní metoda

Analýza snímku

Z důvodu špatného počasí jsme použili snímky nafocené dříve, konkrétně 2. a 3.6.2008, na Štefánikově hvězdárně v Praze. K focení byl použit dalekohled MARK Meade LX 200, konstrukce Schmidt-Cassegrain o průměru 406 mm a ohniskové vzdálenosti 4064 mm. Obraz byl snímán CCD kamerou SBIG ST10XME o rozlišení 2184 x 1472 a ISO 20000[3]. Snímky jsme zpracovávali v programu Skymaptofit.

Výsledky



Obr. 3 Naměřené rychlosti družice COSMOS 2425 (jedna z ruských navigačních družic systému GLONASS)

3 Závěr

Během naší práce jsme se seznámili s metodikami měření a způsoby zpracování snímků. To jsme si také prakticky vyzkoušeli a ze získaných hodnot jsme sestrojili graf závislosti úhlové rychlosti na čase. Z grafu je patrná rostoucí tendence úhlové rychlosti v závislosti na čase podle očekávání.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat panu Ing. Martinu Fuchsovi za exkurzi ve Štefánikově hvězdárně v Praze. Dále samozřejmě našemu supervizorovi Ing. Martinu Němci za trpělivost, rady a vedení našeho projektu.

Reference:

- [1] SPACE DEBRIS, 2009 ESA SPACE DEBRIS OFFICE, DARMSTADT GERMANY
- [2] FOTOGRAFIE, ŠTEFÁNIKOVA HVĚZDÁRNA, PRAHA, 2008
- [3] [HTTP://WWW.OBSERVATORY.CZ/MARK/DALEKOHLED.PHP](http://www.observatory.cz/mark/dalekohled.php), DATUM 16.6.2009

Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie

D. Vodrážka
Gymnázium Brno, Vídeňská 47
danielvodrazka@centrum.cz

Abstrakt

Lidstvo odjakživa zajímá jeho místo ve vesmíru a kam směřuje. Odpověděli jsme alespoň na část otázky, kde se nachází. Byla určena dosud neznámá velikost odchylky ekliptiky od roviny Galaxie a její směr. Data byla získána z programu SkyMap a Google Earth. Pro určení roviny galaxie bylo použito diagonalizace matice kvadratické formu.

1 Úvod

Lidstvo odedávna fascinoval vesmír pro svou nekonečnost, zářící hvězdy pro své barevné kombinace a Galaxie, výstižně nazvána Mléčná dráha. Při pohledu na Mléčný pás zářící na noční obloze se naskytá otázka, jak je Galaxie umístěna v prostoru. Na tuto otázku zatím nebyla nalezena odpověď. Tento miniprojekt se na ni pokouší odpovědět.

2 Umístění Galaxie v prostoru

Základní astronomické pojmy

Rovina je určena bodem a dvěma směrovými vektory. Ze základních poznatků o analytické geometrii umíme hledat kolmé vektory pomocí vektorového součinu či určovat odchylku rovin pomocí jednoduchých vzorců.

Definujme základní astronomické pojmy

Nebeská sféra Pomyslná projekční plocha v nekonečné vzdálenosti. Koule s nekonečným poloměrem

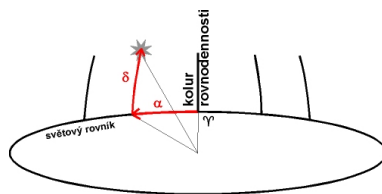
Ekliptika Projekce roviny oběžné dráhy Země kolem Slunce na nebeskou sféru

Galaktický rovník Průsečík roviny Galaxie s nebeskou sférou

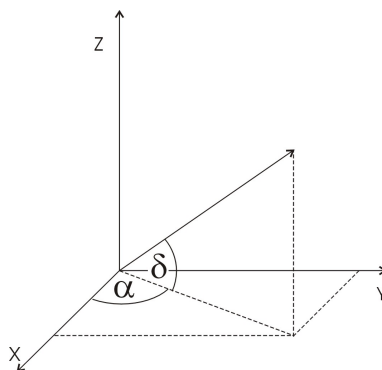
Kolur rovnodennosti Kružnice procházející jarním bodem a severním světovým pólem

Nyní se podívejme na souřadnicové systémy v astronomii. Existuje jich celá řada, my však používáme Rovníkové souřadnice II. druhu (obr. 1), které jsou definované pomocí

Rektascenze Úhel mezi rovinou proloženou hvězdou a světovým severním pólem a kolurem rovnodennosti



Obrázek 1: Rovníkové souřadnice II.druhu



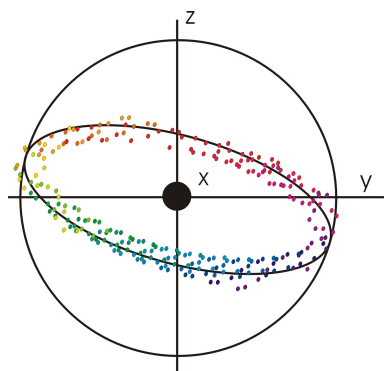
Obrázek 2: Kartézský souřadný systém

Deklinace Výška hvězdy nad světovým rovníkem

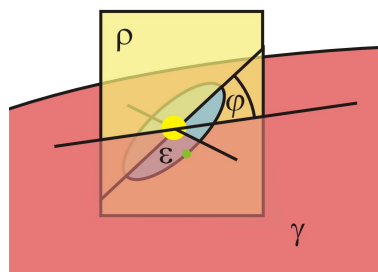
Pro potřeby výpočtu převedeme astronomické sférické souřadnice do Kartézského souřadného systému a z obrázku 2 lze vyčíst převodní vztahy

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha \\ y &= r \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha \\ z &= r \cdot \sin \delta \end{aligned} \quad (1)$$

Určování polohy Galaxie

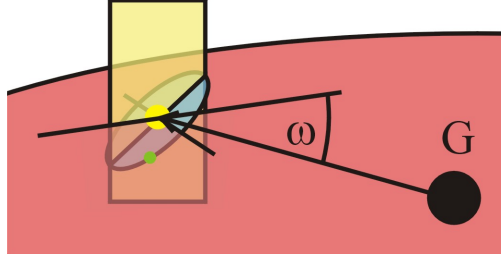


Obrázek 3: Projekce Mléčné dráhy do roviny yz



Obrázek 4: Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie

Odchylku ekliptiky od roviny Galaxie vypočítáme pomocí odchylky jejich normálových



Obrázek 5: Směr odchylky ekliptiky od roviny Galaxie

vektorů (obr. 4):

$$\cos \varphi = \frac{|\vec{n}_\varepsilon \cdot \vec{n}_\gamma|}{\|\vec{n}_\varepsilon\| \|\vec{n}_\gamma\|} \quad (2)$$

kde $\vec{n}_\varepsilon$ je normálový vektor ekliptiky a $\vec{n}_\gamma$ je normálový vektor roviny Galaxie.

K získání směrových vektorů Galaxie použijeme planety Saturn a Jupiter z programu SkyMap a k získání směrových vektorů roviny ekliptiky využijeme projekci hvězd z Mléčné dráhy do roviny (obr. 3).

Určování směru odchylky ekliptiky od roviny Galaxie

Pro úplné určení orientace Sluneční soustavy v Galaxii je třeba určit jakým směrem míří rovina v níž leží úhel odchylky ekliptiky od roviny Galaxie. Pro jeho určení využijeme souřadnic Galaktického středu, získaných pomocí programu Google Earth:

$$\begin{aligned} \alpha_G &= 266^\circ 24' 59'' \\ \delta_G &= -29^\circ 2' 18'' \end{aligned}$$

Úhel vypočítáme jako odchylku přímky procházející Galaktickým středem a středem souřadné soustavy a roviny ve které leží hledaný úhel (obr. 5)

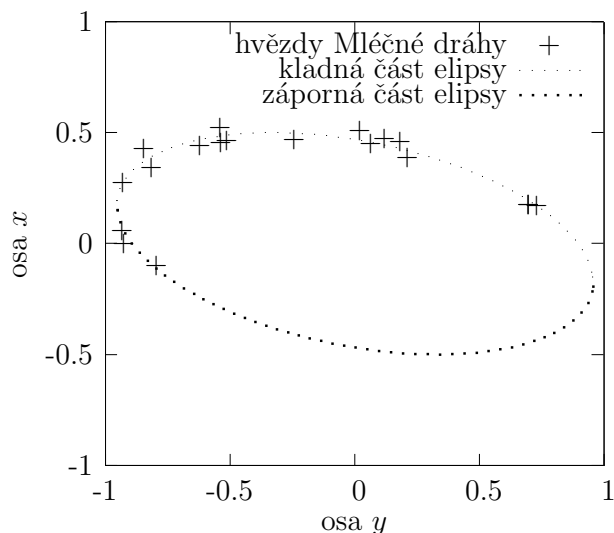
$$\cos \omega = \frac{|\vec{n}_\rho \cdot \vec{u}_p|}{\|\vec{n}_\rho\| \|\vec{u}_p\|} \quad (3)$$

Určování směrových vektorů roviny Galaxie

K určení polohy Galaxie potřebujeme získat její směrové vektory. Promítneme-li Mléčnou dráhu do roviny, zobrazí se nám přibližně jako elipsa. Mléčnou dráhu proložíme elipsou (obr. 6):

$$ax^2 + 2bxy + cy^2 - d = 0 \quad (4)$$

kde a , b , c , d jsou parametry elipsy. Hlavní osa této elipsy je průsečnicí roviny Galaxie s rovinou do které byla Mléčná dráha promítnuta. Proto je tato úsečka zobrazena beze změny. Rovnice elipsy (4) je kvadratická forma. Vektory poloos elipsy získáme jako diagonální báze této kvadratické formy. Tím jsme získali dvě souřadnice jednoho směrového vektoru roviny Galaxie. Chybějící souřadnice je dána volbou roviny řezu. Opakováním postupu pro jinou zobrazovací rovinu dostáváme druhý směrový vektor.



Obrázek 6: Směr odchylky ekliptiky od roviny Galaxie

Výsledky

Pro určení polohy Galaxie byly použity souřadnice 20 hvězd ležících na Mléčné dráze. Pro určení polohy ekliptiky byly použity planety Saturn a Jupiter. Dosazením do vzorců (2) a (3) dostáváme úhly určující polohu ekliptiky vzhledem ke Galaxii:

$$\begin{aligned}\varphi &= 65^{\circ}36'4'' \\ \omega &= 13^{\circ}17'42''\end{aligned}$$

3 Závěr

Díky poznatkům Reného Descarta se podařilo určit naši bližší orientaci ve vesmíru. Zjistili jsme jak je ekliptika položená vzhledem k rovině Galaxie. Určili jsme odchylku mezi rovinou Galaxie a ekliptikou a její směr.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému supervisoru Janu Stránskému za velkou snahu a úsilí pomoci mému miniprojektu, organizačnímu týmu Fyzikálního týdne za jeho realizaci a Fakultě Jaderné a Fyzikálně Inženýrské ČVUT za poskytnutí prostor a prostředků.

Reference

- [1] Aldebaran, Souřadnice a časomíra, <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/orientace/theory.html> [cite: 16.6. 2009], ALDEBARAN GROUP FOR ASTROPHYSICS

Kritický stav jaderného reaktoru

Autoři:

H. Brandejská¹, V. Obrtlík², H. Picmausová³, T. Svoboda⁴
Gymnázium Jiřího Ortena v Kutné Hoře¹, Střední odborná škola
ve Strážnici², Gymnázium Česká Lípa³, Gymnázium Děčín⁴
brandejskahelena@seznam.cz¹

Abstrakt:

Pomocí výpočetního kódu MCNP5, který je založen na metodě Monte-Carlo, jsme zhodnotili vliv vybraných parametrů na provoz reaktoru. Byl ověřen vliv množství paliva a moderátoru v aktivní zóně reaktoru na koeficient násobení. Dále jsme stanovili změnu koeficientu násobení a maximální hodnoty relativního výkonu proutku v závislosti na obohacení palivového souboru. Výsledky získané pomocí výpočetního kódu MCNP5 byly vyhodnoceny a zpracovány do grafické podoby. Z vypracovaných grafů je patrné chování jaderného reaktoru v případě změny provozních podmínek a vliv poměru palivo-moderátor, který je významným bezpečnostním parametrem, na vhodné uspořádání aktivní zóny pro bezpečný provoz jaderného reaktoru.

1 Jaderný reaktor

Jaderný reaktor je zařízení, ve kterém se energie uvolňuje pomocí štěpení těžkých jader, nejčastěji ^{235}U . Ze štěpení vznikají štěpné produkty a 2-3 rychlé neutrony s energií 2MeV, tyto neutrony jsou zpomalovány na jádrech moderátoru (nejčastěji demineralizovaná voda) až na tepelnou energii 0,025eV. Energie uvolněná při štěpení je pomocí chladiva předávána sekundární vodě, která se mění v páru a expanzí na turbíně vyrábí elektrickou energii.

Stav reaktoru popisuje koeficient násobení, který vyjadřuje podíl dvou po sobě jdoucích generací neutronů. Podle hodnot koeficientu násobení (dále k) rozlišujeme 3 základní stavy reaktoru: nadkritický (kdy $k > 1$), kritický ($k = 1$) a podkritický ($k < 1$).

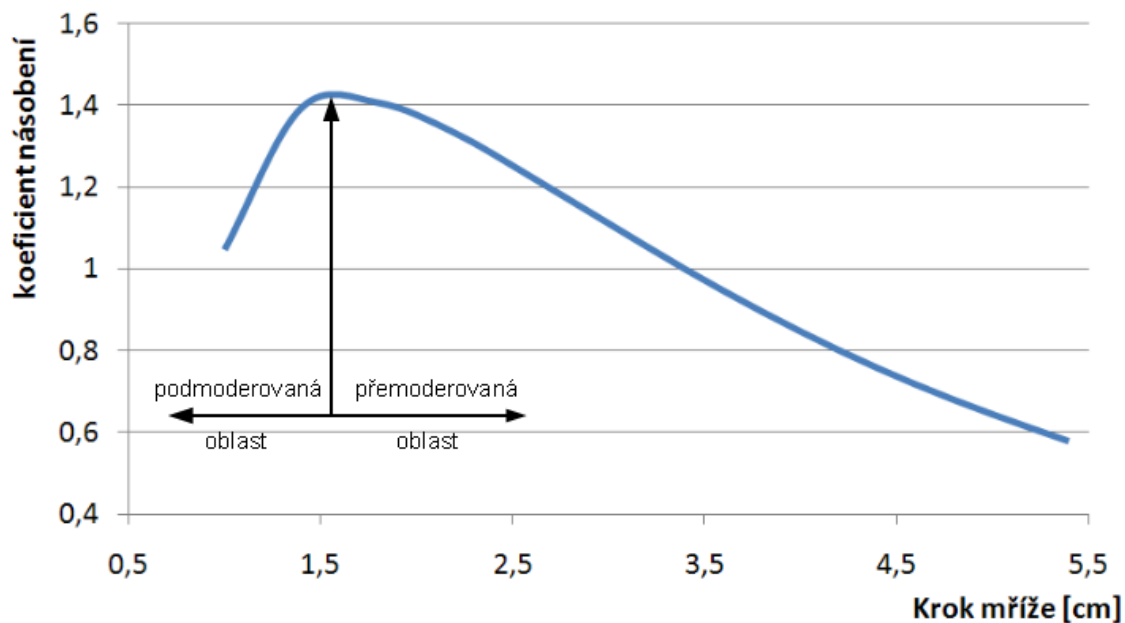
2 Ideální poměr paliva a moderátoru

Množství moderátoru (vody) příslušející jednomu palivovému proutku je ovlivněno krokem reaktorové mříže. V ideálním případě dosahuje koeficient násobení maximální hodnoty. Pokud je v aktivní zóně méně moderátoru než v ideálním případě (množství paliva zůstává konstantní), označujeme reaktor jako podmoderovaný, v případě že je moderátoru více, označujeme reaktor jako přemoderovaný.

Pomocí výpočetního kódu MCNP5 byl simulován vliv změny poměru mezi palivem a moderátorem. Tato změna byla uskutečňována pomocí změny kroku reaktorové mříže, tj. měnilo se množství moderátoru příslušející jednomu palivovému proutku, byl sledován vliv této změny geometrie aktivní zóny na koeficient násobení. Krok mříže byl v simulacích měněn v rozmezí 1 - 5,4cm. Minimální rozměr mříže je omezen průměrem palivového proutku. Získané výsledky jsou znázorněny v grafu 1.

Na základě našich výpočtů byl stanoven ideální krok mříže 1,8 cm. V praxi se krok mříže volí nižší, než je optimální hodnota, tj. reaktor je podmoderovaný. Důvodem je možnost vzniku

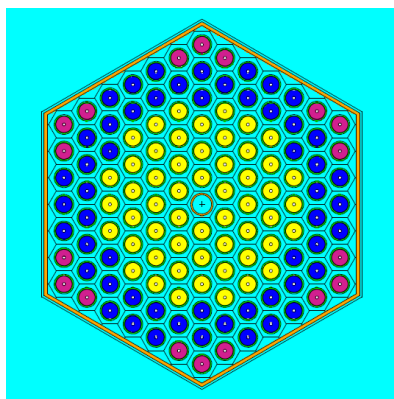
lokálního varu v aktivní zóně, kdy ubývá moderátor a z bezpečnostního hlediska je nutné, aby se štěpná reakce utlumovala.



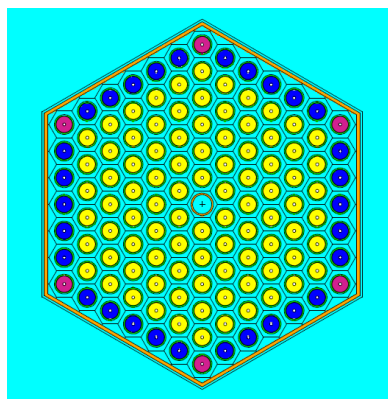
Graf 1: Závislost koeficientu násobení na kroku mříže

3 Výpočet relativního výkonu proutku

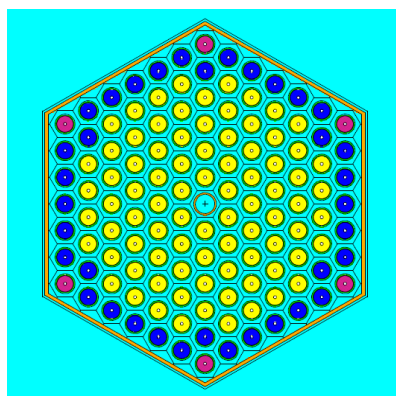
Maximální hodnota relativního výkonu palivového proutku je definována jako podíl výkonu proutku a střední hodnoty výkonu všech proutků z palivového souboru. Tato hodnota je jedním ze sledovaných provozních parametrů. Tato hodnota je limitována a měla by být co nejblíže hodnotě 1.



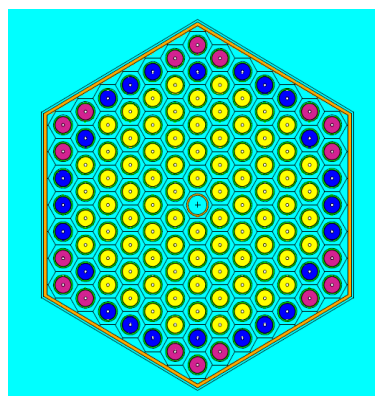
Obr. 1: Návrh palivového souboru kazetě o středním obohacení 4,5% (žlutá-4,8%; modrá-4,4%; červená-3,9%)



Obr. 2: Návrh palivového souboru kazetě o středním obohacení 4% (žlutá-4,1%; modrá-3,9%; červená-3,2%)

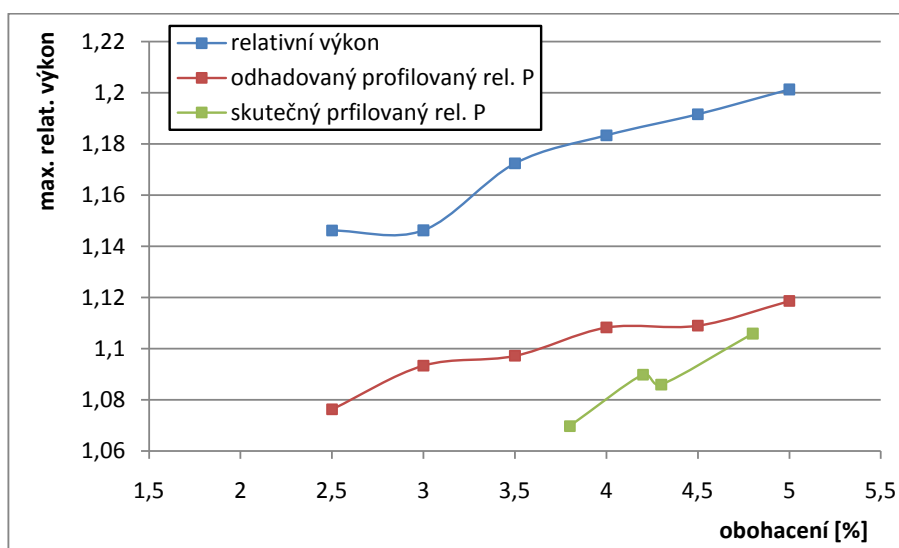


Obr. 3: Profilovaný palivový soubor o středním obohacení 4,8% (žlutá-5%; modrá-4,6%; červená-4,4%)

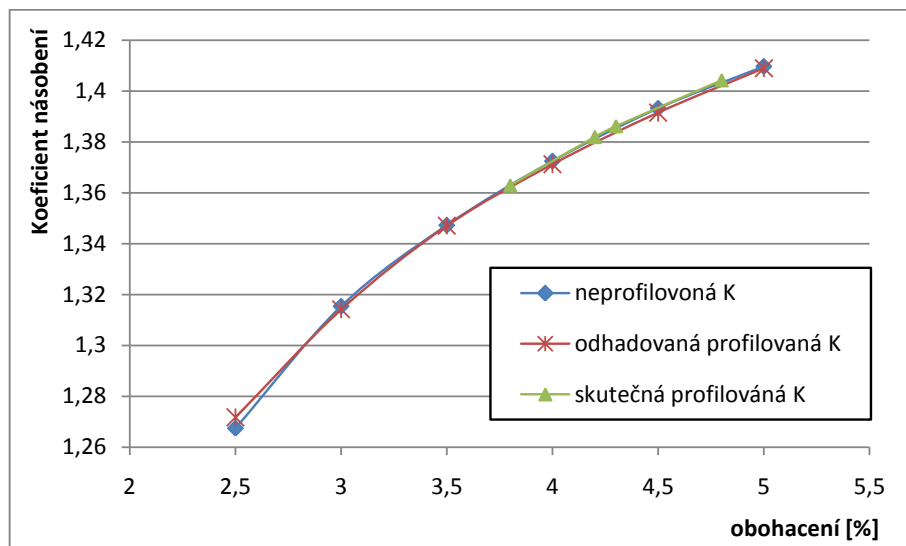


Obr. 4: Profilovaný palivový soubor o středním obohacení 3,8% (žlutá-4%; modrá-3,6%; červená-3,3%)

Cílem bylo zhodnotit závislost maximální hodnoty relativního výkonu palivového proutku na obohacení a pokusit se navrhnout palivový soubor s nižší hodnotou relativního výkonu. Nejprve jsme testovali palivové soubory s obohacením v rozmezí 2,5-5% ^{235}U . Zjistili jsme, že s rostoucím obohacením roste hodnota koeficientu násobení i maximální hodnota relativního výkonu proutku. Zjistili jsme, že maximální hodnota relativního výkonu je dosažena v rohových palivových proutcích. Tyto proutky sousedí s obálkou palivového souboru a z této strany jsou obklopeny větší vrstvou moderátoru, jsou lokálně přemoderované. V praxi se pro snížení této hodnoty používají tzv. profilované palivové soubory. Jsou to palivové soubory, ve kterých jsou použity proutky s 3 různými obohaceními (viz obr. 1-4). Pokusili jsme se navrhnout několik vlastních palivových souborů, získané hodnoty jsme srovnali s neprofilovanými palivovými kazetami a zároveň s reálně používanými profilovanými palivovými kazetami. Na obr. 1 a 2 jsou naše návrhy profilovaného palivového souboru a na obr. 3 a 4 jsou reálné palivové soubory.



Graf 2: Změna max. relat. výkonu proutku v závislosti na obohacení paliva



Graf 3: Průběh koeficientu násobení v závislosti na obohacení paliva

Profilované palivové soubory jsou charakterizovány střední hodnotou obohacení ^{235}U . Výsledky jsou v grafu 2. V grafu 3 vidíme, že koeficient násobení u profilovaných palivových souborů závisí na střední hodnotě obohacení a odpovídá hodnotě koeficientu násobení neprofilovaného palivového souboru se stejným obohacením, tj. profilování neovlivňuje hodnotu koeficientu násobení.

