

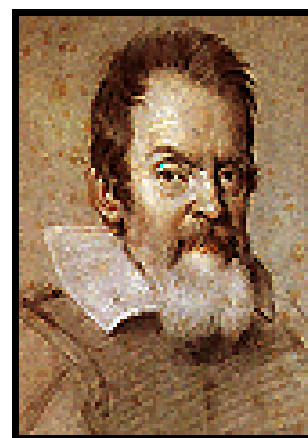


Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2004

Fyzikální týden

Sborník příspěvků

20.-24.červen 2004



”Všechny zákonitosti jsou velice lehce pochopitelné, když už jsou jednou známé. Problémem je se jich dobrat..” *Galileo Galilei*
(400 let od objevení zákonitosti, že dráha padajících objektů roste se čtvercem času.)

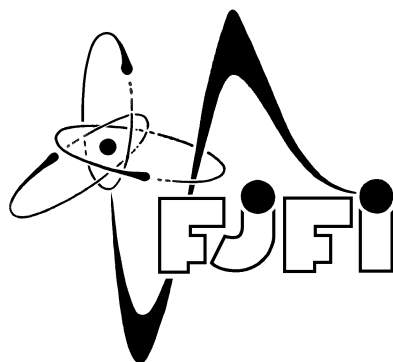


Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2004

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



Slovo úvodem

Už šestým rokem pořádáme na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT Fyzikální týden, který vznikl z našich dlouhodobějších úvah o podchycení zájmu mladých lidí o fyziku. Od svého prvního ročníku v roce 1999 se jak kvalitativně, tak kvantitativně posunul. V letošním roce byl pořádán pro 154 studentů z 65 gymnázií, tito studenti zkusili své síly v 36 miniprojektech, měli možnost navštívit 12 vědeckých pracovišť a navíc mohli večer strávit v Planetáriu, Štefánikově hvězdárně či na Křížkové fontáně. Oproti minulým létům se úspěšně začíná prosazovat nedělní set populárních přednášek. Letos se znovu pokusíme několik vybraných příspěvků vydat v Matematicko fyzikálních rozhledech, čímž by účastníci získali možnost zápisu první vážné publikace do svého badatelského životopisu.

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

Dovolte mi zde poděkovat Marii Svobodové, které patří VELKÝ dík. Dále jsem vděčný Petru Luftovi a Liboru Škodovi. Samozřejmě děkuji všem supervisorům úloh, vedoucím exkurzí a zvláštní poděkování patří podpoře vedení fakulty a katedry. Nemohu zde zapomenout na samotné účastníky, kteří zde svým zaujetím vytvořili opět výbornou badatelskou atmosféru.