Shrnutí

Celkový chod jaderného reaktoru ovlivňuje mnoho vzájemně provázaných faktorů. V naší práci jsme se zabývali jen některými z nich. Zjistili jsme, že na provoz reaktoru má mimo jiné vliv krok mříže. Z našich výpočtů vyplývá, že ideálním krokem je 1,8cm. Z důvodu bezpečnosti se v reaktorech volí krok mříže menší než ideální hodnota a reaktor se provozuje v podmoderovaném stavu.

Navrhli jsme několik profilovaných palivových souborů za účelem snížení hodnoty maximálního relativního výkonu. Naše výsledky jsme srovnali s hodnotami pro neprofilované palivové soubory a dále s reálnými palivovými soubory.

Poděkování

Obrovský dík patří naší supervizorce Ing. Lence Heraltové za trpělivost a ochotu odpovídat na naše nepřilíh inteligentní otázky, za užitečné rady a za pomoc při pochopení problému a jeho publikování.

Dále bychom chtěli poděkovat realizačnímu/organizačnímu týmu za přípravu FyzTýd 2009.

Reference:

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

Sledování radiační dechlorace PCB pomocí plynové chromatografie

K. Nešporová
Gymnázium Boskovice
merlin.kiki@seznam.cz

J. Dundálek
Jiráskovo gymnázium Náchod
dundalek.jan@seznam.cz

J. Vrána
Gymnázium Rumburk
jirkavrana@gmail.com

Supervisor: Ing. Rostislav Silber, CSc.

Abstrakt:

V životním prostředí se nachází nežádoucí a zdraví škodlivé látky známé jako PCB (polychlorované bifenylly). Zabývali jsme se možností bezpečného odstranění těchto látek pomocí radiační chemie s využitím plynové chromatografie k detekci úbytku koncentrace PCB.

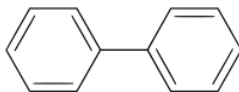
1 Problematika PCB

PCB jsou člověkem vytvořené látky, které se v minulosti vyráběly a používaly pro své výhodné vlastnosti, zejména pro nehořlavost a stabilitu. Kvůli širokému použití pronikly do životního prostředí a dostaly se do potravinového řetězce. Později se však ukázalo, že se jedná o látky karcinogenní. Proto se jejich výroba ukončila a přikročilo se k jejich náhradě a následné likvidaci, která díky jejich stabilitě není jednoduchá. PCB lze likvidovat řízeným spalováním při vysokých teplotách nebo radiačně chemickými metodami. Pro monitorování úbytku PCB se používá plynová chromatografie.

2 Vlastnosti a využití PCB

Polychlorované bifenylly (PCB) jsou skupinou látek vzniklých chlorací bifenylu. Zahrnují teoreticky 209 sloučenin (tzv. kongenerů), které se liší polohou a počtem atomů chlóru. Jednotlivé deriváty mají různé fyzikální a chemické vlastnosti, souhrnně se však jedná o

vysoce tepelně stabilní a nehořlavé látky (cca do 300 °C), málo rozpustné ve vodě (7 mg l⁻¹). Směsi kongenerů jsou olejovité kapaliny s vyšší hustotou než má voda (přibližně 1,44 g cm⁻³). V minulosti se kvůli svým vlastnostem vyráběly a používaly například jako aditiva v antikoročních barvách, chladicí kapalina v transformátorech, dielektrika v kondenzátorech.



Obr. 1: Bifenyl

3 Radiační chemie při likvidaci PCB

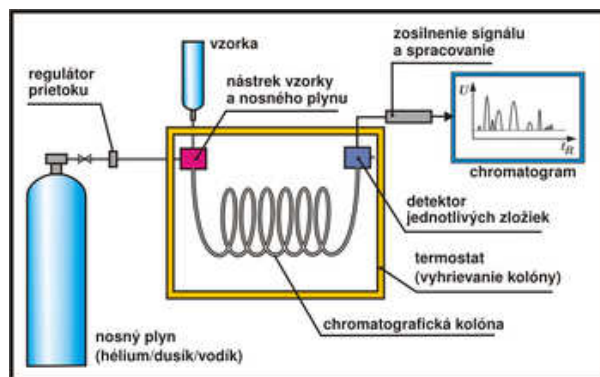
Radiační chemie je věda, která se zabývá studiem chemických změn v důsledku interakce hmoty s ionizujícím zářením. K chemickým změnám může docházet po ozáření přímo, na základě interakce se zářením, nebo nepřímo, na základě reakce s produkty vzniklými radiolýzou rozpouštědla nebo jiných látek. První z možných metod je radikálová redukce PCB, kdy se jako redukční činidlo využívá propan-2-ol. Po iniciaci zářením se štěpí molekuly vody, vznikají nestabilní reaktivní meziprodukty – vodíkový a hydroxylový radikál. Jedním z propagačních kroků je dechlorace samotná. Vazba C-Cl se štěpí homolyticky, vzniká bifenylový radikál a chlorový radikál. Když jsou všechny reaktanty vyčerpány, propagace ustává, dochází k terminaci a vzniká bifenyl a propan-2-on. Ve směsi je navíc přítomen silný hydroxid (např. draselný), který neutralizuje vznikající chlorovodík. PCB nejsou při podmínkách této reakce stejně reaktivní. Více substituované deriváty jsou reaktivnější (právě kvůli vysokému obsahu chloru, vyšší pravděpodobnost srážky s radikálem).



4 Plynová chromatografie

4.1 Princip

Plynová chromatografie (GC – gas chromatography) je fyzikálně-chemická analytická metoda sloužící k separaci složek ze směsi. Mobilní (pohyblivou) fází je v případě plynové chromatografie nejčastěji netečný plyn jako dusík, argon, helium. Plyn za stálého tlaku unáší vzorek analyzované plynné směsi stacionární (nepohyblivou) fází. Látky ve vzorku se stacionární fází různě interagují a to má za důsledek, že se pohybují různou rychlostí, a tak mají různý čas (retenční doba) průchodu stacionární fází. Retenční doba je závislá na typu stacionární fáze (různé povrchy), teplotě, tlaku, délce a šířce kolony. Na konci kolony se nachází detektor, který zaznamenává průchod jednotlivých složek v závislosti na čase a zároveň měří jejich koncentraci.



Obr. 2: Schéma

4.2 Kolony

Kolona je stočená trubice plněná pevnou látkou (stacionární fáze), se kterou interaguje vzorek (mobilní fáze). Kolony se vyrábí s různým průřezem, různou délkou a různými plnivy. Je umístěna v peci, kde se udržuje stálá teplota. Existují dva základní typy kolon:

- Náplňové kolony – mají průměr v řádech milimetrů a plní se adsorbentem. Jejich délka je v řádech centimetrů až několik metrů. Jsou vyrobené buď ze skla, ty jsou křehčí, ale je vidět, jak dobře jsou naplněné, nebo kovové, které jsou pevnější.
- Kapilární kolony – mají průměr v řádech desetin milimetrů a jsou dlouhé až několik metrů. Absorbent je nanesen na stěny kolony.

4.3 Detektory v GC

• Tepelný vodivostní detektor

TCD – Thermal conductivity detector – Těleso zahřáté na určitou teplotu se ochlazuje v závislosti na složení prostředí, které odvádí teplo. Detektor se skládá z odporového vlákna, kterým prochází elektrický proud. Toto vlákno je chlazeno plynem z kolony. Se změnou teploty vlákna se mění i jeho odpor, měří se změny napětí na vlákne. Když prochází detektorem pouze nosný plyn, chlazení je rovnoměrné a odpor i teplota jsou konstantní. Jakmile však začne vlákno chladit jiný plyn (ze vzorku), dochází ke změně teploty vlákna a ke změně odporu. Jako nosný plyn se v těchto případech používá nejčastěji vodík nebo helium.

• Plamenový ionizační detektor

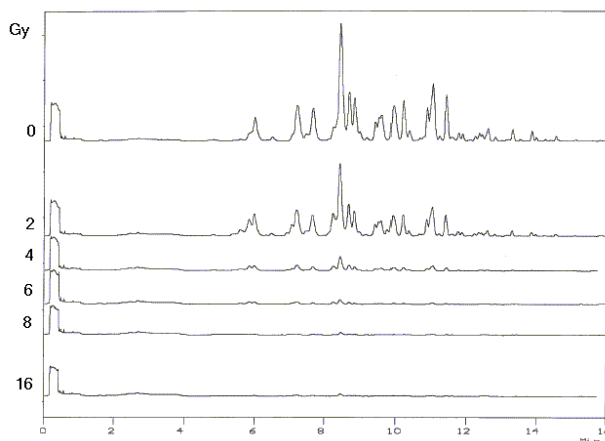
FID – Flame ionization detector – Plyn z kolony se zavádí směšovací komůrkou do kyslíko-vodíkového plamene. V plameni dojde k ionizaci, vzniklé ionty se zachycují na elektrody, mezi kterými je napětí (řádově 10^2 V). Výhodou tohoto detektoru je, že s ním lze detekovat prakticky všechny organické látky.

• Detektor elektronového záchytu

ECD – Elektron capture detector – Detektor obsahuje zdroj β -záření, který ionizuje nosný plyn (dusík), mezi elektrodami vzniká konstantní proud pomalých elektronů. Zářičem je nejčastěji ^{63}Ni , který má dlouhý poločas rozpadu (100 let) a zaručuje rovnoměrnou ionizaci nosného plynu v průběhu měření. Pomalé elektrony zachytávají jen elektronegativní atomy ve vzorku (např. F, Cl, O). Když jsou elektrony zachyceny, klesá proud mezi elektrodami. Tuto metodu lze použít i pro velmi malá množství látek (o několik řádů méně než u FID), při zkoumání polychlorovaných bifenylů plynovou chromatografií je nezbytný.

5 Měření

Z chromatografů lze vyčíst nerovnoměrné změny koncentrací různých PCB. Na počátku reakce klesá více koncentrace nejvíce substituovaných derivátů, které jsou ve vzorku, a roste koncentrace derivátů, které obsahují o jeden atom chloru méně. Monitorování průběhu této reakce plynovou chromatografií potvrzuje různou reaktivitu různě chlorovaných PCB i část reakčního mechanismu – tedy radikálový mechanismus odstraňování Cl z bifenyly (odtrhává se vždy jen jeden atom chloru, proto rostla koncentrace substituovaného bifenyly, který měl právě o jeden atom chloru méně). Další možností radiační dechlorace je tvorba micel (např. s použitím činidla Triton X-100), které se následně ozáří. Touto metodou je odstraňování všech PCB rovnoměrné (rovnoměrný pokles koncentrace jednotlivých PCB).



Obr. 3: Rovnoměrný pokles koncentrace PCB, detektor: ECD

6 Shrnutí

PCB lze radiačně degradovat velmi účinně. Výhodou této metody je vysoká spolehlivost; na rozdíl od spalování PCB je použití této metody ekologické (je vyloučen vznik silných karcinogenů jako jsou například dioxiny). Metoda je v porovnání se spalováním neekonomická.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Rostislavovi Silberovi, CSc. za seznámení s problematikou a poskytnutí materiálu a Ing. Václavovi Čubovi, Ph.D. za čas, který nám věnoval. Dále děkujeme organizátorům Fyzikálního týdne 2009 a FJFI ČVUT za podporu této akce.

Reference:

- [1] STARÝ, J.: *Cvičení z jaderné chemie* ČVUT Praha, 1987.
- [2] HARVEY, D.: *Modern analytical chemistry* McGraw-Hill Companies, 2000, 563–575.
- [3] http://www.irz.cz/repository/latky/polychlorovane_bifenyly.pdf

Numerické modelování fyzikálních dějů

K. Kolář¹, K. Král², O. Maslikiewicz³, K. Onderková⁴, D. Wagenknecht⁵

¹ Gymnázium, Špitálská 2, Praha 9

² Podkrušnohorské gymnázium, Most

³ Střední průmyslová škola Hronov

⁴ Gymnázium Budějovická, Praha 4

⁵ Gymnázium Říčany, Říčany

¹ k.kolar@email.cz, ² kralkareliv@gmail.com, ³ o.maslik@seznam.cz,

⁴ padawanka@gmail.com, ⁵ d.wag@seznam.cz

Abstrakt:

V současnosti potřebujeme řešit i takové problémy, které jsou analyticky neřešitelné nebo je jejich řešení příliš zdouhavé, pro takovéto případy používáme přibližné numerické metody. Výhodami numerického modelování jsou rychlost, přesnost (která je často více než dostatečná) a jednoduchost, s kterou se můžeme naučit používat různý numerický software. Tato práce popisuje některé z možností numerických simulací: od jednoduchého tabulkového kalkulátoru až po tvorbu vlastních programů.

1 Úvod

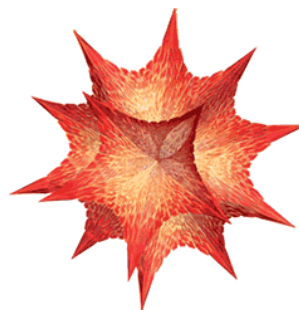
V dnešní počítačové době stále neexistují matematická řešení některých vědeckých problémů, naštěstí s některými nám mohou velice pomoci počítače. Přibližná řešení, která se dnes počítají, se nazývají numerické modelace. Pomocí nich můžeme řešit nejrůznější problémy, určovat tvar balistické křivky, dráhu vesmírné sondy, ale i zobrazovat zajímavé fraktální obrazce. Není přitom nutné dělat mnoho aritmeticky složitých výpočtů v ruce, jen je nutné zadat příkazy a vstupní data do některého z programů k simulacím určených.

2 Programy používané k simulacím a jejich aplikace

2.1 Wolfram Mathematica

Program Wolfram Mathematica je jedním z nejlepších programů pro technické a vědecké výpočty. Umožňuje relativně snadno řešit numericky složité problémy a výsledky umožňuje zobrazit v textové nebo grafické podobě.

Prostředí Wolframu Mathematica se podobá jednoduchému textovému editoru. Pro zadávání vstupů je nutné se naučit speciální příkazy, které se podobají programovacímu jazyku.

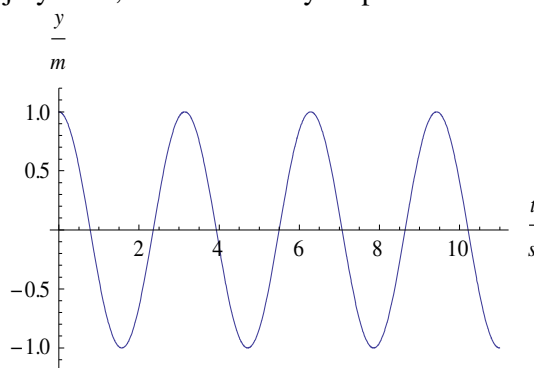


Obr. č. 1: Logo programu[1]

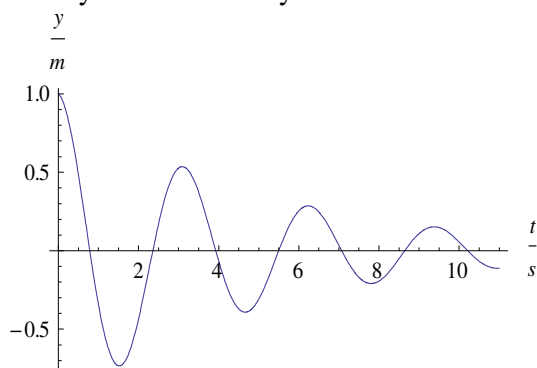
2.1.1 Tlumené kmity

U tlumeného kmitání působí na oscilátor vnější síla, důsledkem čehož dochází ke zmenšování amplitudy. Energie oscilátoru je postupně přenášena do okolí; amplituda se stále zmenšuje, dokud oscilátor nepřestane kmitat.

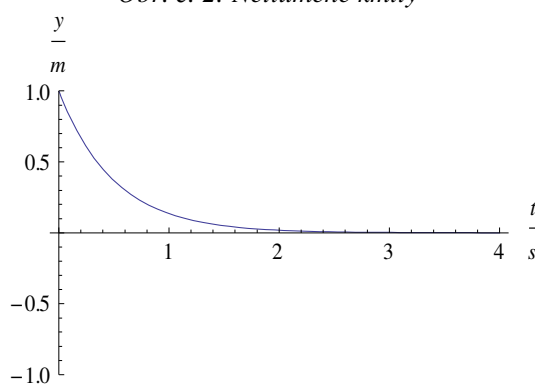
Příkladem oscilátoru je závaží na pružině nebo kyvadlo. Pokud není energie oscilátoru udržována vnějšími silami, přestane fyzikální systém kmitat v důsledku odporu vzduchu a jiných sil, které mohou být např. u matematického kyvadla zanedbány.



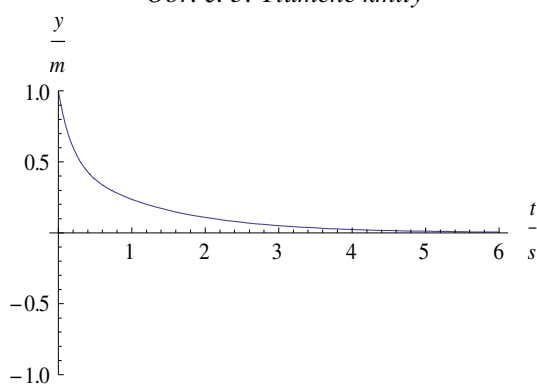
Obr. č. 2: Netlumené kmity



Obr. č. 3: Tlumené kmity



Obr. č. 4: Mezní aperiodické tlumení



Obr. č. 5: Aperiodické tlumení

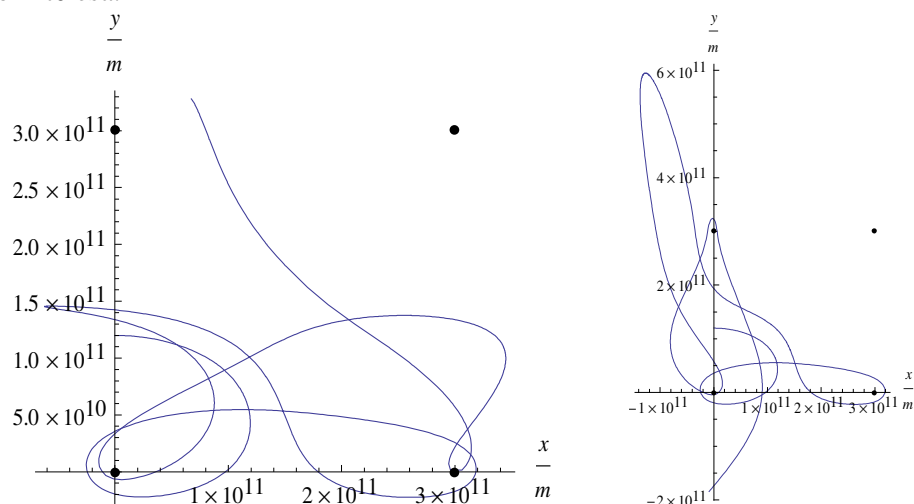
2.1.2 Pohyby v radiálním gravitačním poli

Počítačové simulace se používají v případech, kdy je nutné provést velké, pro člověka nemožné, množství výpočtů. Velmi složité na výpočetní výkon jsou chaotické systémy. Není možné je řešit analyticky a počítačové simulace jsou jediným způsobem, jak zjistit alespoň přibližný vývoj systému.

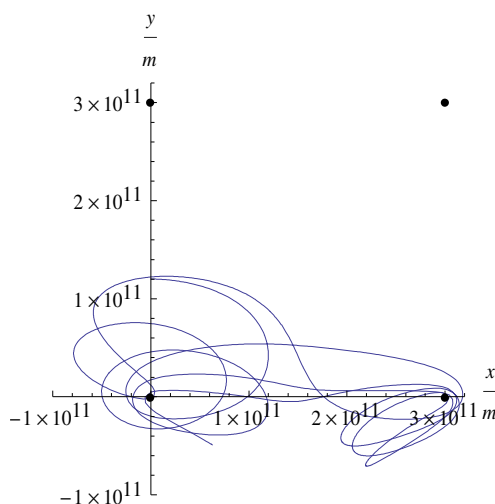
Na obrázku 6, 7 a 8 je zobrazen systém několika těles – jeden z klasických příkladů nelineárního systému. Máme-li například ve vesmíru dvě tělesa, která na sebe působí gravitačně, je možné analyticky popsat chování systému. Po přidání třetího tělesa se ale situace změní. Sice je stále možné vyjádřit síly mezi tělesy gravitačním zákonem, není ale možné chování takového systému analyticky popsat. Jediným způsobem, jak zjistit chování takového systému, je tedy numerická simulace. V ideálním případě bychom pro zjištění přesného vývoje systému museli provést téměř nekonečné množství výpočtů. To sice není možné, také proto se takový systém nazývá chaotickým (respektive deterministicky chaotickým), ale ve většině případů poslouží k relativně přesné simulaci i běžný domácí počítač.

Jedním ze základních znaků chaotického systému je silná závislost na počátečních podmínkách – právě to je demonstrováno na simulacích, jejichž výsledek je na obr. 6, 7 a 8. V simulaci byla umístěna čtyři tělesa hmotnosti Slunce do vrcholů čtverce o straně 2 AU a tato tělesa gravitačně působila na páté těleso (přičemž gravitační působení pátého tělesa na čtyři stacionární bylo zanedbáno). Obě simulace se liší pouze v počátečních podmínkách: poloha pátého tělesa na začátku simulace se liší na čtvrtém desetinném místě. I tak je ale ze

simulací vidět, že tato, na první pohled zanedbatelná odchylka, způsobila velký rozdíl v trajektorii tělesa.



Obr. č. 6 a 7: Ukázka pohybu družice v soustavě 4 Sluncí



Obr. č. 8: Ukázka pohybu družice v soustavě 4 Sluncí

2.2 Famulus

Famulus je program na numerické výpočty. Je obdobou systému Wolfram Mathematica, neobsahuje ale takové množství funkcí, práce s ním je intuitivnější, vstupní kód je podobný programovacímu jazyku Pascal. Je ale určen pro systém MS DOS, což souvisí se starším grafickým rozhraním a problematickým exportem vykreslených simulací.

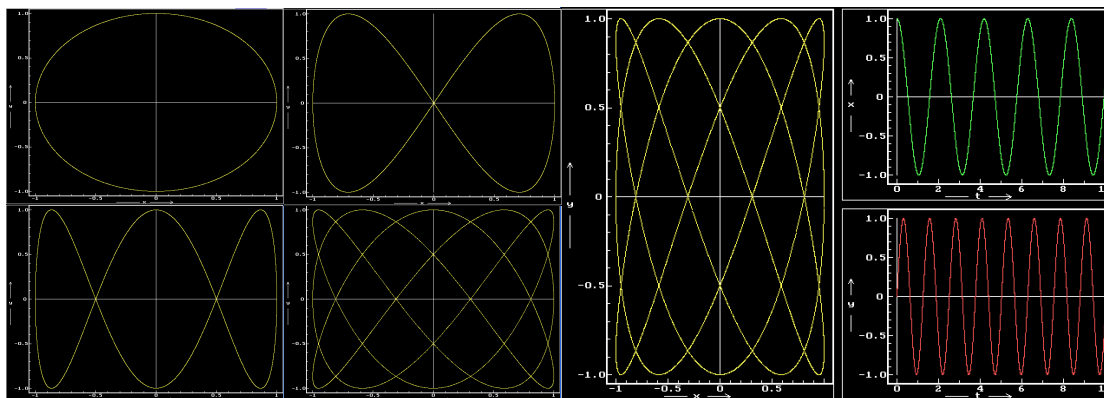
2.2.1 Lissajousovy obrazce

Pokud nějaké těleso kmitá ve více dimenzích, pak jeho trajektorie tvoří Lissajousův obrazec (či Lissajousovu křivku). Pro vzhled výsledné trajektorie je důležitý poměr úhlových frekvencí, ve kterých je pohyb vykonáván.

Parametrický zápis pro kmity probíhající ve dvou na sebe kolmých směrech je:

$$x = x_{\max} \sin(\omega_x t + \varphi_x)$$

$$y = y_{\max} \sin(\omega_y t + \varphi_y)$$

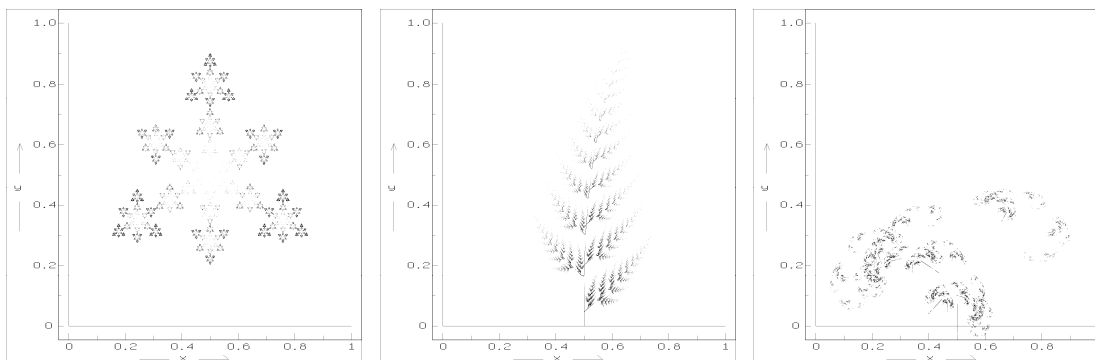


Obr. č. 9: Na levé části jsou Lissajousovy obrazce (pro $\varphi_x = \frac{\pi}{2}$ a $\varphi_y = 0$) s různými poměry frekvencí kmitů (nahore: vlevo 1:1, vpravo 1:2; dole: vlevo 1:3, vpravo 3:5), v pravé části je opět zobrazena trajektorie poměru 3:5 a grafy závislosti výchylky ve směru osy x a y na čase

2.2.2 Fraktály

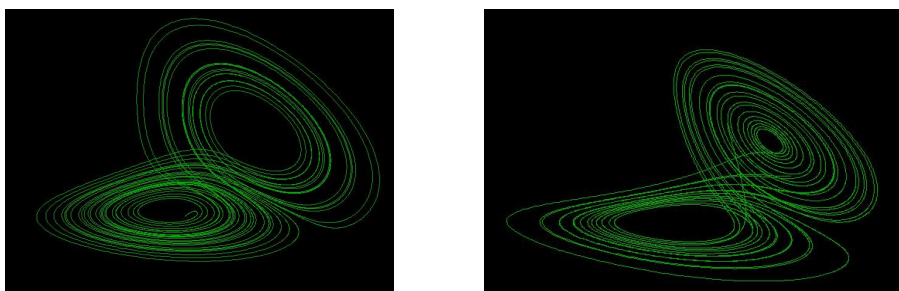
Fraktální množina je matematický soběpodobný objekt, který je přes svoji složitou podobu často popsán relativně jednoduše. K zobrazení většiny fraktálů je potřeba mnoho výpočetních operací, jedná se tedy o systémy vhodné k počítačovým simulacím. Například obrázku 11 je systém iterovaných funkcí označován jako kapradí (fern), jednotlivé simulace se liší v konstantách.

Fraktální množiny nejsou jen pěkné matematické obrazce; ve fyzice se používají k zobrazení vlastností nelineárních systémů.



Obr. č. 10, 11 a 12: Ukázky fraktálů (vločka, kapradí, vlastní výběr konstant)

Lorenzův atraktor je fraktální obrazec pojmenovaný po svém otci, Edwardu Lorenzovi. Vychází z rovnic určených k simulaci atmosféry, na obrázcích 13 a 14 je několik jeho podob lišících se v konstantách v rovnicích.



Obr. č. 13 a 14: Ukázky Lorenzových atraktorů

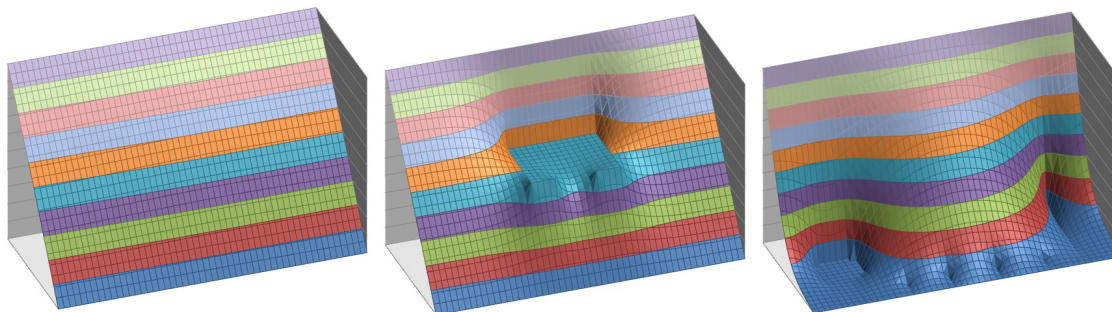
2.3 Excel

Pro některé méně náročné problémy je použitelný i tabulkový editor, například Excel. Takovéto programy nejsou stvořené pro numerické počítání, ale jsou snadno použitelné i bez předchozí přípravy a jejich možnosti jsou poměrně velké.



Obr. č. 15: Logo Excelu[4]

Netriviálním případem použití Excelu může být na vypočítání potenciálu v elektrickém poli. Výpočet pracuje na úplně jednoduchém principu – každá buňka má mít potenciál, který je průměrnou hodnotou 4 okolních buněk (kromě těch, které jsou napevno dané a těch na kraji tabulky). Na obrázku 16 je rozložení potenciálu v situaci, která by mohla být přirovnána k situaci, při bouři nad rovným polem. Na obrázku 17 je krabice, v jejíž jedné straně je otvor. Na obrázku 18 je přibližná simulace toho, jak by vypadal potenciál v oblasti, kde je strom (vlevo), anténa (vpravo) a 4 lidé (mezi anténou a stromem).

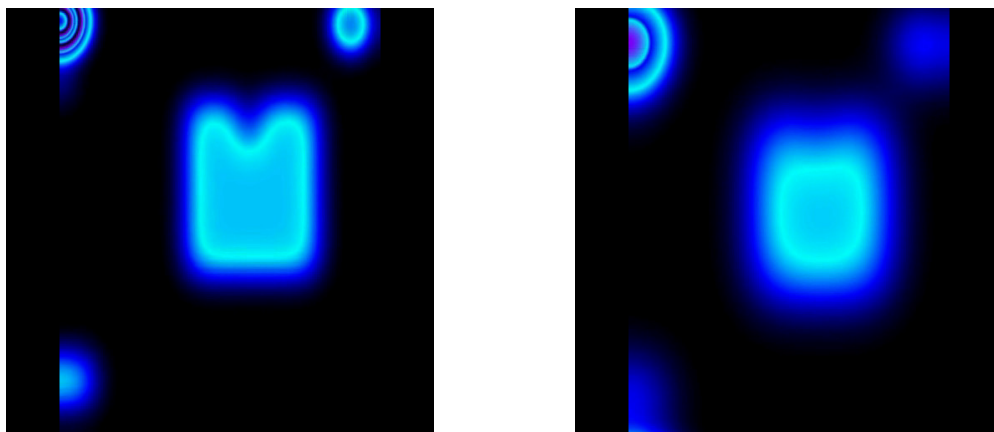


Obr. č. 16, 17 a 18: Ukázky plošných grafů znázorňující potenciál v dané oblasti

2.4 Vytvoření vlastního programu

Programy jako Wolfram Mathematica nebo Famulus sice umožňují simulovat mnoho systému, v praxi je ale často nutné zabývat se i jinými strukturami. V takovém případě je nutné vytvořit jednoúčelový program v některém z programovacích jazyků, například Pascal nebo C++. Výhodou a zároveň i záporom je právě úzká specializace vytvořeného programu. Algoritmy mohou být optimalizované na řešení konkrétního problému a tvůrce má podstatně větší volnost při tvorbě.

Na obrázcích 19 a 20 je ukázka simulace šíření tepla napsaná v jazyce C++ (jedná se o matematickou situaci, nikoliv reálný systém).



Obr. č. 19 a 20: Šíření tepla

3 Shrnutí

V práci jsme se zabývali numerickými simulacemi v programech Wolfram Mathematica a Famulus. Zabývali jsme se systémy, které by bez použití počítačů bylo možné jen těžko zkoumat, ať už se jedná ne nelineární chaotické systémy nebo o jednodušší Lissajousovy obrazce. Je však představeno jen několik možností, jak systémy numericky simulovat. Numerické výpočty je možné provádět i v tabulkovém kalkulátoru nebo jiných programech (např. Scilab). K simulování speciálních systémů je ale také možno napsat speciální program v některém z programovacích jazyků.

V každém případě je ale užíváno výpočetního výkonu počítačů ke zkoumání a popisu systémů, které by bez moderních procesorů bylo možné popsát jen velmi obtížně.

Poděkování

Děkujeme organizátorům, zejména ing. Vojtěchu Svobodovi, a FJFI za pořádání Fyzikálního týdne, děkujeme našemu supervizorovi Ing. Janu Smotlachovi a všem ostatním, kteří se zasloužili o zdárný průběh Fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] URL: [HTTP://WWW.WOLFRAM.COM/PRODUCTS/MATHEMATICA/NEWIN6/IMAGES/ROOT/HEADER-SPIKEY2.GIF](http://www.wolfram.com/products/mathematica/newin6/images/root/header-spikey2.gif) [citováno 16. 06. 2009]
- [2] Příspěvatelé Wikipedie, *Tlumené kmitání* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2009, Datum poslední revize 28. 04. 2009, 14:52 UTC, [citováno 16. 06. 2009] <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Tlumen%C3%A9_kmit%C3%A1n%C3%AD&oldid=3901101>
- [3] URL: [HTTP://WWW.ROOT.CZ/CLANKY/FRAKTALY-VE-SKATULKACH/](http://www.root.cz/clanky/fraktaly-ve-skatulkach/) [citováno 16. 6. 2009]
- [4] [HTTP://WWW.CONTRIB.ANDREW.CMU.EDU/~ICLANTON/CCM-WEBSITE/IMAGES/EXCELLOGO.PNG](http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~iclanton/ccm-website/images/excellogo.png) [citováno 16. 6. 2009]
- [5] [HTTP://SDRACO.IC.CZ/INDEX.PHP?ART=DELPHI-KONSTRUKCE-FRAKTALU-PODLE-ALGORITMU-IFS](http://sdraco.ic.cz/index.php?art=delphi-konstrukce-fraktalu-podle-algoritmu-ifs) [citováno 16. 6. 2009]

Počítačové zobrazování fraktálních množin

J. Bednář*, J. Fábera**, B. Fürstová***

*Gymnázium Děčín

**SPŠ Hronov

***Gymnázium Plasy

*jurij.jurjevic@centrum.cz

**icarosai@seznam.cz

***barborafurstova7@seznam.cz

Abstrakt:

Fraktály jsou nedílnou součástí matematiky. Tato práce definuje pojem fraktál a pojednává o různých typech fraktálních množin, jejich výpočtech a využití v praxi.

1 Úvod

Fraktál je geometricky členitý útvar. Lze jej také definovat jako soběpodobnou množinu, tzn., že objekt je složen z útvarů, které zobrazují původní objekt v menším měřítku. Oproti ostatním geometrickým útvarům, např.: přímce, čtverci, krychli, ... , má neceločíselnou dimenzi – tzv. Hausdorffovu dimenzi.

2 Fraktální geometrie

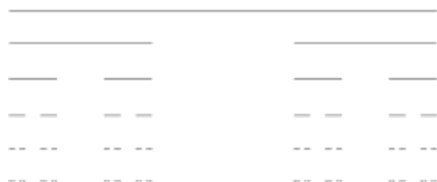
Je to vědní obor zabývající se zkoumáním fraktálů a jejich vlastností. Fraktály byly známy již ve velice brzké době, avšak počátky fraktální geometrie se datují od počátku 20. století, kdy byl B. B. Mandelbrot poprvé matematicky definován fraktál. Velký rozvoj začal až v 60. letech 20. století s rozvojem počítačové techniky.

Hausdorffova dimenze

Pomocí Hausdorffovy, též fraktální, dimenze popisujeme složitost (členitost) objektů. Běžné objekty popisujeme pomocí topologické dimenze, kde číslo, kterého nabývá, udává počet rozměrů. U Hausdorffovy dimenze nemusí však toto číslo být celé. Poté platí: Čím je toto číslo větší, tím rychleji se zvyšuje složitost fraktálu s rostoucím měřítkem.

3 Fraktály

Klasické fraktály



Cantorovo diskontinuum

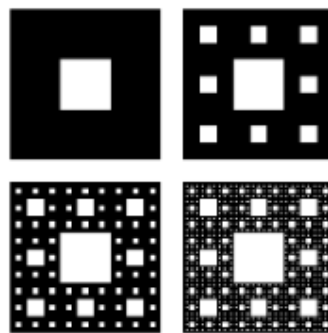
Cantorovo discontínuum, též Cantorova množina, je matematický pojem označující jistou množinu bodů na přímce. Cantorova množina bývá definována následujícím způsobem: Máme úsečku v uzavřeném intervalu $[0;1]$, kterou rozdělíme na 3 části. Prostřední část odejmeme. V následujících krocích budeme celý postup opakovat, vždy vyjmemme prostřední část třetinového intervalu. Cantorovo discontínuum má Hausdorffovu dimenzi rovnou $\log 2 / \log 3 = 0,6309$.

Obr.1 - Cantorova množina (5 iterací)



Sierpinského trojúhelník

Jedná se o rovnostranný trojúhelník, který rozdělíme středními příčkami na čtyři stejné rovnostranné trojúhelníky. Prostřední trojúhelník poté vyjmemme a postup opakujeme nekonečněkrát. Sierpinského trojúhelník má Hausdorffovu dimenzi rovnou $\log 3 / \log 2 = 1,5850$.

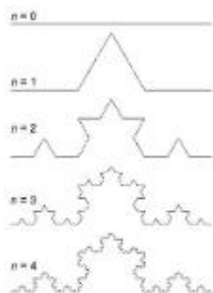


Obr.2 - Sierpinského trojúhelník (5 iterací)

Sierpinského koberec

Zobrazování Sierpinského koberce je založeno na stejném principu jako Sierpinského trojúhelník, avšak trojúhelník je nahrazen čtvercem. Dimenze Sierpinského koberce je rovna podílu $\log 8 / \log 3 = 1,8928$.

Obr.3 – Sierpinského koberec (3 iterace)



Kochova křivka (vločka)

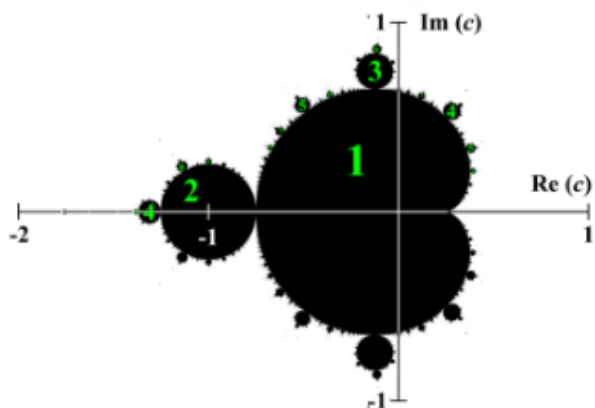
Tato křivka neobsahuje žádné úsečky nebo hladké segmenty, nemá derivaci v žádném bodě. Začneme s úsečkou délky 1, rozdělíme ji na tři části o délce $1/3$. Prostřední třetinu nahradíme rovnostranným trojúhelníkem. Stejný postup aplikujeme na všechny čtyři vzniklé úsečky a opakujeme jej nekonečněkrát. Hausdorffova dimenze je zde $\log 4 / \log 3 = 1,2619$.

Obr.4 – Kochova křivka (4 iterace)

Fraktály zobrazované v komplexních číslech

Mandelbrotova množina

Mandelbrotova množina je na rozdíl od množin Juliových jen jedna. Je definována jako množina komplexních čísel c a posloupnost $z_1, z_2, \dots, z_n$ je dána rekurzivním předpisem:



$$z_0=0; \quad z_{n+1}=z_n^2+c,$$

kde proměnné z_n a c leží v komplexní rovině. Mandelbrotova množina se pak dá definovat následujícím vztahem:

$$M = \{c \in \mathbb{C} \mid c \rightarrow c^2 + c \rightarrow \text{je omezená} \}.$$

Mandelbrotova množina leží v kruhu se středem v počátku soustavy souřadnic s poloměrem $r = 2$. Je to jednoduše souvislá množina, což bylo dokázáno v roce 1982 (A. Douady, J. H. Hubbard). Zda je také obloukově souvislá, zůstává hypotézou. Tento fraktál se skládá z nespočetného množství podobných částí, které se vzájemně dotýkají. Mandelbrotova množina je úzce spjata s množinami Juliovými.

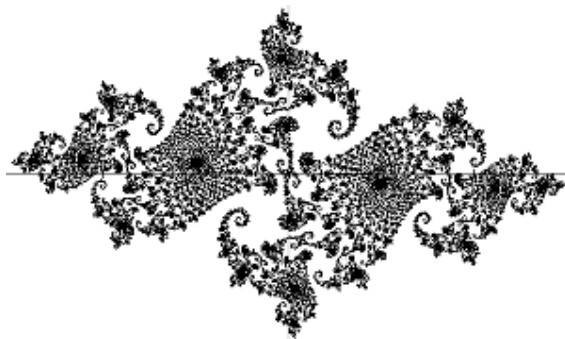
Obr.5 - Mandelbrotova množina



Juliovy množiny

Juliovy množiny byly poprvé popsány francouzskými matematiky G. Juliou a P. Fatou. Dnes rozlišujeme dva druhy Juliových množin, souvislé a nesouvislé. Zpravidla platí, pokud bod, který je považován za parametr c Juliové množiny náleží do Mandelbrotovy množiny na komplexní rovině, bude Juliova množina souvislá. Oproti tomu, pokud bod c nenáleží do Mandelbrotovy množiny, je Juliova množina nesouvislá. Tyto množiny jsou vytvářeny pomocí iterace funkce komplexní paraboly:

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



kde proměnné z_n a c leží v komplexní rovině. Počáteční bod z_0 odpovídá pozici bodu v komplexní rovině. Komplexní hodnota c není volena striktně a je pro všechny body obrazce konstantní.

Postupným přepočítáváním zjišťujeme, zda body dané posloupnosti divergují, či nikoliv. Pokud bod nediverguje, patří do množiny. V praxi platí, pokud absolutní hodnota bodu přesáhne 2, bod diverguje a nepatří do množiny. Hausdorffova dimenze Juliových množin je stejně jako u Mandelbrotovy množiny rovna 2 a oproti ní nemusí mít střed v počátku soustavy souřadnic a nemusí být souměrná podle osy.

Obr.7 – Juliovy množiny

4 Fraktálová komprese obrazu

Pomocí metody fraktálové komprese obrazu se objekt rozdělí na segmenty. V obrázku se pomocí transformací snažíme najít soběpodobnost. Poté dostaneme obrázek menšího rozlišení a rovnice popisující transformace. Výhodou je velmi vysoký stupeň komprese, nevýhodou poměrně velká ztrátovost a velmi pomalá komprese.

5 Využití fraktálů v praxi

Fraktály se vyskytují jako součást živých i neživých objektů. Přítomnost fraktálů v přírodě je například u stromů, kapradin, mraků, kamenů, hor, sněhových vloček, říčních systémů či cévních soustav. V poslední době se rozšiřuje přítomnost fraktálů v počítačové grafice a ve výtvarném umění.

6 Shrnutí

Měli jsme možnost proniknout do větší hloubky ve studiu fraktálních množin. Experimentovali jsme s výpočty fraktálních množin v komplexních číslech, konkrétně s Mandelbrotovou množinou a Juliovými množinami. Počítačově jsme zkoumali soběpodobnost a divergenci při různém počtu iterací.

Poděkování

Rádi bychom na tomto místě poděkovali organizátorům Fyzikálního týdne 2009, supervizorovi Ing. Petrovi Paušovi, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a všem studentům za příjemnou atmosféru během Fyzikálního týdne 2009.

Reference

- [1] P.Pauš. *Počítačové generování fraktálních množin* [online]. Praha: c2001, aktualizováno 2003 [cit. 2009 – 06 – 15]. Dostupné z WWW: < <http://geraldine.fjfi.cvut.cz/~pausp/cs/fyztyd>>
- [2] *Julia set* [online]. New York: c1995 – 1999, aktualizováno 1999 [cit. 2009 – 06 – 15]. Dostupné z WWW: <<http://www.fordham.edu/lewis/fferm/fferman.htm>>
- [3] *Mandelbrot set* [online]. Connelly: c2004, aktualizováno 2006 – 12 – 19. [cit. 2009 – 06 – 15]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mandelbrotova_mnozina>
- [4] *Kochova křivka* [online]. c2007, aktualizováno 2007 – 05 – 19. [cit. 2009 – 06 – 15]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kochova_k%C5%99ivka>
- [5] *Cantorovo diskontinuum* [online]. c2007, aktualizováno 2007 – 01 – 18. [cit. 2009 – 06 – 15]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Cantorovo_diskontinuum>

Teorie čísel a šifrování

J. Hlava, P. Šebek

Gymnázium Jiřího Ortena Kutná Hora, Gymnázium Uherské Hradiště
honzahlava@seznam.cz, artimis@seznam.cz

Abstrakt:

Naše práce se zabývá šifrováním zpráv. Ukazuje hlavně základní symetrické šifrovací metody. Součástí naší práce byl šifrovač a dešifrovač, který pracuje na metodě šifrování pomocí kódovací matice. Kódovací program je relativně jednoduchý a výsledná šifra těžko rozluštitelná při neznalosti klíče.

1 Úvod

Kryptologie neboli šifrování se používá pro bezpečný přenos informací mezi dvěma lidmi. Její součástí jsou kryptografie (šifrování) a kryptoanalýza (dešifrování) [1]. Problém v šifrování je ten, že vždycky existuje cesta jak dešifrovat kódovou zprávu, tudíž čím jednodušší máme kryptografickou metodu, tím jednodušeji může potencionální nepřítel zprávu rozluštit.

K rozluštění zprávy je nutná znalost klíče, tedy parametru funkce, kterou použijeme ke kódování. Šifrovací metody se dělí na symetrické, které jsou starší a tím pádem jednodušší, a na asymetrické, které už vyžadují dva klíče (jeden klíč je veřejný, pomocí kterého se zpráva zašifruje, a druhý je soukromý, který zprávu dešifruje uživateli). My jsme se zabývali symetrickou šifrovací metodou s pomocí kódovací matice.

2 Šifrování

Pozadí šifrování je většinou založené na matematice, proto je důležité převést zprávu na číselný kód. Písmenům přiřadíme numerickou hodnotu (například písmenu A přiřadíme hodnotu 0, B 1, ..., Z 25). S tímto kódem se potom provede matematická operace, číselné hodnoty se převedou zpět na písmena a zašifrovaná zpráva je připravená k odeslání. Dešifrovací program používá inverzi matematické operace, která byla použita při šifrování. Tato operace je pochopitelně použita na číselnou podobu zašifrované zprávy.

3 Symetrické šifrování

Metoda posunutí

Nejjednodušší metoda, která se nazývá posunutí, funguje na principu, že se jednomu písmenu přiřadí číslo, ke kterému se potom přičte klíčové číslo a výsledek je zpátky převeden na

písmeno a zprávu máme zašifrovanou [2]. Při dešifrování se písmena převedou na číselnou hodnotu a od ní se odečte klíčové číslo. Potom se již opět převede číselná hodnota na písmena a zpráva je dešifrována. Všechny tyto operace musíme provádět modulo 26 (počet písmen abecedy bez mezer), abychom zůstali v určeném intervalu. Tato metoda je jedna z nejjednodušších a znali ji již za dob Říma (Julius Caesar ji často používal, jeho klíčové číslo bývalo 3). Tato metoda šifrování je celkem bez obtíží dešifrovatelná, i když neznáme klíčové číslo. Stačí si všimnout písmene, které se tam nejvíce vyskytuje a také písmena s nejnižším výskytem nebo žádným, a pak porovnat s jazykem ve kterém je pravděpodobně zpráva zašifrována. Každý jazyk má některá písmena více používaná než jiná a zase některá písmena nepoužívá skoro vůbec (v češtině například W a X). Porovnáme posunutí nejpoužívanějšího písmene v nezašifrované podobě a zašifrované podobě a číslo, které nám vyjde, by mělo být hledaným klíčovým číslem. Se znalostí klíčového čísla je to již jednoduché dešifrovat.