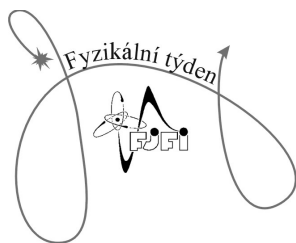
23. června 2004

Vojtěch Svoboda

Obsah

Poděkování	3
Slovo úvodem	4
Program Fyzikálního týdne 2004	7
Příspěvky	8
e/m - měření měrného náboje elektronu (J.Cabrnoch, R.Reznicek, J.Jilek, M.Holecek) . .	8
Dopplerův jev + vzduchová dráha (Kukacka, Poslova, Peterka, Vaculovicova, Prihodova) .	12
Franck-Hertzův pokus (Bastl Petr, Novák David, Skotnicová Radka, Zimandl Filip)	16
Millikanův pokus (J. Hrnčír, A. Kozlik, P. Malá, T. Kurka)	20
Mikrovlny (V. Šámal, P. Bludský, J. Maňura, S. Pelikánová)	23
Chaotická dynamika. (M. Hudeček, P. Bauch, O. Červený, Č. Jirsák, V. Procházka)	26
Spektrometrie záření gama (Z.Prokopova, J.Patek, P.Horalek, M.Bostikova)	30
Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech (A. Bárek, M. Pastelák, T. Vojtek, O. Jakubov)	34
Základní experimenty s lasery (M. Hohn, F. Straka, V. Trunda, M. Žůrek)	37
Měření rychlosti světla (L. Hermann, J. Novák, Z. Šeneklová)	41
Balmerova série vodíku (P. Dvořák, G. Malenová, M. Plajner, J. Seifrt)	44
Numerické modelování fyzikálních dějů. (T. Bednárík, M. Franěk, P.Kus, J. Návrat, R. Smrž)	48
Mlžná komora (J. Pikesova, J.Brychta, J. Hoffmann, J. Chylik, J. Olsina)	52
Plynová chromatografie (Ornová, Novotná, Havlík, Procházka)	56
Atomová absorpční spektroskopie (E. Bartakova, V. Kuban, J. Parizek, B. Sluneckova) . .	59
Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo ? (J. Soukup, P. Suková, J. Pavelka, J. Pavlišta)	63
Neutronový čítač (M. Strof, I. Strasil, E. Buzek)	67
Využití výpočtového kódu MCNP v reaktorové fyzice. (M. Tuláček, J. Mottl, T. Cícha, V. Šopík)	71
Odvod tepla z palivového článku v jaderném reaktoru (M.Lovecký a D.Trúsik)	74
RTG fázová analýza aneb hledáme vzácné kovy v příbramských horninách (P.Gallus, P.Solný, V. Hubka, R. Benk)	77
Únavové poruchy letadel - řádkovací elektronová mikroskopie (M. Zeman, T. Jindra, M. Nesměrák, Z. Hájek, O. Marada)	81
Mikroskopie v materiálovém výzkumu (P. Kačmár, M. Kočí, V. Vacek, O. Václavek) . . .	83
Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů (M. Kohout, M. Kvapil, N. Hlaváčová, M. Klicpera, P. Heidrich)	87
Po stopách zdrojů radonu v Louňovicích (Vlastimil Košar, Martin Paták, Iveta Kráčmarová)	91
Můžete se v Louňovicích bez obav napít? (Eva Černožorská, Lenka Fridrichová, Jana Kaděrová, Táňa Pokorná)	95

Počítačové generování fraktálních množin (T. Jakoubek, O. Ševela, J. Šotola, P. Dlouhý, H. Korčák)	100
Linux Lab (J.Cerny et al.)	104
Poškození DNA vlivem ionizujícího záření (Ondřej Malý, Karla Procházková, Pavla Martincová)	108
Rozhodovací stromy a lesy (J. Oprsal, R. Uhlířová, P. Palat, L. Matousova a D. Sollerová) .	111
Zkoumání památek pomocí záření X (M. Otava, O. Supčík, E. Zadinová)	115
Neutronová aktivační analýza (M. Tesař, O. Šíroky, V. Ovečka, J. Bastl, L. Kalík)	119
Měření dosahu elektronů radioterapeutického urychlovače (F.Sedlák, H. Maňáková, V. Valenta, D. Nešpor)	123
Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice (M. Kozel, M. Ježek, Z. Bělehrádek, T. Javůrek, J. Černý, L. Dvořák, M. Veselý, S. Kozina)	126
Od difrakce a interference světla k holografii a difraktivní optice (P. Paták, Z. Safernová, D. Renát, M. Daněk, M. Šiška)	132
Měření spektrálních vlastností klasických a laserových zdrojů (T. Klimošová, V. Molda, M. Byčan, V. Vondruška)	136
Měření transmise laserových a optických materiálů (I. Havlová, Š. Mohylová, L. Severa, V. Sirotek)	140
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT	143



Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha 2004

Program Fyzikálního týdne 2004

- Neděle

9.00-11.00 Presentace, registrace

11.00-12.30 Úvod (o vědecké komunikaci)

13.30-14.15 Organizace FT

14.30-16.00 Populární přednášky

16.00 - Ubytování

- Pondělí

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

17.00-18.00 Jak prezentovat I

- Úterý

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

20.00 Deadline pro upload příspěvků

- Středa

dopoledne Exkurze

14.30-15.30 Jak prezentovat II

16.00-17.30 Populární přednáška RNDr. Jiří Grygar, CSc.: Okna Vesmíru stále dokořán