Šifrování pomocí matic

Zašifrovanou zprávu pomocí této metody je již obtížnější dešifrovat. Klíč je tvořen maticí (v našem případě matice 2×2 tvořená přirozenými čísly). První krok je stejný jako u předcházejícího typu šifrování a to, že písmena převedeme do číselné podoby. Na rozdíl od minulého typu zde kódujeme vždy 2 po sobě jdoucí čísla najednou pomocí maticového násobení podle následující rovnice

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_i \\ z_{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_i \\ k_{i+1} \end{pmatrix}.$$

Matice nemůže mít libovolný tvar, musí být tvořena vhodnými čísly, protože jinak může nastat problém s nejednoznačným šifrováním a tím pádem nemožným dešifrováním. Jestli je naše matice vhodná si ověříme tím, že zjistíme, zda největší společný dělitel determinantu D (kde $D = ad - bc$) a počtu písmen v abecedě je 1.

Po násobení maticí jsme dostali číselnou hodnotu, kterou opět musíme vzít modulo 26, abychom byli zpět v požadovaném intervalu. Teď již převedeme číselné hodnoty na písmena a zprávu máme chráněnou před nežádanými čtenáři.

Následná dešifrace je již složitější, opět musíme provést inverzi k provedené operaci (tedy k násobení matic). Přesněji řečeno, zprávu – opět po dvojicích písmen – násobíme maticí inverzní k matici kódové. Tuto inverzní matici vypočteme podle následujícího vzorce

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

kde D^{-1} je inverzní prvek k determinantu D (v množině $\{0,1,\dots,25\}$). Tento inverzní prvek hledáme pomocí rozšířeného Euklidova algoritmu [3]. Poté musíme použít modulo 26, abychom byli v požadovaném intervalu a poslední krok je převést číselné hodnoty zpět na písmena.

4 Asymetrické šifrování

Tento způsob šifrování se vyznačuje použitím dvou klíčů (veřejný a soukromý). Pokud chce někdo zašifrovat zprávu pro nás, použije náš veřejný klíč, který může být např. vystaven na webu. Pokud chceme naopak zprávu rozšifrovat, musíme použít soukromý klíč, který pochopitelně držíme v tajnosti. Na tomto principu jsou založeny např. také digitální podpisy.

5 Shrnutí

Naším úkolem bylo sestavit program, který využíval k šifrování matice. Když jsme porozuměli principu této metody, již bylo velmi jednoduché naprogramovat program, který toto zvládne. Tento program je tvořen dvěma programy. První program zajišťuje zakódování zprávy a následné uložení kódované zprávy do textového souboru a druhý program načte zakódovanou zprávu z textového souboru, rozšifruje ji a pak zobrazí rozšifrovanou podobu. Za zmínku stojí, že první program je napsán v Pascalu a druhý je v C++.

Poděkování

Děkujeme ČVUT a FJFI za zprostředkování fyzikálního týdne. Také děkujeme našemu supervizorovi Ing. Petru Ambrožovi, Ph.D., který nám s prací významně pomohl.

Reference:

- [1] KRYPTOGRAFIE. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kryptografie>
- [2] KOBLITZ, N.: *A Course in Number Theory and Cryptography* Springer, 1994, pp. 235.
- [3] EXTENDED EUCLIDEAN ALGORITHM.
http://en.wikipedia.org/wiki/Extended_Euclidean_algorithm

Měření rychlosti světla

Autoři: Petr Švéda¹, Jiří Bárdoš²

¹Gymnázium, Brno-Řečkovice; svedapetr@email.cz

²Gymnázium Teplice; jiri.bardos@post.gymtce.cz

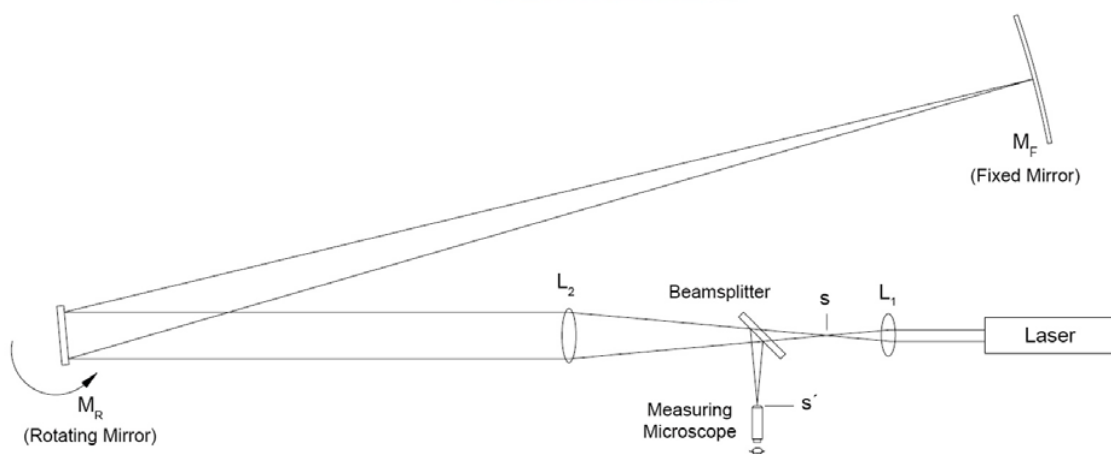
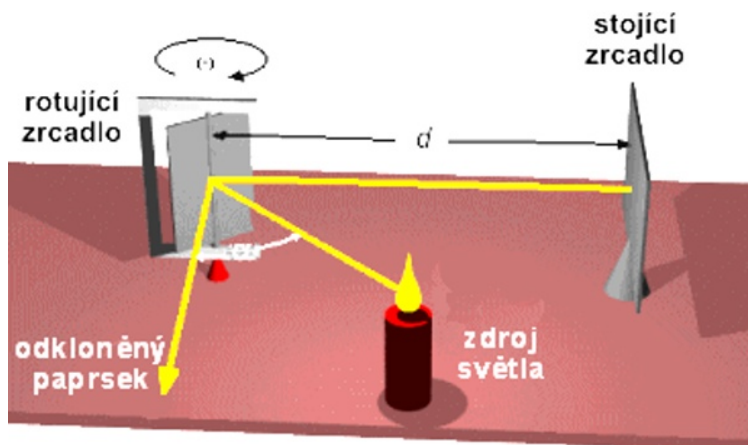
Abstrakt:

Práce se zabývá experimentálním měřením rychlosti světla Foucaultovou metodou. Rychlost světla je základní vesmírnou konstantou, je nezbytná pro astrofyziku, částicovou fyziku, ale i pro věci denní potřeby, jako je třeba navigace GPS. Proto jsme se snažili sérií pokusů tuto konstantu určit co nejpřesněji a v našich podmínkách byla nejvhodnější zmíněná metoda. Námi naměřená hodnota je $317\,306\,695\text{ms}^{-1}$, která se liší jen 5,5% od skutečné.

1 Histore měření c

- V 17. století se snažil změřit rychlost Galileo Galilei. Měřil tak, že si stoupl v noci na kopec s lucernou, na protější kopec si stoupl jeho spolupracovník. Galileo odkryl lucernu a v momentě, kdy záblesk spatřil jeho kolega, odkryl lucernu on. Časová prodleva měla být časem, za jaký urazí světlo dvojnásobek vzdálenosti mezi kopci. Jeho metoda byla principiálně správná, ale nedosáhl žádných relevantních výsledků, protože rychlost světla je příliš velká.
- V roce 1675 se poprvé podařilo změřit rychlost světla Ole Römerovi. Získal rychlost 225000kms^{-1} . Vycházel z rozdílných period zákrytu Jupiteru a jeho měsíce Io. Rozdílná doba byla způsobena různou vzdáleností Země – Jupiter; z rozdílné vzdálenosti a rozdílu času pak určil c .
- V polovině 19. století probíhaly 2 experimenty, každý na jiném principu. Hippolyte Fizeau užil rotujícího ozubeného kola a vzdáleného zrcadla a měřil, při jaké rychlosti otáčení se ještě paprsek vrátí stejnou mezerou mezi zuby.
- 2. experimentem byla právě Foucaultova metoda.

2 Foucaultova metoda a vlastní měření



- Foucaultova metoda (nebo také metoda rotujícího zrcátka) spočívá v tom, že laser vysílá paprsek, který prochází děličem paprsku a odráží se od rotujícího zrcadla k zrcadlu pevnému (ve velké vzdálenosti, v našem případě 8m). Od toho se odráží zpět k rotujícímu zrcadlu, které se však mezitím nepatrně pootočilo, což způsobí posunutí obrazu bodu (Δs), které pomocí mikroskopu změříme. K zaměření a kalibraci paprsku je nutné užít polarizační filtry, abychom dostatečně snížili intenzitu paprsku a bylo možné paprsek pozorovat.

Pomůcky: zdroj laserového paprsku, 2 fokusovací čočky, polarizační filtr, kolejničky, na nichž byla aparatura umístěna, otočné zrcátko, stacionární zrcátko, mikroskop.

Před vlastním měřením bylo nutné celou optickou soustavu přesně seřídít, nastavit paprsek a zrcadla tak, aby se paprsek vracel přesně do rotujícího zrcátka. Vlastní měření je pak sérií měření vzdálenosti mezi obrazem bodu paprsku při stojícím a při roztočeném zrcátku (měřili jsme při rotaci v kladném i záporném směru).

- Výsledky:

f [Hz] frekvence otáčení zrcadla

Δs [μm] změřený posun bodu

c [ms^{-1}] vypočítaná rychlost

Δc [ms^{-1}] rozdíl c měřené a c skutečné

f [Hz] frekvence otáčení zrcadla

Δs [μm] změřený posun bodu

c [ms^{-1}] vypočítaná rychlost

Δc [ms^{-1}] rozdíl c měřené a c skutečné

průměrná hodnota c [ms^{-1}]

průměrná hodnota c bez hrubé chyby (3. měření)

procento chyby měření

c skutečná

1. pokus	2. Pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus
1230	1261	1044	1245	1250
200	220	130	190	190
319 674 315	297 937 406	417 435 878	340 602 928	341 970 812
- směr				

19 881 857	1 855 052	117 643 420	40 810 470	42 178 354
6. pokus	7. pokus	8. pokus	9. pokus	10. pokus
1055	1245	1268	1266	1260
170	210	220	210	210
322 579 055	308 164 554	299 591 302	313 362 511	311 877 380
+ směr				

22 786 597	8 372 096	201 156	13 570 053	12 084 922
------------	-----------	---------	------------	------------

Δc

327 319 614	27 527 156
317 306 696	17 514 238
5,5%	
299 792 458	

Rychlost světla jsme počítali ze vztahu $c = \frac{4 \cdot A \cdot D^2 \cdot \omega}{\Delta s (D + B)}$

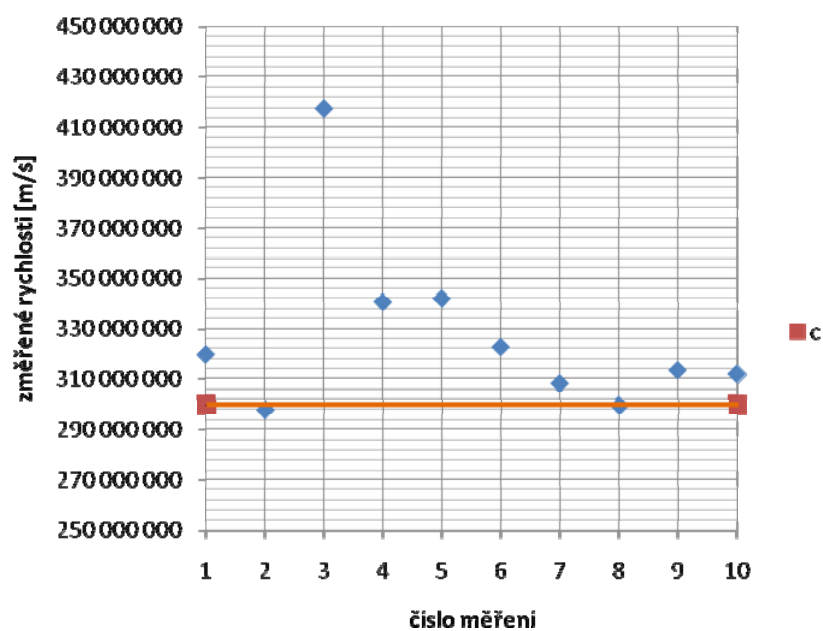
kde: A je vzdálenost mezi čočkami

B je vzdálenost mezi čočkou 2 a rotujícím zrcadlem

D je vzdálenost mezi zrcadly

ω je úhlová rychlost otáčení zrcadla $\omega = 2 \pi f$

Δs je měřeným posunem



- Naměřili jsme rychlost světla $317\,306\,696\text{ ms}^{-1}$, skutečná velikost rychlosti světla je $299\,792\,458\text{ ms}^{-1}$. Absolutní rozdíl činí sice $17\,514\text{ kms}^{-1}$, ale vůči c je to výsledek velmi přesný - procentuální rozdíl je jen 5,5%. Nejbližší skutečné rychlosti světla je měření číslo 8, kde je procentuální rozdíl jen 0,063%. Nepřesnost měření byla nejspíše způsobena nepřesným zaměřením středu obrazu paprsku, a nepřesností optické soustavy, kde i velmi malá výchylka (např. v přesnosti čoček) způsobí mnohem větší rozdíl ve výsledku (měřené vzdálenosti jsou v μm).

3 Shrnutí

Na podmínky a dobu, kterou jsme měli na měření, jsme naměřili relativně přesné výsledky rychlosti světla – podařilo se nám dosáhnout přesnosti 5,5%. Měření by bylo možné zpřesnit těmito způsoby: větším počtem měření

zvětšením vzdálenosti mezi rotujícím a stacionárním zrcadlem
zvýšením otáček rotujícího zrcadla (námi užitá max. 1260 ot./s)

Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za poskytnutí veškerých materiálů a umožnění této práce, dále pak Janu Mácovi, našemu garantovi, bez nějž by tato práce jen velmi těžko vznikala.

Reference:

- [1] KAIZR, V.: WWW.ALDEBARAN.CZ/BULLETIN/2004_S1.HTML, 2004
- [2] PASCO SCIENTIFIC: *Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model OS-9261A, 62 and 63A*

Optický telefon

P. Hamerníková¹, R. Hueber¹, J. Karmazín², Š. Poláček³, J. Řehák⁴

blue.beret@seznam.cz

¹Gymnázium Děčín, Komenského nám. 4, Děčín 1

²Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 27/235, Velké Meziříčí

³Gymnázium Františka Palackého, Husova 146, Valašské Meziříčí

⁴SPŠ Hronov, Hostovského 910, Hronov

Abstrakt

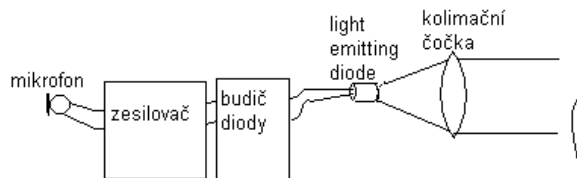
Signály lze přenášet vzduchem tradičně pomocí rádiových vln a mikrovln, ale také pomocí světelného paprsku. Druhý zmiňovaný princip jsme demonstrovali na přenosu zvukového signálu. Zhotovené zařízení bylo schopno realizovat komunikaci na vzdálenost cca 20 m s uspokojivou kvalitou zvuku. Výhodou tohoto typu přenosu je například dobrá možnost směřování paprsku, nevýhodou je silné rušení a neschopnost paprsku procházet překážkami.

1 Úvod

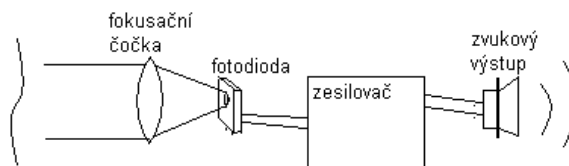
Z praxe víme, že zvukové vlnění jako takové je pro přenos informací na větší vzdálenosti nepraktické. Užitím směrových zdrojů zvuku lze sice výrazně zvýšit dosah takové komunikace, to ovšem zdaleka nedosahuje kvality rádiového přenosu. Obecně se jako vhodné médium pro přenos signálů jeví právě elektromagnetické vlny. V běžné praxi se setkáváme s komunikací pomocí rádiových vln a mikrovln, lze ale použít i záření z viditelného spektra. Tento způsob v současnosti využívají například některé satelity pro komunikaci mezi sebou. My jsme se rozhodli toto médium použít pro sestavení jednoduchého telefonu.

Pro účely demonstrace jsme naše zařízení omezili na jednosměrnou komunikaci – rozlišujeme tedy vysílač a přijímač. Pro funkci skutečného telefonu by bylo pochopitelně nutné celé zařízení zdvojit.

Vysílání:



Příjem:



Obrázek 1: Zjednodušené schéma optického telefonu

2 Optický aparát

Za zdroj světla pro naše zařízení jsme zvolili světelnou diodu o vlnové délce 650 nm. Pro dosažení maximální vzdálenosti je nutné vytvořit světelný paprsek kolimací světla z diody. Tento paprsek je následně fokusován na fotodiodu na přijímači.

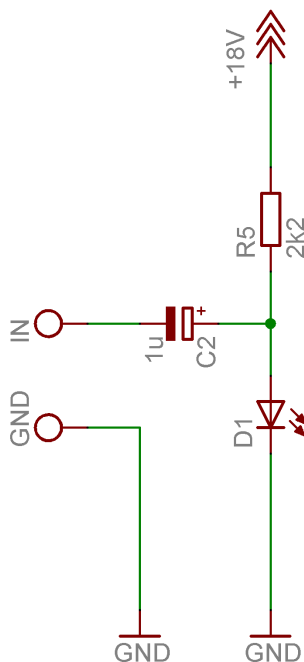
Pro získání optimálních výsledků potřebujeme správně zvolit parametry svítivé diody, kolimační čočky, fokusační čočky a fotodiody. Prvním dílčím cílem je maximalizace intenzity paprsku v místě dopadu. Z tohoto důvodu jsme jako zdroj použili supersvítivou LED. Kolimační čočku jsme volili tak, aby co možná největší část záření z diody vstupovala do čočky. Zároveň jsme se v rámci možností snažili o co největší ohniskovou vzdálenost čočky, abychom minimalizovali rozbíhavost kolimovaného paprsku¹. Druhým dílčím cílem je vyslaný signál optimálně zachytit. Fokusační čočkou zajišťujeme směrovou citlivost přijímače, což napomáhá oddělení signálu od rušivých vlivů. Svazek soustředíme na malou plochu, takže si vystačíme i s malou plochou fotodiody. Malé fotodiody navíc vykazují menší šum.

3 Elektronický aparát

O převod akustického vlnění na světelné a vice versa se stará elektronika umístěná na vysílači i na přijímači.

Vysílač

Vstupní signál je ve vysílači přiváděn na výkonový zesilovač a odtud na diodu. Protože dioda není schopna reprezentovat záporné výchylky signálu, je třeba na ni přivést ještě konstantní proud. Po sečtení tyto proudy vytváří pouze kladné výchylky, které již dioda dokáže sledovat, protože je stále zapojena v propustném směru.



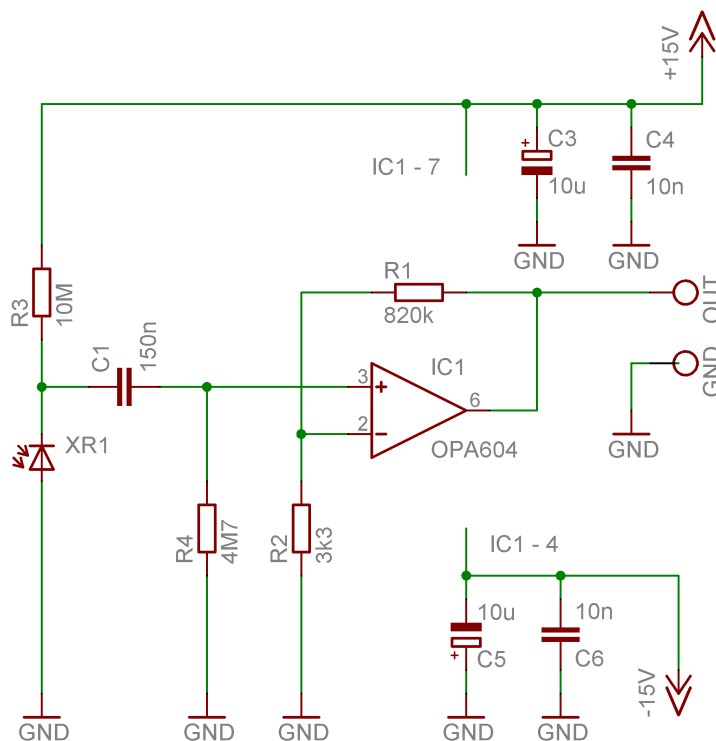
Obrázek 2: Schéma zapojení vysílače

V obvodu vysílače používáme zdroj stejnosměrného napětí 18 V a rezistor o odporu 2,2 k Ω k částečnému rozsvícení diody. Vstupní signál potom způsobuje zesilování a zeslabování jasu diody, čímž je převáděn na světlo. Kondenzátor C2 zde slouží k oddělení stejnosměrného napětí od zdroje signálu.

¹Rozbíhavost paprsku je nepřímo úměrná ohniskové vzdálenosti čočky a přímo úměrná velikosti svítivé plochy diody.

Přijímač

Základem přijímače u našeho zařízení je fotodioda, v níž díky fotoelektrickému jevu vzniká proud vlivem dopadajícího světla. Velikost vzniklého proudu je přímo úměrná osvětlení, takže se zde světelný signál opět převádí na elektrický. Vzniklé proudy jsou zesilovány pomocí operačního zesilovače.



Obrázek 3: Schéma zapojení přijímače

Střídavá složka proudu vzniklého na fotodiodě je propouštěna kondenzátorem C1 na vstup zesilovače. Po cca 250násobném zesílení má již signál dostatečný výkon, aby mohl být přiveden na sluchátka.

4 Praktické provedení

Pro účely našeho pokusu jsme napojili vysílač na linku, která vychází z aktivního reproduktoru připojeného k počítači. Využili jsme tak zesilovače zabudovaného v reproduktoru, jen jsme se omezili na jeden kanál. Zdroj stejnosměrného napětí jsme nastavili tak, aby dioda svítila polovinou svého maximálního jasu. Z počítače jsme přehrávali hudbu a při bližším zkoumání šlo zaznamenat, že dioda obzvláště při basových tónech poblikávala. Poté jsme nastavili pozici kolimační čočky tak, aby se svazek co nejméně rozbíhal. Připravený vysílač jsme umístili na školní chodbu.

Na druhém konci chodby, vzdáleném od vysílače přibližně 20 m, jsme nainstalovali přijímač. Pomocí čočky jsme našli pozici svazku a zaostřili jej na malou plochu fotodiody. Příjem jsme poté kontrolovali pomocí připojených sluchátek.

5 Diskuze

Kvalitu přenosu signálu ovlivňuje mnoho různých faktorů:

- optické rušení od okolního světla,
- elektromagnetické vlnění v okolí,
- vlastní šum elektronických součástek,

- přerušování signálu procházejícími osobami.

Příčiny optického rušení jsou dvojí: bílý šum plynoucí z nahodilého pohybu fotonů a kolísání intenzity zdrojů osvětlení (blikání žárovek a zářivek na frekvenci 100 Hz). Toto lze ošetřit přesným směřováním, použitím barevného filtru a dobrým optickým odstíněním fotodiody. Elektromagnetické rušení pochází z rádii, mobilních telefonů, elektrických rozvodů apod. Lze jej výrazně potlačit elektromagnetickým stíněním vodičů.

Subjektivním posouzením kvality při provádění pokusu jsme doznali, že je naše zařízení použitelné pro přenos hlasu. Hlasitost zvuku byla dostatečná; nejvýraznějšími problémy byly brum o frekvenci 50 Hz a zkreslení zvuku. Při použití stínění a vhodnějších součástek by bylo pravděpodobně možné dosáhnout vyšší kvality. Stejně tak by bylo možné přidat stejné zařízení v opačném směru (a získat tak plnohodnotný telefon) i ve stejném směru (a dosáhnout tak stereo zvuku).

6 Shrnutí

Jak ukázal náš pokus, optická komunikace volným prostorem je uskutečnitelná i za pomoci snadno dostupných prostředků a je také prakticky použitelná. Naše zařízení bylo schopné přenášet zvuk v kvalitě dostatečné pro telefonii na smysluplnou vzdálenost, a tak splnilo svůj účel.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali panu Mgr. Pavlu Bažantovi, že nás uvedl do problematiky a pomohl nám při provádění pokusu, Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, že nám poskytla k této činnosti zázemí, a našim vyučujícím fyziky za možnost účasti.

Reference

- [1] http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/O/P/A/6/OPA604AP.shtml
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space_optical_communication

Měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem pomocí detektorů stop

J. Pecina¹, M. Šimek², M. Zábranský³, T. Zahradník⁴

¹Gymnázium Jeseník, pecinajan.jes@gmail.com

²Gymnázium Otokara Březiny, martinsimek666@seznam.cz

³Gymnázium Litoměřická Praha, m.zabransk@seznam.cz

⁴Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, tzahradnik@karneval.cz

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s interakcemi těžkých nabitých částic s materiálem pomocí detektorů stop. Zabývali jsem se vyhodnocením dat z detektorů stop v pevné fázi (na bázi PADC) ozářených svazkem kationtů Ne stíněným teflonem. Tímto jsme ověřovali závislost LET ve vodě pro částice Ne na míře stínění.

1 Úvod

K měření zeslabení těžkých nabitých částic při průchodu materiálem jsme v této práci použili detektory stop v pevné fázi. Tyto pasivní detektory jsou spektrometry lineárního přenosu energie a mají široké využití díky nízké pořizovací ceně, hmotnosti a snadné manipulaci při měření. Spektrum lineárního přenosu energie poskytuje informace potřebné k výpočtu dávky a dávkového ekvivalentu, které lze dále využít např. k odhadům radiační zátěže posádek kosmických stanic a pacientů při hadronové terapii.

2 Materiály a metody

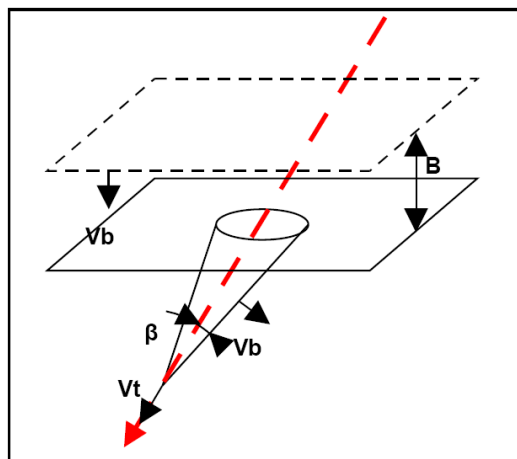
Lineární přenos energie L (označován též LET z anglického „linear energy transfer“) vyjadřuje energii, která je při zpomalování nabitě částice předávána elektronům látky.

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

kde dE je energie přenesená v daném místě nabitou částicí na elektrony při jejím průchodu po dráze dx . [1] Jeho hodnota se liší na základě typu a energie částice a je závislá na materiálu, s kterým částice interaguje. Na základě spektra lineárního přenosu energie lze vypočítat absorbovanou dávku, a tím odhadnout radiační zátěž na lidský organismus.

Při průchodu nabitě částice detektorem stop v pevné fázi dochází v důsledku poškození materiálu excitacemi a ionizacemi ke vzniku latentní stopy, která je pozorovatelná pouze pod

elektronovým mikroskopem. Zvětšením stop, např. leptáním, lze latentní stopu zviditelnit i pro mikroskopy optické. Vhodně zvolené leptací činidlo, většinou roztok NaOH nebo KOH, rozpouští místa latentních stop rychleji než okolního nepoškozeného materiálu. Vzniká tak tmavá stopa kuželovitého tvaru, příklad této stopy je uveden na obrázku 1 [2].



Obr.1: Tvorba stopy leptáním (v_b rychlost leptání nezasaženého materiálu, v_t rychlost leptání v latentní stopě)

Okraj těchto zviditelněných stop, který na povrchu detektoru tvoří elipsy nebo kruhy, je dále sledován pomocí optického mikroskopu a pomocí výpočetních programů je vyhodnocena jeho velikost (hlavní - $r_{\max}$ a vedlejší poloosa - $r_{\min}$). Z těchto údajů je pak vypočítána hlavní charakteristika stopy a to poměr leptacích rychlostí:

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

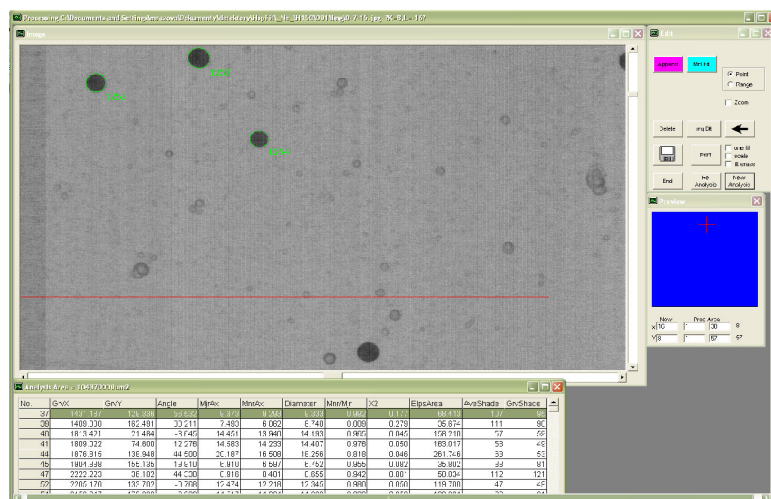
kde $r_{\min}$ je vedlejší poloosa, $r_{\max}$ je hlavní poloosa eliptických stop a b je odleptaná vrstva jedné strany detektoru. Odleptaná vrstva detektoru byla v našem případě zjišťována metodou štěpných trosek, kdy poloměr štěpné trosky je roven odleptané vrstvě na jedné straně detektoru.

Pomocí poměru leptacích rychlostí v_t/v_b a příslušných kalibračních křivek je možné dopočítat lineární přenos energie pro danou částici ve vodě. Z tvaru stopy na povrchu detektoru je například také možné určit úhel dopadu nabitě částice.

3 Výsledek

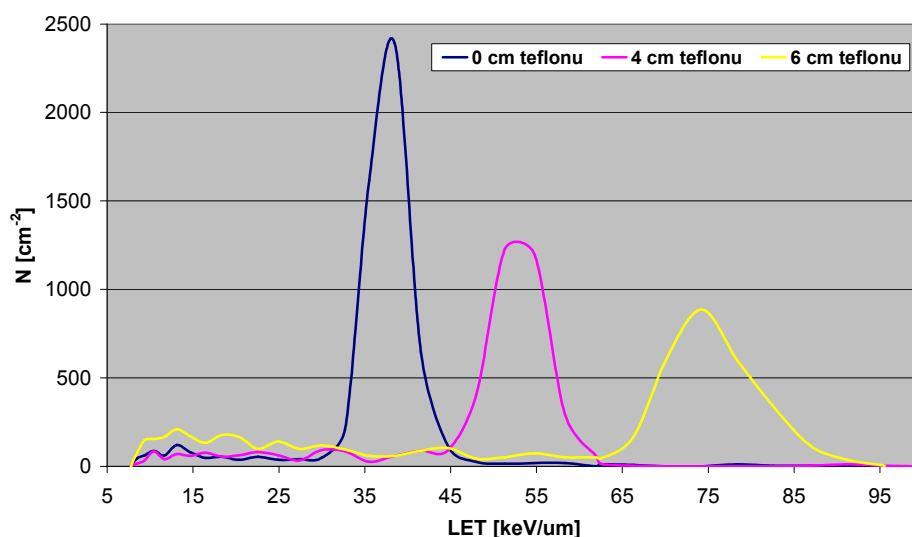
Detektory stop pevné fáze s označením USF-4 byly umístěny postupně za 0, 4 a 6 cm stínící vrstvy teflonu. Na urychlovači těžkých nabitých částic HIMAC v Japonsku byly ozářeny ionty neonu o energii 370 MeV/nukleon a lineárním přenosu energie 31 keV/ μm , svazek primárních iontů dopadal kolmo k povrchu vzorku.

Po ozáření byly detektory leptány 5 molárním hydroxidem sodným za teploty 70°C po dobu 18 h. Povrch detektorů byl naskenován pomocí speciálního mikroskopu a v rámci této práce proběhla analýza povrchu pomocí programu HspFit, vyhodnocená plocha pro každý detektor byla asi 0,25 cm². Na následujícím obrázku 2 je uvedena ukázka povrchu detektoru a vyhodnocovacího okna programu HspFit.



Obr. 2: Ukázka vyhodnocovacího okna programu HspFit

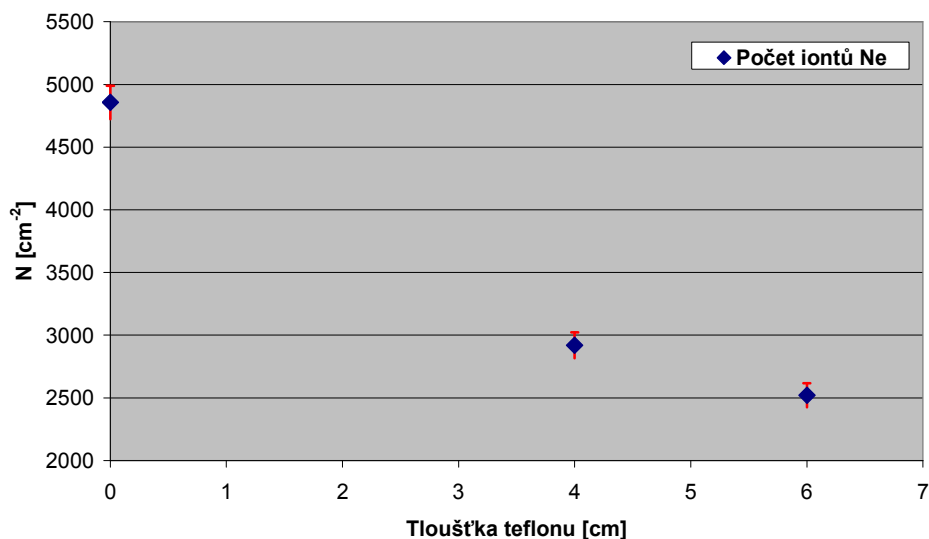
Pomocí naměřených parametrů stop a kalibračních křivek bylo sestrojeno spektrum lineárního přenosu energie pro všechny analyzované detektory. Toto spektrum můžeme pozorovat na obrázku 3.



Obr. 3: Spektrum lineárního přenosu energie v závislosti na tloušťce stínící vrstvy

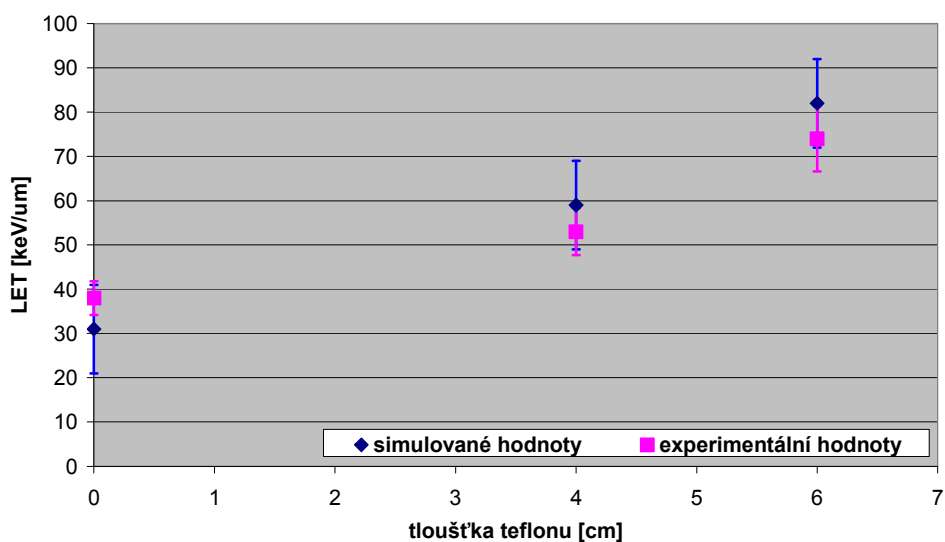
Ze spekter lineárního přenosu energie pro detektory za jednotlivými tloušťkami stínění je patrné, že s přibývajícím tloušťkou stínění dochází ke zmenšování plochy hlavního píku –

snižování počtu detekovaných primárních částic Ne (obr. 4). Dále můžeme pozorovat, že se zvětšující se tloušťkou stínicího materiálu dochází k posunu LET směrem k větším hodnotám.



Obr. 4: Zeslabení primárního svazku iontů Ne v závislosti na hloubce ve stínícím materiálu teflonu

Změna hodnoty LET v závislosti na hloubce částice ve stínění (teflonu) byla pro porovnání s experimentálními hodnotami nasimulována pomocí jednoduchého programu SRIM (www.srim.org). Porovnání experimentálních a vypočítaných hodnot je znázorněno na obrázku 5.



Obr. 5: Porovnání naměřených a simulovaných hodnot LET iontů Ne v závislosti na hloubce umístění detektoru ve stínící teflonové vrstvě

Závislosti LET na hloubce Ne ve stínění pro simulované a naměřené hodnoty mají stejný charakter a v rámci nejistot se shodují.

4 Závěr

V rámci tohoto projektu jsme se seznámili s interakcemi těžkých nabitých částic při průchodu látkou a veličinami, který tento průchod mohou charakterizovat. Seznámili jsme se také s pasivními detektory stop v pevné fázi, s jejich vlastnostmi, způsobem detekce a vyhodnocování. Výsledky experimentálního měření ukazují, že s rostoucí tloušťkou stínícího materiálu se počet iontů primárního záření Ne snižuje a jejich lineární přenos energie roste, což bylo potvrzeno i simulací.

Poděkování

Rádi bychom tímto poděkovali FJFI a Ing. V. Svobodovi a organizačnímu týmu za možnost účasti na Fyzikálním týdnu, Ústavu jaderné fyziky AV ČR a garantovi miniprojektu Z. Mrázové.

Reference

- [1] V. Klenner a kol.: *Principy a praxe radiační ochrana* Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000
- [2] K. Brabcová.: *Studium a vývoj použití chemicky leptaných detektorů stop pro dozimetrické účely*, Minimum k disertační práci, 2009

Linux Lab

Hujňák Ondřej, Gymnázium Slovanské nám., Brno, Hujnak.Ondrej@gmail.com
Kratochvíl Pavel, Střední průmyslová škola Příbram, Příbram, pavelkrat@gmail.com
Miketa Dominik, Gymnázium Nad Kavalírkou, Praha, dominik.miketa@gmail.com

Abstrakt:

Operační systém Linux je mezi obyčejnými uživateli často vnímán jako složité a nepřátelské prostředí, které bez znalosti programování nelze ovládnout, natož používat. Linux určený pro domácí použití je v dnešní době snadno použitelný i pro uživatele zvyklé na systém MS Windows. Čtenář se v článku dozví, jaké jsou rozdíly mezi Linuxem a operačními systémy od Microsoftu, seznámí se se základy i historií, dostane rady, jak si vybrat tu správnou verzi, a jak nejplynuleji přejít ze svého předchozího systému na nový. Po přečtení by měl mít čtenář představu, zda je pro něj Linux vhodný a pokud ano, jak k němu přistoupit.

1 Co je to Linux?

Pod pojmem Linux běžně rozumíme operační systém, který se skládá z jádra systému a programového vybavení. Správné označení je GNU/Linux, kde Linux bylo dříve označení jen pro jádro tohoto systému. GNU poskytuje uživatelské programy.

Projekt GNU vznikl v roce 1983. Jeho cílem bylo vytvořit nový operační systém unixového typu, který by byl složen jen ze svobodného software. Otcem a zakladatelem projektu se stal Richard Matthew Stallman. Za tímto účelem sepsal Stallman novou licenci GNU GPL, pod kterou je šířen veškerý software projektu. K dokončení ale chybělo jádro, které poskytl Linus Torvalds. Začal jej vyvíjet již během svých univerzitních studií. Po několika letech se Linux stal systémem kompatibilním s komerčními Unixy.

Linux není jeden konkrétní operační systém, nazýváme tak libovolný operační systém založený na projektech GNU a Linux. Díky licenci GPL mohou být tyto systémy a jejich úpravy šířeny volně.

Důležité je také zmínit hlavní myšlenku tohoto OS. Tou je svoboda. Není potřeba za něj platit. Na vývoji se podílejí lidé a společnosti z celého světa. Mezi nejvýznamější podporovatele patří například IBM, Red Hat, Novell, HP, Intel, Google atd. V dnešní době zůstává Linus Torvalds autorem asi 2% kódu jádra.

Na OS Linux není třeba pohlížet jako na konkurenci pro Microsoft a jeho operační systémy (Windows XP / Vista / 7), jde totiž úplně jinou cestou. Proč se touto cestou vydat rozebereme dále.

2 Proč používat Linux?

Nejčastější otázkou uživatelů je bezesporu „proč?“. Jeho výhody ocení lidé vyžadující stabilní a přehledné pracovní prostředí, tedy ti, kteří jsou frustrováni nepochopitelnými pády jejich stávajícího systému. Přechod na Linux prospěje i starším počítačům, které již nedokáží nabídnout dost „šťávy“ aktuálním verzím Windows. Takto dokáže i starší (a tím pádem i levnější) stroj podávat více než dostatečný výkon pro práci i multimédia, navíc bez rizika nakažení virem či pádu systému v tu nejméně vhodnou dobu. Další výhodou Linuxu je jeho cena. V číslech: Za Windows Vista ve verzi

Home Premium zaplatíte v průměru 5 000 Kč, za Microsoft Office 2007 ve verzi pro studenty asi 1 500 Kč. Naproti tomu člověk s Linuxem nemusí zaplatit ani korunu a přesto vlastní systém legálně. (Výjimky tvoří Linuxové distribuce s placenou podporou.) S každou další generací operačního systému, balíku Office i dalších programů se situace opakuje. Zároveň si ostatní rozšířené operační systémy jednou za čas žádají reinstalaci, buď kvůli novým verzím, nebo protože počítač již není použitelný z důvodu citelného zpomalení. Linux se aktualizuje neustále a reinstalaci nevyžaduje, zůstává pořád stejně využitelný. Dokáže pracovat bez restartu i několik měsíců či déle.

Je dobré zmínit, že Linux není vhodný pro každého. Pokud uživatelům vyhovuje jejich stávající systém a nechťejí se učit používat jiný, není k přechodu žádný důvod.

3 Programové vybavení

Operační systém je ale pouze základ, na kterém běží uživatelské programy. Obvyklou obavou potencionálních uživatelů Linuxu je ztráta možnosti využívat aplikace, které jsou zvyklí používat. V současné době existuje k programům, které běžní uživatelé používají, několik funkčně srovnatelných alternativ. Tyto programy jsou zpravidla také bezplatné.

Co si má tedy nováček stáhnout, pokud chce psát dokumenty, sledovat videa či používat oblíbené „kecálky“? Možností je pokaždé několik, zmíníme ale jen ty nejznámější.

Webový prohlížeč - Mozilla Firefox

Jeden z populárních prohlížečů pro PC existuje i v plnohodnotné verzi pro Linux. I zde nabízí záložky, bezpečné surfování a snadnou přizpůsobitelnost a rozšiřitelnost pomocí zásuvných modulů.

Mailový klient - Mozilla Thunderbird

Tento program vyvíjí stejně jako Firefox společnost Mozilla. Sdílí spolu programové základy a některé funkce, například zásuvné moduly, které mohou razantním způsobem zrychlit pohyb a práci v programu.

Multimédia - VLC Player

S multimediálními přehrávači mají často uživatelé problémy, mohou totiž vyžadovat tzv. kodeky, bez kterých nelze mnohá videa přehrát. Člověk si pak musí mezi nimi vybírat a nemůže se rozhodnout. VLC Player tento problém obchází a všechny kodeky má zabudované, plně funguje ihned po instalaci na čerstvý systém. Nespornou výhodou je také široká podpora formátů.

Instant Messenger - Pidgin

Velice oblíbené internetové komunikační programy mají samozřejmě i svou Linuxovou alternativu. Je zbytečné mít pro komunikování s různými lidmi otevřené tři různé programy pro tři různé protokoly (např. ICQ, MSN, Jabber), ale jako u pokročilejších aplikací pro jiné systémy stačí mít otevřený tento jeden. Pidgin kromě výše zmíněných zvládá i IRC.

Nečekejte však stejnou instalaci jako na Windows. Postup na Linuxu je sice jiný, ale dlouhodobě se může ukázat jako výhodnější. Jednotlivé distribuce mají na internetu tzv. repozitáře, které slouží jako sběrna podporovaných verzí programů. Linux i nainstalované aplikace se z nich mohou aktualizovat a pokud si chcete nainstalovat nový program, není nic jednoduššího než otevřít správce softwaru a ze seznamu si vybrat Vámi požadovanou aplikaci, která se pak sama nainstaluje. Nicméně právě ve způsobech instalace se od sebe jednotlivé distribuce často liší.

4 Grafické prostředí

Linux byl původně vyvíjen jako textový operační systém, implementace grafického prostředí proběhla až dodatečně. Pro správu oken byla vytvořena sada nástrojů X Window System. V Linuxu je systém striktně oddělený od grafického prostředí. Pokud nainstalujete Linux, nemusíte před sebou po instalaci mít grafickou plochu, ale můžete vidět jen příkazovou řádku.

Grafických prostředí pro Linux je několik. Mezi nejčastěji používané patří KDE (K Desktop Environment) a GNOME (GNU Network Object Model Environment).

- KDE připomíná Windows, proto ho často volí lidé přecházející na Linux. Zahrnuje nejen správce oken, ale i některé standardní aplikace, jako K3B pro vypalování, kancelářský balík KOffice či Konqueror jako prohlížeč. Jeho základ tvoří knihovna Qt. Autoři ji ale neuvolnili pod licenci GPL, což zapříčinilo, že se programátoři ctící filozofii GNU odtrhli a vytvořili prostředí GNOME.
- GNOME je prostředí, které také zahrnuje jak správce oken, tak i balík aplikací. Narozdíl od KDE zde však není tak podobná Windows. Jádro GNOME tvoří knihovna GTK+ vydaná pod licenci LGPL, což souhlasí s koncepcí GNU.
- Xfce je prostředí šetřící systémovými zdroji, proto má jednodušší vzhled, přesto se však ovládá stejně snadno jako předchozí.
- Mezi další prostředí patří například Fluxbox či Enlightenment, které jsou k systémovým zdrojům narozdíl od KDE a GNOME velice šetrné.

Popis méně rozšířených grafických prostředí nalezneme např. zde [8].

5 Distribuce

MS Windows dodává jedna firma, Microsoft, tudíž neexistuje více distribucí. Linux může dodávat každý, a proto existuje mezi verzemi jednotlivých vydavatelů variabilita. Linuxová distribuce je soubor programů a jádra. Tyto distribuce se liší programovým vybavením, ve způsobu jeho instalace, způsobem konfigurace, atp. Všechny distribuce však mají stejný základ - jádro OS (Linux kernel).

Distribuce můžeme dělit na placené, které zahrnují technickou podporu (Red Hat Enterprise, Mandriva, SUSE Linux Enterprise Server), a distribuce, které můžeme získat zadarmo (Ubuntu, Debian, Gentoo) s tím, že řešení problémů je na uživateli, případně může vyhledat pomoc na specializovaných fórech (např. [7]).

Lze je také dělit podle uživatelských zkušeností potřebných k úspěšné instalaci a správě na distribuce jednodušší (Ubuntu, Fedora, openSUSE) a distribuce vyžadující orientaci v linuxovém prostředí (Archlinux, Slackware).

Výběr distribuce je individuální, uživatelé Linuxu se neshodují v hodnocení distribucí. Při přestupu z Windows na Linux se klidně může stát, že distribuce několikrát změníte, než naleznete tu, která Vám bude vyhovovat.

6 Linux jen pro „ajtáky“?

Většina veřejnosti si pod pojmem Linux představí počítačového geeka sedícího u černé obrazovky s příkazovým řádkem. V prvních letech Linuxu by měl pravdu. Dnes je intuitivním operačním systémem, který se dá ovládat stejně snadno jako kterýkoliv jiný desktopový operační systém. Umístění ovládacích prvků závisí na správci oken, ale ledacos lze velice snadno nakonfigurovat. Instalace je u některých distribucí řešená pomocí grafického „next, next“, známého uživatelům Windowsu z instalace jakékoliv aplikace. Moderní Linux si nálepku „user friendly“ určitě zaslouží.

Pokročilí uživatelé ale dávají přednost ovládání Linuxu pomocí příkazové řádky. Příkazy může za několik málo okamžiků zvládnout totéž, co by graficky řešil dlouhé minuty. Základní příkazy je možno zhlédnout zde [10]. V případě nejistoty poslouží jako nápověda příkaz „man“ následovaný příkazem, na který se chcete zeptat.

7 Shrnutí

Linux je moderní operační systém, který se vyvíjí každým dnem a neuvěřitelně rychle reaguje na potřeby uživatelů, ať už se jedná o jednotlivé uživatele, společnosti, vládní organizace nebo podnikatele. Je volně přístupný včetně zdrojových kódů, a tak umožňuje i samotným uživatelům vlastní úpravy podle přesných požadavků.