- Čtvrtek

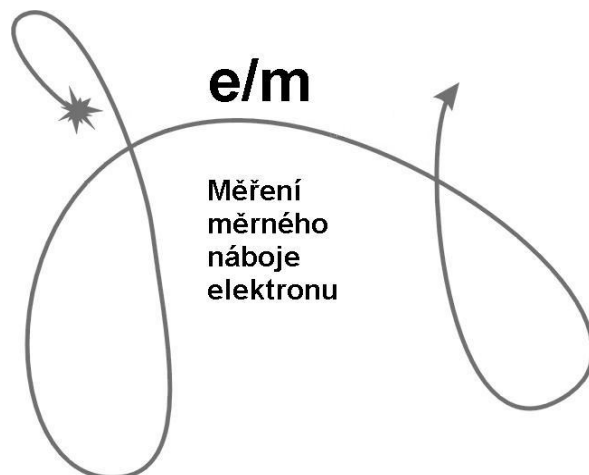
8.00-9.30 Presentace miniprojektů I

10.00-11.30 Presentace miniprojektů II

12.30-14.00 Presentace miniprojektů III

14.00 Závěr

14.30 Zakončení



J. Cabrnach, SGaGy Kladno, Jancabrnach@seznam.cz
M. Holeček, Jiráskovo Gymnázium, Holecek.Martin@seznam.cz
J. Jílek, Gymnázium Čelákovice, Julek.Jakub@seznam.cz
R. Řezníček, Gymnázium Český Brod, Richardzbrodu@seznam.cz
Supervisor: M. Svobodová

Abstrakt:

Měrným nábojem elektronu e/m_e rozumíme poměr absolutní hodnoty jeho náboje e a hmotnosti m_e . Jde o důležitou veličinu, kromě jiného například i pro určení hmotnosti elektronu. V soustavě SI má rozměr $[e/m_e] = \text{C/kg}$. K jeho měření jsme využili změny pohybu elektronu v magnetickém poli (na jaderce to jinak neumí).

1 Úvod

Trocha historie

Roku 1896 Joseph John Thomson objevil první subatomární částici – elektron. A již 30. dubna L.P. 1897 provedl na něčem, co se podobalo dnešní televizní obrazovce, jeden z nejdůležitějších experimentů tohoto období. Tímto pokusem určil měrný náboj elektronu. O 108 let, 1 měsíc a 21 dnů později jsme se pokusili tento experiment zopakovat.

Motivace aneb proč to vůbec děláme?

Až na jednoho jsme se všichni k tomuto projektu dostali jaksi nedobrovolně, přes náhradní volby prvního, popř. druhého řádu. Přesto nemůžeme říci, že by tento projekt nebyl zajímavý. Kdo jiný si například může vytvořit vlastní logo Fyzikálního týdne nebo se pokusit opravdu vysokým proudem vyhodit polovinu jističů aparatury.

Přesná hodnota měrného náboje elektronu je důležitá z důvodu jejího dalšího použití. Např. při Millikanově pokusu je změřen náboj elektronu, což nám umožňuje určit také jeho hmotnost. Zároveň se jedná o velmi zajímavý a vizuálně poutavý pokus.

2 Měření pomocí příčného magnetického pole

První měřicí aparatura, použitá při našem experimentu, se skládala ze zdroje napětí regulovatelného do 300V, regulovatelného zdroje proudu, dvou Helmholtzových cívek, katodové trubice opatřené zrcátkem a měřidlem, ampérmetru a voltmetru.



Trajektorie napětím urychlovaných elektronů emitovaných ze žhavené katody se v magnetickém poli Helmholtzových cívek zakřivuje až do kružnice. Z velikosti poloměru této kružnice je možno při znalosti velikosti použitého urychlovacího napětí a magnetické indukce určit velikost měrného náboje elektronu:

Urychlením elektrickým polem získají elektrony energii

$$E = eU,$$

které odpovídá kinetická energie elektronu

$$E = \frac{1}{2} \cdot mv^2.$$

Z toho lze odvodit vztah pro rychlost elektronu

$$v = \sqrt{2U \frac{e}{m}}.$$

Zakřivení trajektorie elektronu vstupujícího kolmo do magnetického pole je způsobeno

Lorentzovou silou o velikosti $F_L = e \cdot v \cdot B$, což odpovídá dostředivé síle $F_d = a_d m = \frac{v^2}{r} \cdot m$.

Sloučením obou rovnic obdržíme výraz $e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r}$, ze kterého po dosazení za rychlost

elektronu vyplývá vztah $\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}$. Velikost magnetické indukce je úměrná velikosti

protékajícího proudu, tedy $\frac{e}{m} = \frac{2}{k^2} \cdot \frac{U}{I^2 r^2}$. V našem případě je pak konstanta úměrnosti $k = 7,81 \cdot 10^{-4} T \cdot A^{-1}$.