Poděkování

Účastníci miniprojektu by tímto chtěli poděkovat našemu supervizorovi Ing. Janu Machovi, organizátorům Fyzikálního týdne a Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT.

Reference:

- [1] HISTORIE OPERAČNÍHO SYSTÉMU GNU/LINUX - ROOT.CZ
<http://www.root.cz/texty/historie-operacniho-systemu-gnulinux/>
- [2] LINUX KERNEL DEVELOPMENT
<http://www.linuxfoundation.org/publications/linuxkerneldevelopment.php>
- [3] ABCLINUXU.CZ <http://www.abclinuxu.cz/>
- [4] ZÁKLADY LINUXU <http://www.root.cz/texty/zaklady-linuxu/>
- [5] PIDGIN, THE UNIVERSAL CHAT CLIENT <http://pidgin.im/>
- [6] PROČ POUŽÍVAT OPERAČNÍ SYSTÉM LINUX <http://proc.linux.cz/>
- [7] LINUX QUESTIONS <http://www.linuxquestions.org/>
- [8] POROVNÁNÍ LINUXOVÝCH DISTRIBUCÍ - WIKIPEDIA
http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_Linux_distributions
- [9] POROVNÁNÍ GRAFICKÝCH PROSTŘEDÍ <http://xwinman.org/>
- [10] PŘEHLED PŘÍKAZŮ <http://www.abclinuxu.cz/ucebnice/prehled-prikazu>

Počítačová grafika v praxi

V. Hujňák, Gymnázium Bučovice, hujnakv@gmail.com

M. Tobiáš, Gymnázium Bučovice, žije v jeskyni

M. Vocásek, Gymnázium Děčín, miroslav.vocasek@email.cz

16. června 2009

Abstrakt

Práce se zabývá využitím programu Blender pro modelování a fotorealistickou vizualizaci trojrozměrné scény. Obecně popisuje jednotlivé kroky vizualizačního procesu a zároveň seznamuje s postupem při vytváření konkrétní jednoduché scény.

1 Úvod

Počítačová grafika je v dnešním světě plném informačních technologií nedílnou součástí každodenního života. Setkáváme se s ní především ve formě reklamních upoutávek, počítačových her, filmových efektů a všeho, co je spojeno se vzhledem internetových stránek. Většina lidí nemá ponětí o tom, jak se taková grafika vytváří a na jakých principech je stavěna. Cílem našeho mini-projektu bylo seznámení se s modelováním 3D scény pomocí freeware programu Blender, který v tomto oboru představuje profesionální řešení.

2 Modelování a zobrazování 3D scény

Program Blender implementuje úplný proces fotorealistického zobrazování, který lze rozdělit na dvě hlavní části:

1. Modelování scény a její reprezentace v počítači, tj. především:
 - (a) Popis scény, který se skládá z popisu objektů, světelných zdrojů a prostředí.
 - i. Tvar objektů lze vhodně vytvořit ze základních geometrických tvarů (například krychle, válec, kruh, křivky) pomocí
 - A. transformací (dodání třetího rozměru funkcí extrude, změna velikosti a polohy objektu podél os souřadnicového systému nebo v libovolném směru),
 - B. množinových operací (sjednocení, průnik, rozdíl),
 - C. lokálních úprav (manipulace s vrcholy, hranami a stěnami polygonální sítě).
 - ii. Definice vlastností povrchu objektů: barva, odrazivost, průhlednost, atd.

- iii. Vlastnosti světelných zdrojů: typ (bodový, směrový, reflektor), barva, intenzita.
 - iv. Vlastnosti prostředí: barva okolí, absorbce světla, mlha atd.
2. Fotorealistické vykreslování scény (rendering), tj. využití popisu scény pro simulaci fyzikálně realistického šíření světla ve scéně. Jeho součástí jsou algoritmy implementující především
- (a) raytracing - sledování paprsku,
 - (b) fotonové mapy,
 - (c) metoda radiozity.

3 Co jsme udělali my

Každý z nás měl za úkol vymodelovat určitý předmět, ze kterých jsme poté sestavili kompletní scénu. Zatímco jeden vytvářel sklenku, druhý dělal stůl s barovými stoličkami. Postupně tak vzniklo pивní zátiší obsahující tyto předměty: skleněný püllitr, láhev na pivo, pивní zátka, pивní tácek, barová židle, dřevěný stůl a sud.

4 Výsledky

Na obrázku 1 lze vidět dva příklady zobrazení objektu v programu Blender, pořízené v průběhu modelování scény. Obrázek 2 pak obsahuje dva výsledné vyrenderované pohledy na tuto scénu.

5 Závěr

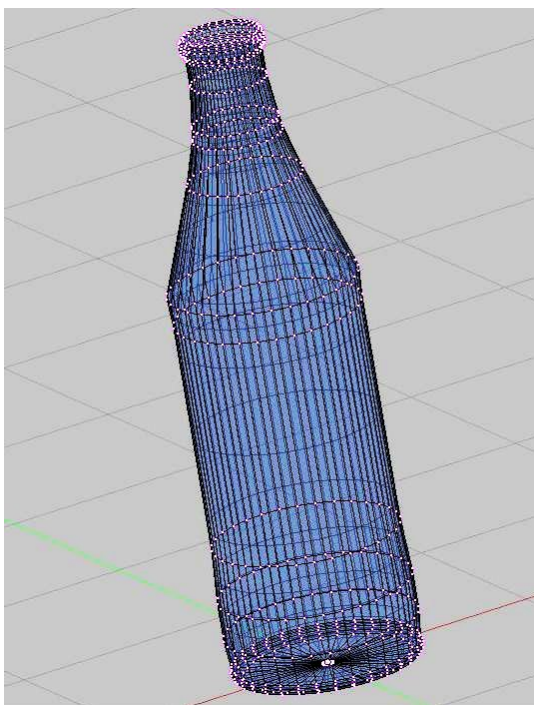
Naučili jsme se zacházet s jednoduchými funkcemi v 3D editoru Blender. Sestavili jsme scénu z jednotlivých objektů, kterým byla dodána průhlednost, materiálové vlastnosti a textury. Věříme, že v oboru 3D modelování je budoucnost počítačové grafiky a najde si uplatnění i v oborech matematicko-fyzikálních, například při modelování konstrukcí budov.

Poděkování

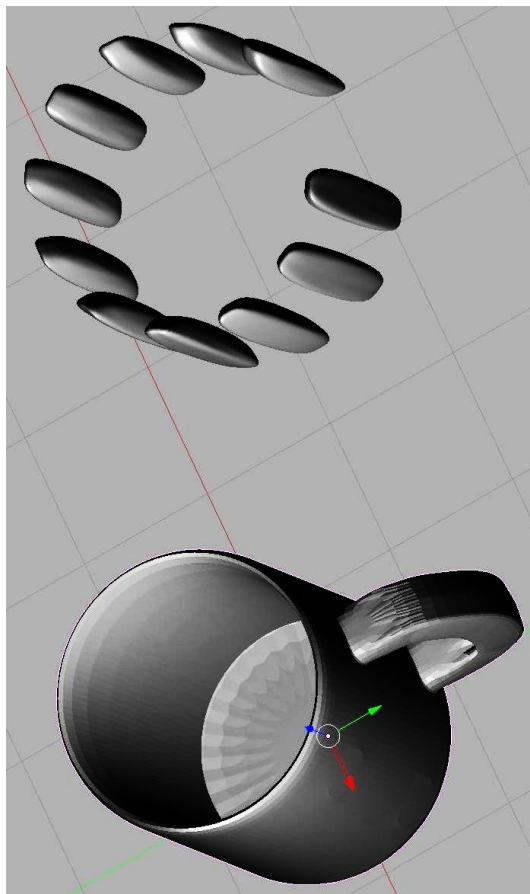
Především bychom chtěli poděkovat vedoucímu miniprojektu, Ing. Pavlu Strachotovi a dále celé FJFI za poskytnutí možnosti podílet se na tomto miniprojektu.

Reference

- [1] <http://www.blender.org>
- [2] <http://www.tutorialized.com>



a)



b)

Obrázek 1: Modelování pивní láhve a pùllitru. Výsledný tvar pùllitru vznikl odečtením obou částí na obrázku **b**.



Obrázek 2: Vyrenderování výsledné scény

Jeden za osmnáct a druhý bez dvou za dvacet aneb Výhody a nevýhody záporných cifer

Jakub Lukeš; Martina Bekrová
Gymnázium Českolipská 737, Praha 9; Gymnázium Trutnov
Lukes.Jakub@gmail.com; To.Zapomenu@gmail.com

Abstrakt:

Už v šedesátých letech Algirdas Avižienis navrhl algoritmus pro paralelní sčítání v redundantních soustavách se zápornými ciframi. Cílem našeho projektu byl právě program umožňující 1) konverzi čísel z desítkové soustavy do redundantní desítkové soustavy se zápornými ciframi a naopak 2) provádějící Avižienisův algoritmus paralelního sčítání. Takový algoritmus může výrazně šetřit čas a skutečně se v současné době čím dál více algoritmy tohoto typu využívají.

1 Historie užití záporných cifer v zápisu přirozených čísel

Už od první třídy základní školy umíme počítat v desítkové soustavě s ciframi od nuly do devíti. Pokud připustíme více cifer, např. z množiny $\{-9, \dots, 0, \dots, 9\}$, pak číslo osmnáct má dva různé zápisy: $18 = 2(-2)$, kde zápis $2(-2)$ znamená $2 \times 10^1 - 2 \times 10^0$. Soustavám, které připouští nejednoznačné zápisy čísel, říkáme *redundantní*. I v soustavách, které připouští záporné cifry, mohou být zápisy čísel jednoznačné, např. v balancované desítkové soustavě, kde cifry bereme z množiny $\{-4, \dots, 0, \dots, 5\}$. Pro násobení přirozených čísel v této soustavě nám stačí malá násobilka.

První, kdo si uvědomil tuto výhodu, byl anglický profesor matematiky John Colson (1680-1760), který využíval záporných cifer k urychlení aritmetických operací, nejen násobení. Profesor Colson nebyl jen vynikajícím matematikem, spíše je známý jako překladatel (angličtina, latina, italština, francouzština). Jeho nejvýznamnějším počinem je překlad Newtonova díla z latiny do angličtiny, cenným přínosem byly jeho vysvětlující komentáře. Zasadil se také o zpřístupnění počtů ženám ve viktoriánské Anglii, kde něžné pohlaví nesmělo navštěvovat školy.

I vynikající matematik francouzského původu Augustin Louis Cauchy (1789-1857) využíval záporných cifer s cílem předcházet chybám ve výpočtech. Ačkoli o jeho charakteru nekolují nejlepší zvěsti, jeho přínos matematice je nepopiratelný. Jeho Cours d'analyse (1821), ve kterém sepsal své přednášky z Ecole Polytechnique, je dodnes základem vysokoškolské matematické analýzy. Byl také plodným pisatelem matematických článků. Ve své době byl se 789 publikacemi téměř nepřekonatelný (více pouze Euler a Caley).

Výhod záporných cifer, ač nevědomky, využívali již středověcí obchodníci. Dochovaly se záznamy o tzv. cikánské násobilce, která se znalostí malé násobilky umožňovala násobit větší čísla. Její princip pochopíte z následujícího obrázku:

$8 \times 7 = 56$

vztyčené prsty a, b
schované prsty c, d

$$\begin{aligned}
 (10 - c)(10 - d) &= 100 - (c + d)10 + cd \\
 &= 10(10 - c - d) + cd \\
 &= 10(a + b) + cd
 \end{aligned}$$

Pokud chceme násobit například 8×7 , tak se zeptáme: Osm a kolik je deset? A dva. Schováme dva prsty na jedné ruce. To samé uděláme s číslem sedm. Na pozici desítek napíšeme součet vztyčených a na pozici jednotek součin schovaných prstů.

Dále se budeme zabývat využitím zápisu čísel pomocí záporných cifer v dnešní době.

2 Redundantní aritmetika

Binární soustava

Všechny moderní počítače používají k výpočtům binární soustavu. V této soustavě je násobení čísel prakticky jejich sčítáním, jak ukazuje následující obrázek, ve kterém násobíme 11×5 .

			1	0	1	1
				1	0	1
			1	0	1	1
	0	0	0	0		
1	0	1	1			
1	1	0	1	1	1	

Rychlost této operace je přímo úměrná počtu jedniček v násobiteli. Průměrný počet nul v klasickém binárním zápisu je $1/2$. Pokud připustíme v binární soustavě cifry -1 , 0 , 1 , pak existují přirozená čísla, která mají více možných zápisů. Např. číslo 31 lze napsat jako 1111 a 1000(-1). Když z možných zápisů vybereme ten s maximálním počtem nul, pak průměrný počet nul zvýšíme na $2/3$. Z tohoto důvodu je výhodné násobení v redundantní binární soustavě.

Avižienisův algoritmus

Kromě násobení je nespornou výhodou redundantních soustav také možnost paralelního sčítání. Při klasickém sčítání se objevuje „carry“ – přenos jedničky, který znemožňuje provádět sčítání na každé pozici nezávisle na ostatních (viz. $9999 + 1$). Francouzský matematik Frédéric Mazenc dokázal, že každý algoritmus pro paralelní sčítání vyžaduje redundantní soustavu. S prvním takovým algoritmem přišel litevský matematik Algirdas Avižienis. Jeho algoritmus je použitelný pro soustavy s bází $b \geq 3$ a ciframi od $-a$ do a , kde $a \leq b - 1$; $2a \geq b + 1$. Součet $s_{n+1}s_n \dots s_1s_0$ čísel $x_n \dots x_1x_0$ a $y_n \dots y_1y_0$ se získá $s_i = w_i + t_i$, kde:

$$t_{i+1} = \begin{cases} -1 & \text{pro } x_i + y_i \leq -a \\ +1 & \text{pro } x_i + y_i \geq a \\ 0 & \text{pro } -a < x_i + y_i < a \end{cases}$$

$$w_i = x_i + y_i - bt_{i+1}$$

$$t_0 = 0 = w_{n+1}$$

My jsme se zabývali implementací tohoto algoritmu pro bází $b = 10$ a $a = 6$, což je v tomto případě nejmenší možná hodnota a , která vyhoví výše uvedeným podmínkám. Součet čísel 4765 a 2672, které mají v redundantní desítkové soustavě popořadě zápisy $5(-2)(-4)5$ a $3(-3)(-3)2$, se pomocí tohoto algoritmu vypočítá následovně:

i	4	3	2	1	0
x_i		5	2	4	5
y_i		3	3	-3	2
$x_i + y_i$		8	-5	-7	7
t_{i+1}		1	0	-1	1
w_i	0	-2	-5	3	-3
s_i	1	2	-6	4	-3

Pro použití tohoto algoritmu potřebujeme převádět čísla z desítkové do redundantní soustavy a naopak podle následujícího příkladu:

- chceme zapsat 1723 v redundantní soustavě

$$1723 + 6666 = 8389$$

$$8 - 6 = 2 \quad 3 - 6 = -3 \quad 8 - 6 = 2 \quad 9 - 6 = 3$$

výsledek: $2(-3)23$

- chceme zapsat $2(-3)23$ ve standardní desítkové soustavě

$$2023 - 300 = 1723$$

Paralelní algoritmus sčítání existuje i pro binární redundantní soustavu s ciframi -1, 0, 1.

Výhody a nevýhody záporných cifer

PC s redundantní binární soustavou prozatím neexistují, protože zápisy pomocí záporných cifer mají pár „malých“ nevýhod. Kladou větší požadavky na paměť, nejednoznačnost zápisu způsobuje pomalejší porovnávání čísel a konverze je časově náročná (odpovídá náročnosti klasického sčítání). Výhoda paralelních aritmetických operací se projeví v momentě, kdy jich bude nutné provést větší počet. Proto v praxi existují speciální počítače, které neprovádí operace pomalé v redundantní soustavě, a také tzv. černé skříňky, které jsou součástí PC, vstupní a výstupní data se jim zadávají v klasickém formátu, ale výpočty provádějí v redundantní soustavě.

3 Budoucnost záporných cifer

První paralelní algoritmy se objevili koncem 70. let. Poté se dostaly do centra zájmu mnoha informatiků. Ménissier vytvořila knihovnu programů pro spolupráci s reálnými čísly s libovolnou přesností založenou na redundantní aritmetice (součást programovacího jazyka CAML). Tagaki a spol. v roce 1985 vyvinuli výkonný násobič (aplikace v šifrování). Müller a spol. programují „černé skříňky“ pro výpočet funkcí sin, cos, tg, cotg, exp, log, arctg pouze s využitím paralelního sčítání a dělení násobky dvou (což je jen posouvání binární zlomkové čárky). A z tohoto všeho plyne, že v budoucnosti se jistě ještě setkáme s redundantní aritmetikou.

Poděkování

Paní Ing. Balkové Lubomíře, Ph.D. a Prof. Ing. Pelantové Editě, CSc., které si s námi daly tu velkou práci a protáhly nás touto problematikou během jednoho dne.

A samozřejmě panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc., který společně s Monikou Mikšovskou pro nás tento, fyzikou a matematikou nabitý, týden zorganizovali.

A také Vám čtenářům, že jste vůbec ten sborník otevřeli. ☺

Reference:

- [1] MÜLLER, J. M.: *Ordinateurs en quete d'arithmetique*, La Recherche, 1995 , Vol 26
- [2] BAJARD, J. C. – MÜLLER, J. M.: *Calcul et arithmetique des ordinateurs* Hermes 2004

Co se stane, když se na LHC srazí dva protony?

E. Korytiaková, Gymnázium M. R. Štefánika, Nové Zámky,
evula563@azet.sk

E. Svobodová, Karlínské gymnázium, Praha,
evasvobo@gmail.com

J. Táborský, Gymnázium Mladá Boleslav,
jiri1.taborsky@email.cz

M. Musilová, Gymnázium Dr. E. Beneše, Soběslav,
1Artemis1@seznam.cz

Abstrakt:

Náš miniprojekt byl zaměřený na simulace srážky částic, ke kterým dochází na urychlovačích částic. V praktické části jsme pomocí simulačního a analyzačního programu AliRoot simulovali a analyzovali srážky částic, které se vykonávají na urychlovačích částic jako LHC a RHIC.

1 Úvod

Do nedávných časů jsme si mysleli, že hmotu, která nás obklopuje tvoří atomy skládající se z elektronů, protonů a neutronů. Přibližně před 50 lety bylo zjištěno, že protony a neutrony jsou tvořené z kvarků. Byl to významný objev pro celý fyzikální svět, protože poskytl pohled do základní stavby světa. Každý jeden kvark má také svou antičástici zvanou antikvark. Za běžných podmínek jsou kvarky uvězněny v částicích. Můžou se nacházet ve skupině tří kvarků a takto tvoří baryon (např. protony a neutrony). Nebo jsou vázány tři antikvarky v podobě antibaryonu. V případě, že je vázána dvojice kvark-antikvark, vytvářejí tak částice zvané mezony. Přitažlivou silnou sílu mezi kvarky zprostředkovávají gluony (z angl. glue - lepidlo). Elektrický náboj, barevný náboj, izospin, podivnost, půvab, krása a pravda představují kvantová čísla kvarku. Jsou to jejich základní vlastnosti. Uvězněné kvarky můžeme při srážkách s vysokou energií studovat nepřímo. Kvantová chromodynamika a teorie silných interakcí předpovídají, že je možné vytvořit stav hmoty kde jsou kvarky a gluony volné. Na to je potřeba velké množství energie, kterou dokážou vyvinut například v Evropské organizaci pro jaderný výzkum, známa pod zkratkou CERN v urychlovači částic zvaném LHC. Cílem těchto projektů je také dosáhnout kvark-gluonového plazmatu, které existovalo zlomek sekundy po vzniku vesmíru.

2 Large Hadron Collider

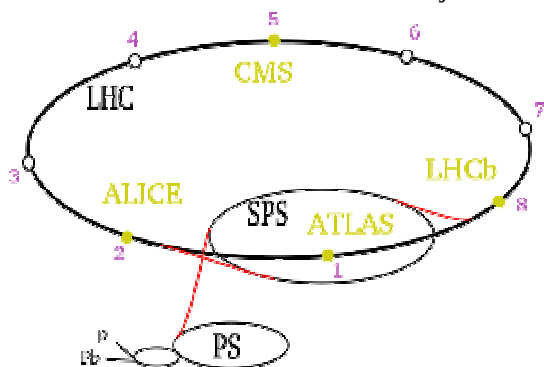
LHC je největší urychlovač částic na světě, pracovat začal 10. září 2008. Po nehodě při jeho spuštění se v současnosti opravuje. Je umístěn v podzemí na území mezi pohořím Jura ve

Francii a Ženevským jezerem ve Švýcarsku. Na jeho návrhu se podílelo přes 2000 vědců ze 34 zemí světa.

LHC je instalován v kruhovém tunelu o obvodu 27 km v hloubce 50-150 m pod zemí. Tunel byl postaven roku 1980 pro předchozí velký urychlovač Large Electron-Positron (LEP). Zajímavostí je, že tunel není umístěn vodorovně, ale má mírný sklon, protože tehdejší technologie nebyly schopny zajistit hloubení tunelů skrz některé horniny. Tunel přechází mezi hranicemi Francie a Švýcarska ve čtyřech místech, nicméně jeho většina leží ve Francii.

Experimenty

- ALICE – Pro tento experiment se budou srážet olověné ionty, aby se tak vytvořily podmínky podobné s těmi po Velkém třesku a proto se to někdy nazývá „Malý třesk“. Získaná data umožní fyzikům studovat stav hmoty zvaný kvark-gluonová plazma, která nejspíše při velkém třesku existovala.
- ATLAS – Je to víceúčelový detektor, jehož hlavními úkoly je najít Higgsův boson, a supersymetrické částice, které by mohly tvořit temnou hmotu.
- CMS – Má podobnou funkci jako ATLAS, ale místo soustavy magnetů má pouze jeden elektromagnet cyklického tvaru.
- LHCb – Jeho hlavním cílem je určit rozdíly mezi hmotou a antihmotou.

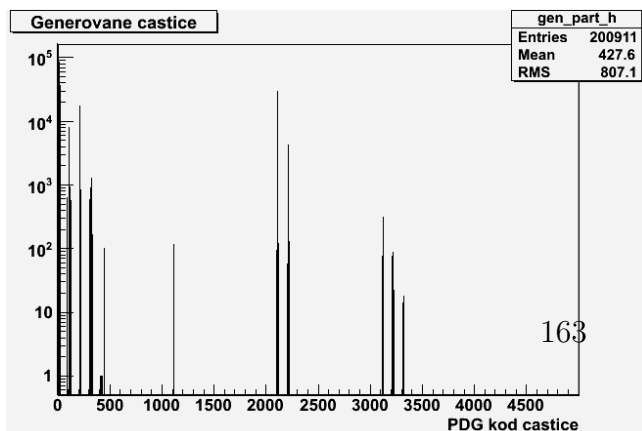


Obr. 1: Schéma urychlovače LHC v CERN.

3 Průběh pokusu

V našem pokusu jsme se snažili nasimulovat prostředí experimentu ALICE. Naším cílem bylo nasimulovat srážku dvou protonů $p+p$ s celkovou energií 14TeV (7TeV každý). Naprogramovali jsme 100 srážek, nastavených tak, aby každá ze srážek vyprodukovala právě jeden mezon J/ψ . Dále jsme studovali, jaké další částice ve srážce vznikly (Obr. 2.). Zaměřili jsme se na všechny vzniklé elektrony a pozitrony.

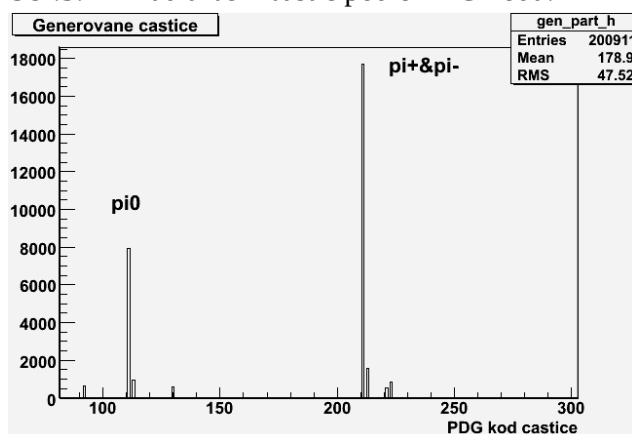
Obr.2: Simulované částice v $p+p$ 14TeV.