Tabulka naměřených hodnot:

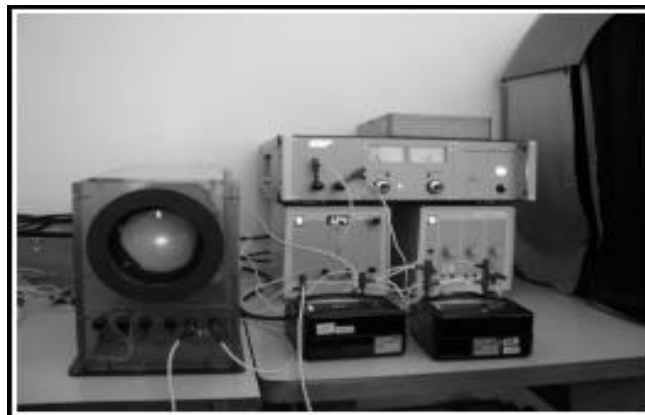
	U [V]	I [A]	r [cm]	e/m [C/kg]		U [V]	I [A]	r [cm]	e/m [C/kg]
J. Jilek	104	1,1	3,95	1,80627E+11	R. Řezníček	120	2	2,35	1,7812E+11
	120	1,25	3,875	1,67705E+11		130	1,8	2,7	1,80467E+11
	140	1,4	3,525	1,88487E+11		140	2,45	2,2	1,58008E+11
	150	1,35	4,05	1,64529E+11		150	1,8	2,95	1,74434E+11
	130	1,8	2,7	1,80467E+11		129	1,85	2,675	1,72714E+11
	110	1,7	2,675	1,74412E+11		110	1,6	2,85	1,73457E+11
	127	2	2,475	1,6995E+11		160	2	2,8	1,67291E+11

	U [V]	I [A]	r [cm]	e/m [C/kg]		U [V]	I [A]	r [cm]	e/m [C/kg]
J. Cabmoch	100	1,85	2,3	1,81104E+11	M. Holeček	120	1,25	3,75	1,79072E+11
	110	1,825	2,45	1,80411E+11		140	1,25	4,05	1,79112E+11
	150	1,925	2,75	1,75506E+11		160	1,3	4,25	1,71863E+11
	120	2	2,35	1,7812E+11		150	1,75	3,05	1,72641E+11
	130	2	2,45	1,77533E+11		130	1,2	4,05	1,80467E+11
	100	1,825	2,35	1,78265E+11		150	1	5,25	1,78443E+11
	120	1,9	2,45	1,81581E+11		100	1,15	3,75	1,76307E+11

V průběhu měření byla zjištěna drobná odchylka měřidla, kterou jsme odstranili a u předchozích měření jsme provedli korekci. Přesto však je námi změřená průměrná hodnota měrného náboje elektronu $1,75753 \cdot 10^{11}$ C/kg velice blízká skutečné hodnotě $1,75882 \cdot 10^{11}$ C/kg.

3 Měření pomocí podélného magnetického pole

Druhé uspořádání použité při měření pomocí podélného magnetického pole sestávalo z Wehlerovy trubice, zdrojů napětí regulovatelných do 300V a 1,5kV, ampérmetru a voltmetru.



Rychlost elektronů emitovaných z katody má kolmou a podélnou složku. Do Lorentzovy síly přispívá jen kolmá. Elektron se tak pohybuje po spirále a za určitou dobu doletí na stínítko. Nás pak zajímá taková kombinace urychlovacího napětí a proudu procházejícího cívkou vytvářející podélné magnetické pole, aby dopadající elektronový paprsek byl na stínítku fokusován.

$$F_L = e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \frac{e}{m} Br$$

Doba, za kterou elektron opíše v kolmém průmětu celou kružnici, je $T = \frac{2r\pi}{v}$.

Vzdálenost katody od stínítka je konstantní $l = vT = 24,9 \text{ cm}$. Spolu se vztahem $v = \sqrt{2U \frac{e}{m}}$

potom $\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{B^2 l^2}$, kde $B = \mu_0 NI/l'$

μ_0 -permeabilita vakua: $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

N-počet závitů: 183

I-proud protékající cívkou

l'-délka cívky: 37cm

Během měření se pak snažíme při různých hodnotách urychlovacího napětí dosáhnout nastavováním proudu tekoucího cívkou největší ostrosti bodu na stínítku.