Na prvním histogramu můžeme vidět všechny vygenerované částice, které vznikly ve 100 simulovaných srážkách. Číslo na ose x určuje typ konkrétní částice, kterou můžeme určit podle kódu PDG (Particle Data Group je mezinárodní sdružení fyziků, které sbírá a analyzuje publikované výsledky

z oblasti vlastností částic a sepisuje očíslovaný seznam všech známých částic).

Obr.3: Příklad určení částic podle PDG kódu.



Příklad hledání částic π^0 , π^+ , π^- podle kódu PDG.

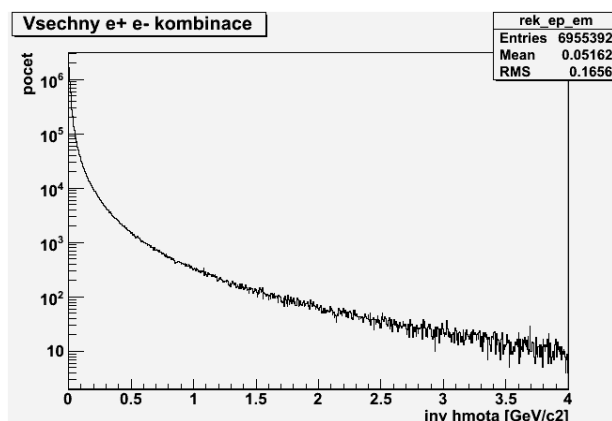
LIGHT I = 1 MESONS	
π^0	111
π^+	211
$a_0(980)^0$	9000111
$a_0(980)^+$	9000211

Studium J/ψ

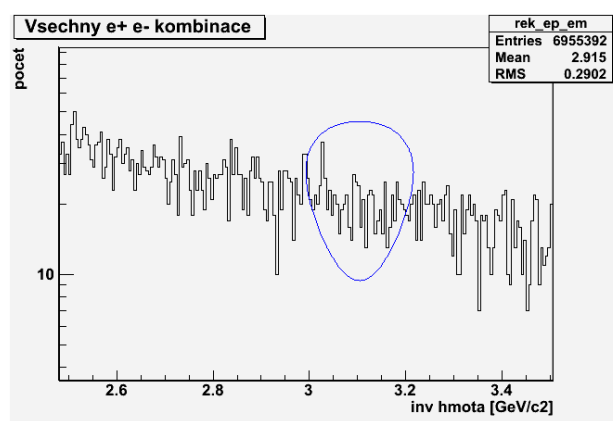
Částice J/ψ je mezon skládající se z půvabného (charm) kvarku a půvabného antikvarku. Jeho objevení bylo oznámeno 11. listopadu 1974 a to hned dvěma týmy. První tým vedený Burtonem Richterem pracoval v Stanford Linear Accelerator Center, zatímco druhý tým vedený Samuelem Tingem pracoval v Brookhaven National Laboratory. Richterův tým tento mezon pojmenoval „ ψ “, zatímco Tingův tým zvolil název „ J “. Protože vědecké komunitě připadalo nespravedlivé upřednostnit jeden název před druhým, tak se rozhodla pro nestandardní dvoupísmenný název J/ψ . Za tento objev dostali jak Richter, tak Ting Nobelovu cenu za fyziku v roce 1976.

Tento objev později vedl k nalezení půvabného kvarku a antikvarku. Tyto kvarky byly již dříve předpovězeny, avšak nikdo nepředpokládal existenci částice, která je vázaným stavem těchto kvarků a která by měla právě tyto naměřené vlastnosti. Především se očekávalo, že se J/ψ mezon rozpadne mnohem dříve.

Možnost rozpadu J/ψ mezonu na hadrony je silně potlačen podle „OZI pravidla“ (OZI rule), které je součástí kvantové chromodynamiky. Proto se tento mezon nejčastěji rozpadá na leptony (např. na elektron-pozitronové páry) a právě tohoto faktu se hlavně využívá při jeho určování v detektorech.

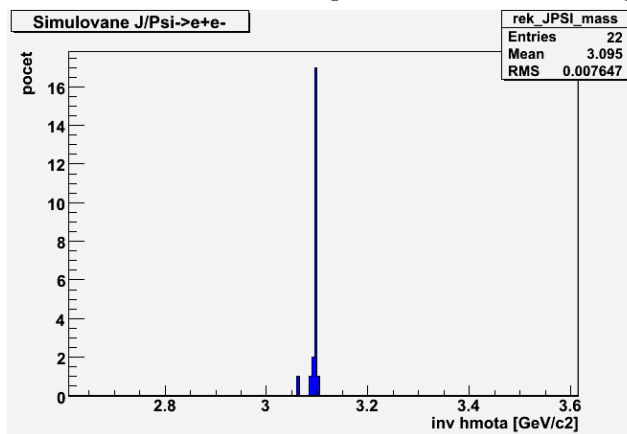


Obr.4a: U tohoto histogramu jsme skombinovali všechny dvojce elektronů a pozitronů nezávisle na jejich vzniku.



Obr.4b: V zakroužkované oblasti se nacházejí e^+ a e^- páry, které vznikly rozpadem J/ψ . Jejich počet je z histogramu nerozpoznatelný.

Je nutné najít v částicích ze srážky ty správné kombinace e^+ a e^- z rozpadu J/Ψ , aby jsme mohli určit jejich počet. V simulacích máme kontrolu co se na co rozpadá, ale ve skutečných srážkách nikoliv a proto se hledající algoritmy trénují na simulovaných datech. Na Obr.4a jsou zobrazené všechny páry e^+ a e^- v simulovaných srážkách, bez ohledu jestli k sobě patří nebo ne. Ani při detailním pohledu (Obr.4b) není možné vidět J/Ψ vrchol. Když v simulacích vybereme jen ty správné kombinace s J/Ψ vidíme vrchol se správnou hmotností. To je na obrázku Obr.5. V typické analýze je nutné najít způsob, který fyziky dovede od situace na Obr.4 k situaci na Obr.5. Na obrázcích Obr.4 a Obr.5 je vyobrazena invariantní hmotnost páru, která je vypočítaná z energií a hybností produktů (např. e^+, e^-) na které se mateřská částice (např. J/Ψ) rozpadla.



Obr.5: Na tomto histogramu je vidět počet částic J/Ψ , které se rozpadly na elektron a pozitron.

4 Shrnutí

Při srážkách vzniká velké množství různých částic díky obrovské energii, kterou mají sražené částice. Není možné v detektoru zachytit všechny částice, protože jejich doba trvání je příliš krátká anebo vletí mimo plochu snímání detektoru. Vědci se snaží vyvinout dokonalejší technologie pro zachycení všech částic a tím objevit nové předpokládané částice.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Mgr. Jaroslavu Bielčíkovi, PhD, který nás uvedl do tajů částicové fyziky. Dále také organizátorům Fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] MARTINUS VELTMAN: *Fakta a záhady ve fyzice elementárních částic* Akademia, 2007, str. 66.
- [2] <http://cs.wikipedia.org/wiki/LHC>
- [3] <http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/plazma/plazmanova.html>

Causality and Quantum Theory

Jakub Šindelář, Gymnázium Třebíč
Hynek Jemelík, Gymnázium, Brno, Třída kapitána Jaroše 14
Tomáš Valíček, Gymnázium, Brno, Třída kapitána Jaroše 14
Jana Zajíčková, Gymnázium Františka Palackého Valašské Meziříčí
Jan Šupík, Gymnázium, Ostrava Hrabůvka, přisp. org.

Abstract

In our miniproject, based on a thought experiment, we found certain inequalities, known as Bell's inequalities. Bell's inequalities can be used to verify causality. We expected that causality is never violated in nature. We looked at what quantum theory predicts and found that the predicted results violate Bell's inequalities.

1 Introduction

At first we should define what causality is. The definition says that 'causality denotes a necessary relationship between one event (called cause) and another event (called effect) which is the direct consequence of the first'. Let's have a look at how causality works in a particular thought experiment.

2 Thought Experiment

We imagine a situation where there are three people: Alice and Bob, who can't communicate with each other, and Cyril, who can communicate with both of them. (Figure 1)

Someone prepares envelope (Figure 2) for Cyril. It is one big envelope in which are 2 medium envelopes and in each of the medium envelopes are 3 small envelopes. These are numbered from 1 to 3 and each of them contains either a red (R) or a blue (B) disc.

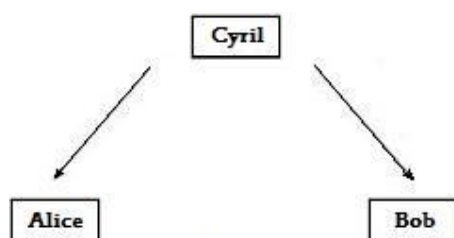


Figure 1

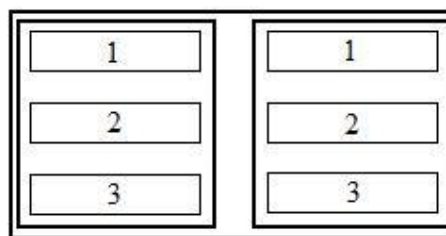


Figure 2

Cyril opens the big envelope and sends one of the medium envelopes to Bob and the other to Alice. Alice opens the envelope she has and chooses one of the 3 small envelopes, discarding the others. Now, Alice opens the small envelope she has chosen and checks whether there is red or blue disc. Bob does the same.

They keep repeating this experiment. Each time they write down number of the small envelope and color of the disc and thus they create a chart. Such as this one for example:

Alice	Bob
1 R	3 R
2 B	1 B
...	...

Now for each of the results there is certain probability of occurrence, which can be estimated with high accuracy if the experiment is repeated many times. Let these probabilities be denoted following the pattern, that the probability that Alice chose to open the first envelope and found a red disc inside, and that Bob opened the second envelope and found a blue disc is $p(1R, 2B)=0$.

Let's now repeat the same experiment but with the envelopes prepared in given way. Now there is a condition that when we compare Alice's and Bob's medium envelopes, in small envelopes marked with same number can't be disc of same color. In other words, small envelopes of same number always contain different color.

Now we see that there are combinations which cannot appear in the chart Alice and Bob are making. Probability of these combinations is 0. Let's write these combinations down:

$$\begin{aligned} p(1R, 1R)=0 & \quad p(2R, 2R)=0 & \quad p(3R, 3R)=0 \\ p(1B, 1B)=0 & \quad p(2B, 2B)=0 & \quad p(3B, 3B)=0 \end{aligned}$$

As well, based on the condition (different colors for same numbered small envelopes), the number of options how the envelopes can be prepared is limited. We create a table to note down all the possible combinations:

Type of large envelope	1 st medium envelope	2 nd medium envelope
a	1R, 2R, 3R	1B, 2B, 3B
b	1R, 2R, 3B	1B, 2B, 3R
c	1R, 2B, 3B	1B, 2R, 3R
d	1R, 2B, 3R	1B, 2R, 3B

As we can see, there are 4 'types' of large envelopes that can be prepared under the set condition. For each type of the envelopes goes different probability of its occurrence:

w_a for a type; w_b for b type; w_c for c type; w_d for d type.

We mark N as total number of big envelopes Alice and Bob open. Number of envelopes which fit for certain type of large envelope can be counted like this:

$$N_a = w_a \cdot N \quad (1) \qquad N_c = w_c \cdot N \quad (3)$$

$$N_b = w_b \cdot N \quad (2) \qquad N_d = w_d \cdot N \quad (4)$$

Because there are no other possibilities, it must hold that

$$N_a + N_b + N_c + N_d = N \quad (5)$$

$$w_a \cdot N + w_b \cdot N + w_c \cdot N + w_d \cdot N = N \quad \dots \text{divided by } N:$$

$$w_a + w_b + w_c + w_d = 1 \quad (6)$$

as well it's obvious that $w_a, w_b, w_c, w_d \geq 0$

and therefore $w_a, w_b, w_c, w_d \leq 1$

Now let's have a look at probabilities of couple of combinations which Alice and Bob might get. We use the previous table for this.

$$P(1R, 2R) = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot (w_c + w_d) \quad (7)$$

$$P(2R, 3R) = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot (w_b + w_d) \quad (8)$$

$$P(1R, 3R) = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot (w_b + w_c) \quad (9)$$

It should hold that

$$P(1R, 2R) + P(2R, 3R) \geq P(1R, 3R) \quad (10)$$

, which is one of so-called Bell's inequalities [1]

We check if the inequality is valid by substituting from (7), (8) and (9) in (10):

$$\left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot (w_c + w_d) + \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot (w_b + w_d) \geq \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot (w_b + w_c)$$

We simplify the inequality to:

$$w_c + w_d + w_b + w_d \geq w_b + w_c$$

$$w_d + w_d \geq 0$$

which is always true, so we proved that the inequality holds for our thought experiment.

Next, we studied the validity of Bell's inequalities for completely randomly prepared large envelopes. In this case the probability of each event can be calculated in the following way. Let the quantity we are interested in be the probability of (1R, 2R). We can imagine this situation as on figure 3. Firstly we counted how many combinations can be substituted instead of question marks and with the knowledge of total number of possibilities we counted this probability.

1R	1?
2?	2R
3?	3?

Figure 3

$$P(1R, 2R) = \frac{16}{64} \cdot \frac{1}{9} \approx 0,027$$

Then we also tried to count probabilities for other combinations of discs and we found out that for each combination the probabilities are the same. Thus we expect that all of Bell's inequalities are true.

3 Violation of Bell's inequalities

Now, let's think about another experiment. In this experiment Alice and Bob measure spin of electrons (which can only be either plus or minus – equivalent of red and blue disks). There is pair of electrons in some special state (not to be described here) and Alice measures one of them and Bob the second one. In addition to this, they also choose angle of the measuring device (equivalent of numbers on small envelopes). For us will be enough to choose three fix vectors of measurements (which determine us the angles). Let's denote these vectors by $\vec{n}_1, \vec{n}_2, \vec{n}_3$.

Quantum theory tells us, that in an arrangement in which Alice is measuring the spin of her electron along the axis $\vec{n}$ and Bob is measuring his electron along the axis $\vec{n}'$, the probability that they obtain the same direction of spins is $q(\vec{n}, \vec{n}') = \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos \vartheta)$ (11), where ϑ is angle enclosed by vectors $\vec{n}, \vec{n}'$. Now we use this probabilities in Bell's inequality. First we need to write down the Bell's inequality appropriate for our case:

$$q(\vec{n}_1, \vec{n}_2) + q(\vec{n}_2, \vec{n}_3) \geq q(\vec{n}_1, \vec{n}_3)$$

Now we substitute in the Bell's inequality from (11)

$$\frac{1}{2} \cdot (1 - \cos \vartheta_{12}) + \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos \vartheta_{23}) \geq \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos \vartheta_{13}) \quad (12)$$

where ϑ_{12} is angle between vectors $\vec{n}_1, \vec{n}_2$

ϑ_{23} is angle between vectors $\vec{n}_2, \vec{n}_3$

ϑ_{13} is angle between vectors $\vec{n}_1, \vec{n}_3$

And it also holds that

$$\vartheta_{12} + \vartheta_{23} = \vartheta_{13} \quad (13)$$

We continue solving the inequality (12):

$$1 \geq -\cos \vartheta_{13} + \cos \vartheta_{12} + \cos \vartheta_{23} \quad (14)$$

We can substitute for ϑ_{13} from (13) and we get an inequality with two variables

$$1 \geq -\cos(\vartheta_{12} + \vartheta_{23}) + \cos \vartheta_{12} + \cos \vartheta_{23} \quad (15)$$

We find the maximum of this function at

$$\vartheta_{12} = \vartheta_{23} = \frac{\pi}{4}.$$

Now, when we substitute this value back in (15), we see that the inequality doesn't hold:

$$1 \geq -\cos\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4}\right) + \cos \frac{\pi}{4} + \cos \frac{\pi}{4}$$

$$1 \geq \sqrt{2}, \text{ which is never valid}$$

Which means that this Bell's inequality is violated. Since all causal processes should follow every Bell's inequality we conclude that quantum theory violates causality.

4 Conclusion

We have shown that causality does not work all the time and that it cannot explain all events that occur in nature. With use of Bell's inequalities we can see mathematical proof of this along with calculated example of situation when Bell's inequalities and therefore causality don't hold. We mention that experiments similar to that studied in Section 3 can actually be carried out, thus the causality of quantum theory can be verified, as it has been reported, for the first time in Ref. [2].

Saying thanks

We would like to thank Czech Technical University and Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering for their support of 'Week of Physics', thanks to which we were given the possibility to make this article. As next we would like to thank Ing. Svoboda, CSc. for organization, and among all our supervisor MSc. Aurél Gábris, PhD.

References

- [1] John S. Bell, *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press (1988)
- [2] Alain Aspect, Jean Dalibard, and Gérard Roger, *Experimental Test of Realistic Local Theories via Bell's Theorem*, *Physical Review Letters*, vol. 47 pp. 460, (1981)

Vážení Země, Cavendishův experiment

Aneta Jíchová
Gymnázium Plasy
JichovaAneta@seznam.cz

Abstrakt

Cílem toho měření bylo přesně určit hmotnost Země, bez použití tabulkových konstant. K tomu jsme potřebovali určit poloměr Země, tíhové zrychlení a gravitační konstantu.

1 Úvod

Cavendish v roce 1798 jako první vědců přesně spočítal hmotnost Země. Použil k tomu torzní váhy, s jejichž pomocí změřil gravitační sílu působící mezi olověnými koulemi. Z ní odvodil gravitační konstantu a určil hmotnost Země. Jeho výpočty byly zpřesněny až ve 20. století. V současnosti je nejlepší odhad hmotnosti Země asi 5,973 zettatun (tedy $5,973 \times 10^{24}$ kg), což se od Cavendishova výpočtu odlišuje jen asi o 1 %.

2 Teorie

2.1 Gravitační zrychlení

Měření se skládá ze tří částí. Nejdříve je potřeba zjistit gravitační zrychlení. K tomu jsme použili reverzní kyvadlo, u kterého jsme změřili čas kmitu podle toho, jestli bylo zavěšené okolo horního nebo dolního břitu (obr. (1)). Určili jsme závislost periody kyvadla na poloze závaží. Podle toho, pokud kmitá kolem obou břítů stejně, tak se reverzní kyvadlo chová jako matematické. Z toho plyne pro periodu kyvadla:

$$g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l \quad (1)$$

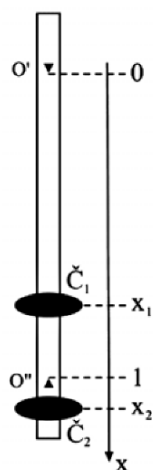
kde g je gravitační zrychlení, T je perioda a l je vzdálenost mezi břity.

2.2 Gravitační konstanta

Jednou z fundamentálních interakcí je interakce gravitační. Gravitační síly mají přitažlivý charakter a působí na hmotné částice. Gravitační síla je ze všech fundamentálních interakcí nejslabší.

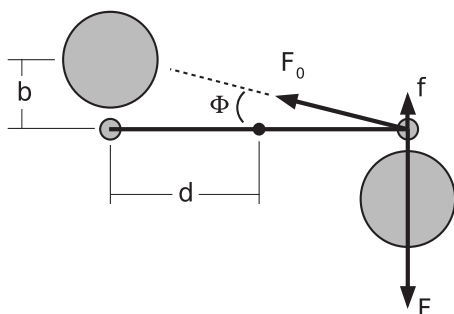
Newton sestavil vzorec pro gravitační zákon

$$F = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2)$$

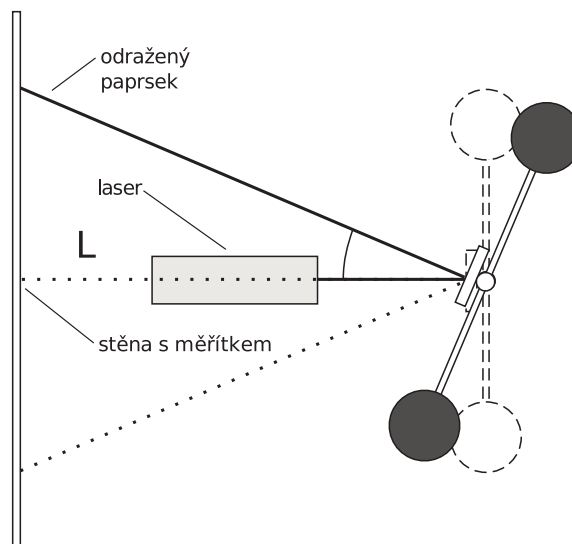


Obrázek 1: Reverzní kyvadlo

kde m_1, m_2 jsou hmotnosti a r je vzdálenost těles. Při měření se využívá gravitační síly působící mezi dvěma koulemi. Cavendish k jejímu změření použil torzní kyvadlo, jedno z nejcitlivějších mechanických zařízení. K torzi stačí velmi slabá síla, v našem případě působí mezi dvěma koulemi o hmotnostech 1,25 kg a přibližně 50 g. K torznímu lanku je připevněn činka a zrcátko (obr. 3), na které dopadá laserový paprsek. Ten se odráží na protější stěnu a funguje jako optická páka, tzn. velmi zesílí jakoukoli výchylku vah.



Obrázek 2: Působící gravitační síly



Obrázek 3: Schéma experimentu

Když se k malým koulím přiloží těžší koule, vznikne moment dvojice sil

$$2d(F_1 - F_2) = k\Theta, \quad (3)$$

kde F_1, F_2 jsou síly, které jsou na obr. (2), k je torzní konstanta.

Tento moment způsobí zkroucení lanka a pootočení činky.

$$2d \left(\kappa \frac{m_1 m_2}{b^2} - F_2 \sin \alpha \right) = k\theta \quad (4)$$

po několika úpravách se dostaneme ke vztahu

$$\frac{2d\kappa m_1 m_2}{b^2} (1 - \beta) = k\theta \quad (5)$$

kde β je geometrický faktor, který je roven

$$\beta = \frac{b^3}{(b^2 + 4d^2)^{3/2}} \quad (6)$$

Tuhost torzního vlákna k získáme z periody kmitů

$$T^2 = \frac{4\pi^2 I}{k} \quad (7)$$

kde I je moment setrvačnosti činky.

Použitím všech předchozích vztahů lze odvodit následující vzorec

$$G = \frac{\pi^2 b^2 S (d^2 + 2/5 r^2)}{T^2 m_2 L d (1 - \beta)} \quad (8)$$

2.3 Měření poloměru Země

Poloměr Země jsme určili podle definice metru. Metr je definován jako desetimiliontina vzdálenosti od pólu k rovníku. Z toho lze snadno určit poloměr Země. Poloměr Země jsme určili 6369 km. Rozdíl 0,1% od tabulkové hodnoty 6378 km je způsobený zploštěním Země.

3 Měření

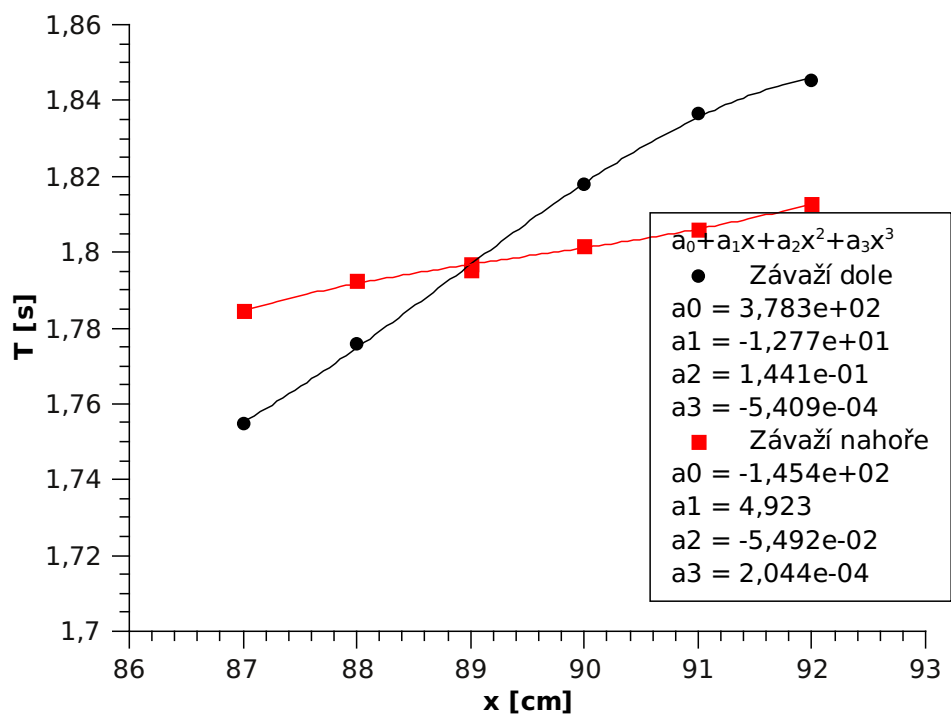
3.1 Gravitační zrychlení

Naměřené hodnoty jsou v grafu (4). Po proložení polynomem jsme určili průsečík v bodě 89,01 cm, což odpovídá periodě 1,796 s. Po dosazení do vzorce 1 jsme určili periodu kmitů. Ze znalosti délky kyvadla $l=803$ mm. Určili jsme gravitační zrychlení $9,82 \text{ m/s}^2$, což se liší od tabulkové hodnoty 0,1%.

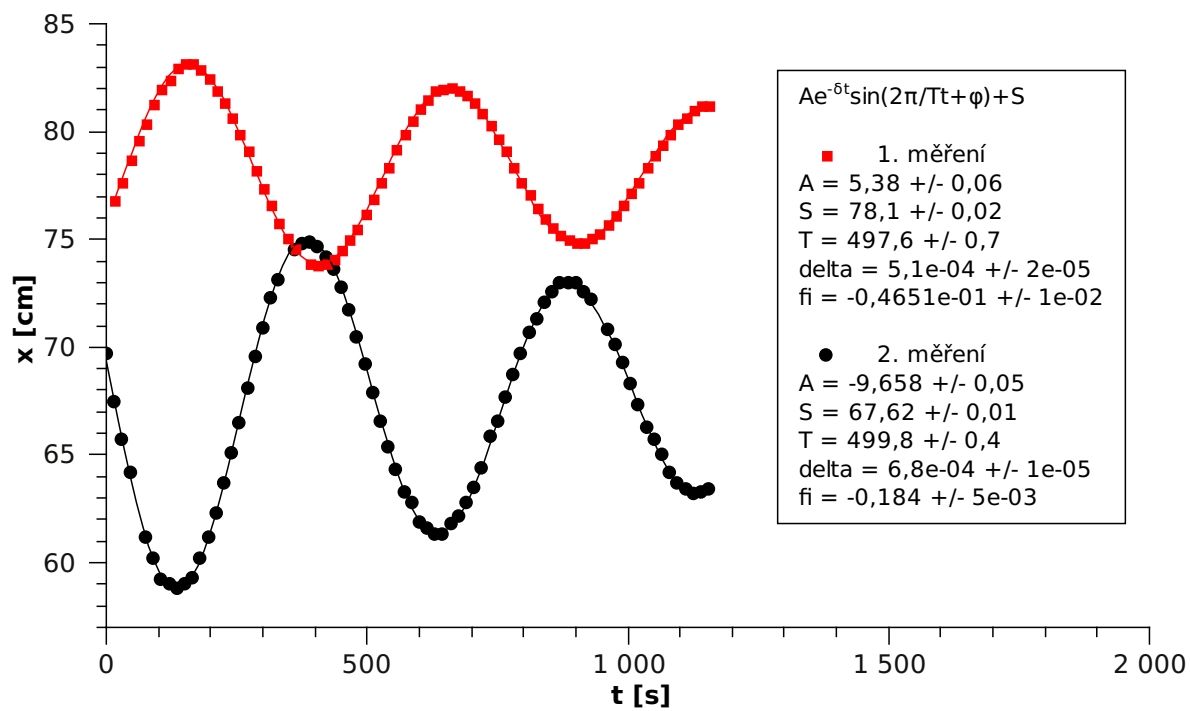
3.2 Gravitační konstanta

Schéma zařízení je na obrázku (3). Při měření jsme určovali polohu odrazu laseru odraženého od zrcátka v závislosti na čase. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v grafu (5).

Hodnota b byla zadána 4,65 cm. Vzdálenost koulí d v torzních vahách byla 5,0 cm a hmotnosti velkých koulí m_2 jsme určili 1246 g a 1249 g. Vzdálenost přístroje L od stěny byla zadána 6,00 m. Poloměr malých koulí r je roven 9,55 mm. Z naměřených hodnot jsme pomocí vzorce 8 určili gravitační konstantu rovnu $6,63 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$. Výsledek se od tabulkové hodnoty se liší o 1%.



Obrázek 4: Závislost periody kmitů na poloze závaží



Obrázek 5: Závislost polohy laseru na čase

3.3 Vážení Země

Hmotnost Země lze snadno určit porovnáním gravitační a tíhové síly

$$M = \frac{gr^2}{\kappa} \quad (9)$$

Výsledná hmotnost nám vyšla $6,01 \cdot 10^{24} \text{kg}$, což se liší od tabulkové hodnoty $5,97 \cdot 10^{24} \text{kg}$ o 0,7%

4 Shrnutí

Poloměr Země jsme určili 6369 km, od tabulkové hodnoty 6378 km se liší o 0,1%. Gravitační zrychlení jsme určili na $9,82 \text{ms}^{-2}$, což se liší od tabulkové hodnoty o 0,1%. Gravitační konstantu jsme určili $6,63 \cdot 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$, což se od tabulkové hodnoty liší o 1%. Hmotnost Země jsme nakonec určili $6,01 \cdot 10^{24} \text{kg}$, což se od tabulkové hodnoty $5,97 \cdot 10^{24} \text{kg}$ liší o 0,7%.

Měření považuji za velmi úspěšné.

Poděkování

Chtěla bych moc poděkovat mému supervizorovi Michalu Odstrčilovi.

Literatura

- [1] Zadání úlohy Cavendishův experiment FJFI
- [2] Zadání úlohy měření tíhového zrychlení na FJFI

Základní pokusy se supravodiči

Autoři (P.Majer¹, J.Mrázek², J.Pavela³, O.Dvořák⁴, Z.Bambušek⁵)

Školy (^{1,2}Gymnázium Na Zatlance,

³Gymnázium Františka Palackého Valašské Meziříčí,

⁴SPŠ Havířov, ⁵Gymnázium Dr. Josefa Pekaře Mladá Boleslav)

Emaily (¹pajamajer@seznam.cz, ²pepa.mrazek@seznam.cz, ³pavelaj@seznam.cz,

⁴ondra.dvo@seznam.cz, ⁵zbambusek@seznam.cz)

Abstrakt

Tento miniprojekt jsme si vybrali z důvodu našeho zájmu o toto ne příliš známé téma. Naše očekávání bylo naplněno, znalosti o supravodivosti se rozšířily, zejména díky experimentu a odbornému výkladu.

1 Úvod

Samotná supravodivost byla objevena již roku 1908 Holanďanem Heikem Onnesem. Toho roku se mu podařilo zkapalnit helium, zchlazením na 4,2 K. Tím se otevřela cesta k výzkumu ve fyzice nízkých teplot. Dále zkoumal další prvky a jejich vlastnosti při snižování teploty. U rtuti objevil náhlý pokles odporu na nulu. Tomuto jevu se začlo říkat supravodivost. O vysvětlení supravodivosti se pokoušely i takové kapacity ve fyzikálním oboru jako třeba W.Heisenberg nebo A.Einstein. Částečné vysvětlení přišlo až s BSC teorií.

Za supravodivost bylo uděleno mnoho Nobelových cen:

- 1913 - H.K. Onnes - objevení supravodivosti
- 1972 - J.Bardeen, L.Cooper, J.R.Schreiffer - BSC teorie
- 1987 - K. A. Müller a J. G. Bednorz - 1. vysokoteplotní supravodič
- 1996 - D.M.Lee, D.D.Osheroff, R.C.Richardson - Objev supratekutosti 3He
- 2003 - A.A.Abrikosov - předpověď vortexů

2 Teorie

Supravodiče jsou obecně látky, jejichž odpor je vyšší než odpor některých kovů. Rozdíl je v tom, že pokud se dostanou pod kritickou (velmi malou) teplotu svůj odpor téměř okamžitě ztrácí. Tento jev je dán uspořádáním částic. Se snižující se teplotou dochází k přeměně ve seskupení elektronů. Ty (ani jiné částice) se již nepohybují chaoticky, ale uspořádaně (koherentně). To způsobuje, že již nemohou narážet ani do sebe navzájem, ani

do krystalické mřížky, a proto prochází vodičem bez odporu. Pokud bychom tedy vzali takový vodič, uzavřeli ho do prstence a pustili do něho proud, za 10 let bychom přišli a proud by v něm stále běhal. Tento jev je natolik komplikovaný, že ani po zhruba 100 letech bádání se nepodařilo objevit teorii, uplatnitelnou na všechny supravodiče. Pokud bychom takovou našli, Nobelova cena by přišla s jistotou.[1]

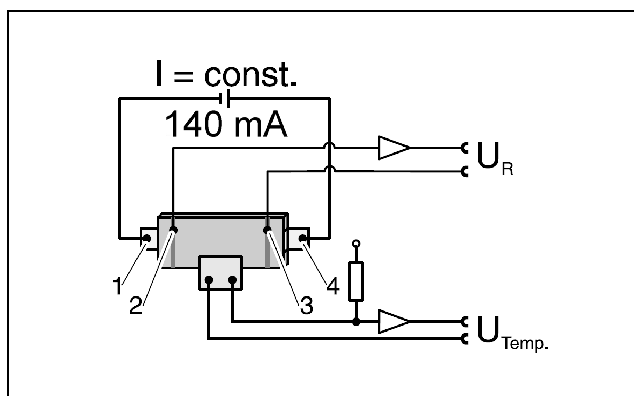
2.1 Příčiny supravodivosti

Je všeobecně známo, že supravodiče při velmi nízkých teplotách nevykazují elektrický odpor. To proto, že všechny elektrony se nacházejí v témž stavu. Teče-li běžným vodičem elektrický proud, jsou elektrony náhodně vyraženy v rovnoměrném toku a postupně tak narušují celkovou hybnost. V případě supravodičů je však velmi těžké přinutit jeden elektron, aby dělal něco jiného než ostatní, neboť se všechny nacházejí ve stejném stavu.

3 Popis experimentu

Náš pokus spočíval v měření závislosti napětí (odporu) supravodiče na teplotě. A následném zjištění závislosti rezistivity na teplotě. Postupně jsme zapojili dva keramické HTS supravodiče - YBaCuO a BSCCO.

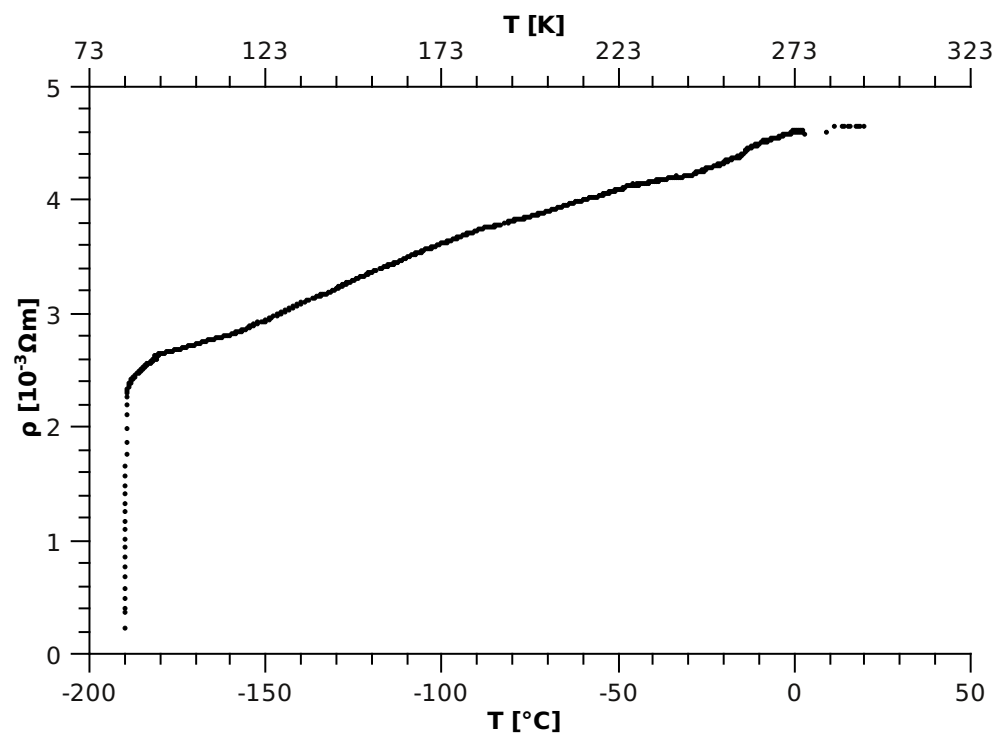
Zapojení je na obrázku (1). Nejdříve jsme k supravodiči připevnili termistor s multimetrem, dále proudový zdroj a další multimetr (pro měření napětí). Supravodič jsme vložili do nádoby chlazené tekutým dusíkem na cca 20 minut. Teplotu jsme určovali termistorem a odpor počítali z rozdílů napětí. Po celou dobu chlazení jsme snímali a ukládali data do počítače. Na závěr jsme zpracovaná data zanesli do grafů. Celý experiment jsme opakovali s oběma supravodiči.



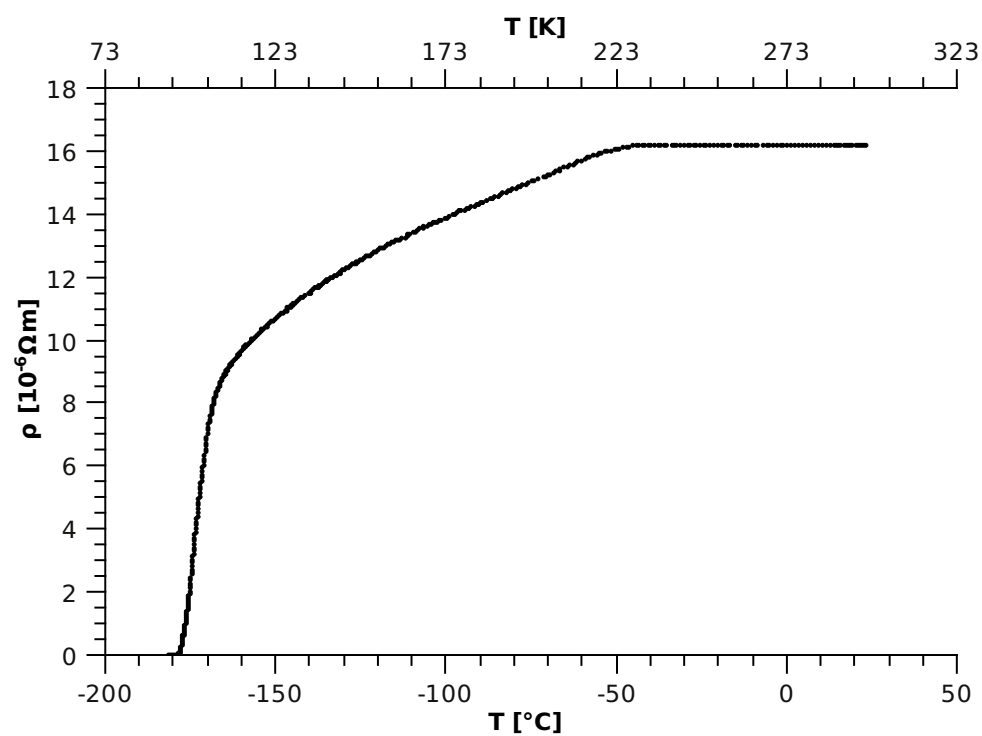
Obrázek 1: Schéma zapojení experimentu

4 Výsledky

Na obrázcích (2) a (3) jsou grafy závislostí rezistivity na teplotě. Rezistivita klesala se snižující se teplotou. Při kritické teplotě (asi při -180 stupních Celsia) rezistivita prudce klesla na nulovou hodnotu.



Obrázek 2: Graf závislosti rezistivity na teplotě u supravodiče YBaCuO



Obrázek 3: Graf závislosti rezistivity na teplotě u supravodiče BSCCO

5 Diskuse

Měření supravodiče BSCCO proběhlo bez problémů, ale dosáhli jsme kritické teploty při 94 K, místo uváděných 108 K. U YBaCuO jsme se dostali velmi blízko T_C , kdežto v druhém grafu (2), je vidět, že jsme jí úplně nedosáhli. Kritická teplota u YBaCuO vyšla 83 K a měla být 93 K.

V případě BSCCO byla chyba způsobena špatně zkalibrovaným měřicem. U měření YBaCuO jsme již kalibraci provedli, takže teplota je určena přesně. Přesto se supravodivosti nedosáhlo, způsobeno pravděpodobně navlhnutím supravodiče. Pravděpodobně by šlo dosáhnout supravodivosti, protože dusíkem šel supravodič ochladit ještě o dalších 6 °C.

6 Shrnutí

Úspěšně se nám podařilo potvrdit supravodivost, jak pomocí měření napětí a určením rezistivity, tak levitací magnetu nad supravodičem a dokázáním Meissnerova jevu. Jelikož supravodivost stále zůstává nepříliš jasně vysvětleným jevem, bude v této oblasti možnost dalších objevů. My jsme se zaměřili jen na zlomek z tohoto problému.

Poděkování

Děkujeme FJFI za pořádání FT09 a umožnění zajímavých pokusů a exkurzí. Dále děkujeme našemu supervizorovi Tomáši Odstrčilovi za odborný dohled a výklad k tématu (Pocho-pitelně nemohl být všude, že!).

Literatura

- [1] R.P.Feynman - Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady 3/3
- [2] Wikipedia - Supravodiče <http://cs.wikipedia.org/wiki/Supravodi%C4%8De> [16-6-2009]
- [3] SUPRAVODIVOST A LEVITACE - <http://www.fzu.cz/texty/brana/supravodivost2/index.php> [16-6-2009]

**Matematické
modelování**

**Fyzikální
vlastnosti
materiálů**

**Fyzika
v medicíně**

**Elementární
částice**

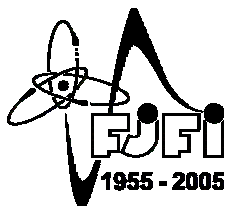
**Laserová
fyzika**

**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 kdekoli; být ministrem zahraničí - nebo dělat úplně něco jiného.

- ♥ užitečná adresa
pro další informace:

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
pedagogické oddělení
Břehová 7, 115 19 Praha 1
tel. 222 310 277, fax: 222 320 861
www.jaderka.cz; www.fjfi.cvut.cz

Zájemce o studium zveme k návštěvě tradičně konaných Dnů otevřených dveří (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F pro přípravu ke studiu na technických VŠ (od listopadu do března).

FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENÝRSKÁ

Českého vysokého učení technického v Praze

(FJFI ČVUT)

reprezentuje relativně mladé a dynamické pedagogické a vědecké centrum zaměřené především na hraniční témata mezi moderní vědou a její praktickou aplikací. Skládá se z deseti kateder: matematiky, fyziky, jazyků, inženýrství pevných látek, fyzikální elektroniky, materiálů, jaderné chemie, dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, jaderných reaktorů a katedry softwarového inženýrství v ekonomii.

FJFI byla založena v roce 1955 pod původním názvem Fakulta technické a jaderné fyziky jako součást Univerzity Karlovy v Praze, ale v roce 1959 se stala novou fakultou Českého vysokého učení technického v Praze. Její vznik přímo souvisel se zahájením československého jaderného programu, pro který bylo zapotřebí vybudovat vysoce kvalitní vědecká a pedagogická pracoviště. Brzy se však ukázalo, že jaderná technika není jen záležitost jaderných oborů, ale že vyžaduje úzké propojení přírodovědných oborů, matematiky, fyziky a chemie s technickou praxí. Tak se fakulta dostala na rozhraní našich dvou tradičních vysokých škol, univerzity a techniky, jako fakulta fyzikálně inženýrského charakteru.

V padesátých letech se na fakultě studovaly především jaderné obory – jaderná fyzika, jaderná chemie a jaderné inženýrství, v šedesátých letech byla nabídka přednášených oblastí rozšířena o fyziku pevných látek, fyzikální elektroniku a materiálové inženýrství. Zaměření fakulty se také začalo rozšiřovat o nové fyzikální aplikace, např. o fyziku plazmatu, lasery, kosmický výzkum, atd.

Postupně rostl zájem o matematické aplikace, což v sedmdesátých letech vedlo k založení nového oboru - matematického inženýrství. Poslední desetiletí je potom charakteristické nástupem zájmu o nejrůznější partie informatiky (nový obor inženýrská informatika) a prudkým zvyšováním množství aplikací do zdánlivě vzdálených oblastí (medicína, ekologie, ekonomie, architektura, apod.).

Díky své struktuře, velikosti i personálnímu obsazení dokázala FJFI v průběhu let pružně reagovat na rozvoj vědy, technologií i měnící se požadavky praxe zřizováním nových studijních oborů a zaměření.

Fakulta se postupně stala významným pedagogickým a vědeckým pracovištěm s velmi širokým rozsahem aktivit v oblasti inženýrských aplikací přírodních věd. Je proto jen přirozené, že se při volbě názvu studijního programu, který je na fakultě akreditován, dospělo k názvu Aplikace přírodních věd. Na druhé straně název fakulty zůstává beze změny, přestože již plně nevystihuje zmíněnou širokou paletu různých zaměření. Hlavním důvodem je oprávněná hrdost na trvalou vysokou kvalitu absolventů fakulty, na dobrý zvuk konstatování, že někdo je „jaderňák“. Tradiční název fakulty tak představuje něco jako ochrannou známku.

Fakulta poskytuje vysokoškolské vzdělání formou řádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium - titul bakalář, navazující magisterské studium - titul inženýr). Standardní délka studia je 3 roky v bakalářském programu a 3 roky v navazujícím magisterském programu. Při splnění určitých podmínek je možno absolvovat bakalářský + navazující magisterský program během pěti let. Navazující magisterský program mohou studovat i bakaláři z jiných škol. Kreditní systém umožňuje absolvovat studijní programy i za delší dobu než standardní délka. Hlavními formami studia jsou přednášky, cvičení (seminární, laboratorní), odborné praxe a konzultace. Studium končí státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové (závěrečné) práce. Tato práce má tvůrčí

charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe.

Fakulta dále organizuje doktorské studium (tříleté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků.

Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecko-výzkumná práce. Mezi vědeckou a pedagogickou prací je úzká vazba: přímé zapojení studentů do řešení vědeckých-výzkumných programů a příprava na moderní kolektivní formy vědecké práce dává výuce unikátní rozměr.

Výzkum (a výuka) na fakultě v současné době tématicky pokrývá aplikované jaderné inženýrství (reaktorová fyzika a technika; dozimetrie, radiační fyzika, ochrana a bezpečnost; jaderná chemie), moderní technologické aplikace fyziky (kvantová elektronika a laserové techniky, pevnolátkový a materiálový výzkum) a rychle se rozvíjející oblast matematiky a softwarového inženýrství. Pro fakultu jsou typické interdisciplinární aplikace v ekologii, medicíně, ekonomii, archeologii a v mnoha dalších oborech.

Řešení výzkumných projektů probíhá ve spolupráci s předními domácími i zahraničními pracovišti. Fakulta spolupracuje s více než padesáti zahraničními univerzitami (např. Université de Montréal, Université de Paris, aj.) a vědeckými institucemi z více než dvaceti zemí celého světa a mezinárodními organizacemi typu CERN, ÚJV Dubna apod. Na mnoha těchto aktivitách se podílejí i studenti, a to jak v rámci různých studijních pobytů, tak i při řešení vědeckých projektů.

FJFI disponuje několika unikátními výzkumnými zařízeními – např. školním jaderným reaktorem VR-1, řádkovacími elektronovými mikroskopy, vysokovýkonnými laserovými systémy, speciálními počítačovými laboratořemi, laserovou družicovou zaměřovací základnou v Helwanu (Egypt), apod.

Již řadu let na fakultě působí Studentská unie při FJFI ČVUT. Jedná se o neziskovou organizaci, jejímž cílem je rozvoj studentských aktivit na FJFI. Snaží se především starat o kolegy studenty – organizuje celoškolsní anketu týkající se kvality jednotlivých vyučovaných předmětů, spolupracuje na propagaci fakulty a aktivně se podílí na komunikaci studentů s pedagogy. Pro studenty prvního ročníku vydává “Jaderňáckého průvodce po fakultě a okolí”, jenž jim pomáhá v orientaci v novém prostředí. Každoročně také pořádá letní studentskou konferenci TCN. Do vysokoškolského studia se však především snaží vnést i trochu neformálnosti a zábavy. Jmenujme například neoficiální vítací akci pro začínající studenty s názvem “Bažantrikulace” či “Všejadernou fúzi” - sešlost všech bývalých, současných i budoucích “jaderňáků” (ples, jehož součástí je však také amatérské divadelní představení v podání studentů fakulty či soutěž pro všechny účastníky). FJFI vnímá aktivitu Studentské unie jako významnou součást své činnosti a snaží se je podporovat.