Tabulka naměřených hodnot:

	U [V]	I [A]	e/m [C/kg]		U [V]	I [A]	e/m [C/kg]
J. Jílek	1000	4	2,06041E+11	R. Řezníček	900	3,8	2,0547E+11
	900	3,75	2,10985E+11		950	3,85	2,11288E+11
	1100	4,2	2,05573E+11		1000	4	2,06041E+11
	1200	4,5	1,95357E+11		1050	4,1	2,05918E+11
	1250	4,5	2,03497E+11		1100	4,2	2,05573E+11
	1150	4,25	2,0989E+11		1150	4,3	2,05038E+11
	1020	4	2,10161E+11		1200	4,4	2,04338E+11
J. Cabrnach	950	3,85	2,11288E+11	M. Holeček	850	3,55	2,22349E+11
	1000	3,95	2,1129E+11		1300	4,65	1,98203E+11
	1050	4,05	2,11034E+11		1000	4	2,06041E+11
	1100	4,15	2,10557E+11		1230	4,475	2,02484E+11
	1150	4,3	2,05038E+11		950	3,85	2,11288E+11
	1200	4,375	2,0668E+11		1120	4,275	2,02031E+11
	1250	4,45	2,08095E+11		1180	4,375	2,03235E+11

Průměrná hodnota měrného náboje elektronu změřená touto metodou je $2,06956 \cdot 10^{11}$ C/kg, což se bohužel od skutečné hodnoty poněkud odlišuje. Odchylka byla pravděpodobně zapříčiněna ne zcela přesným pozorováním a možná i nepřesnostmi konstrukce aparatury.

4 Shrnutí

Námi provedené měření měrného náboje elektronu pomocí příčného magnetického pole se ve srovnání s měřením pomocí podélného magnetického pole jeví jako přesnější. Pravděpodobně se nám podařilo při prvním experimentu vyhnout se vlivu systematických chyb.

Jinak nutno říci-byla to velice zajímavá práce:-)

Poděkování

Všem organizátorům fyzikálního týdne, supervisoru Marii Svobodové za pomoc při realizaci, vysvětlení „jak to vůbec funguje“ a Prof. Ing. Zdeňkovi Janoutovi, CSc. za velice zajímavou a poučnou přednášku.

Reference:

- [1] O. SEHNAL, F. SLOVÁK, R. GRACLA, M. ZEMAN *FT'03 e/m - měření měrného náboje elektronu* <http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2003/web/post/cd/prispevky/sbpdf/edm.pdf> FJFI-ČVUT 2003
- [2] Kolektiv katedry fyziky: Fyzikální praktikum II. Ediční středisko ČVUT.1989 <http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FundKonst/edm/edm.pdf>
- [3] SEDLÁK BEDŘICH *Určení měrného náboje elektronu z charakteristik magnetronu* MFF
- [4] M. FRANTES, T. HEJDA, L. MACH, O. MARŠÁLEK, M. PETERA *FT'02 e/m - měření měrného náboje elektronu* <http://fyztyd.fjfi.cvut.cz/2002/web/prispevky/sbornikpdfs/sbedm.pdf> FJFI-ČVUT 2003

Vzduchová dráha a Dopplerův jev

L. Pöslová, Gymnázium Mozartova, Pardubice, lenka.posl@seznam.cz

P. Příhodová, Gymnázium dr.A.Hrdličky, Humpolec, mik21@email.cz

V. Vaculovičová, Gymnázium Vídeňská, Brno, vacvanda@centrum.cz

L. Kukačka, Gymnázium Vrchlabí, libor.kukacka@seznam.cz

M. Peterka, Gymnázium Šumperk, peterka.3a4@gymspk.cz

1. Vzduchová dráha

Abstrakt:

Naším úkolem bylo dokázat platnost zákona zachování energie pomocí nakloněné roviny na vzduchové dráze. Zákon zachování energie jsme dokazovali na základě přeměny kinetické a potenciální energie vozíku na vzduchové dráze, přičemž celková mechanická energie zůstávala při jednom běhu mezi mezními polohami konstantní.

1. Úvod

V současné době jde pouze o ověření známého zákona. Cílem pokusu bylo se co nejvíce přiblížit ideální soustavě, kde plně platí zákon zachování energie.

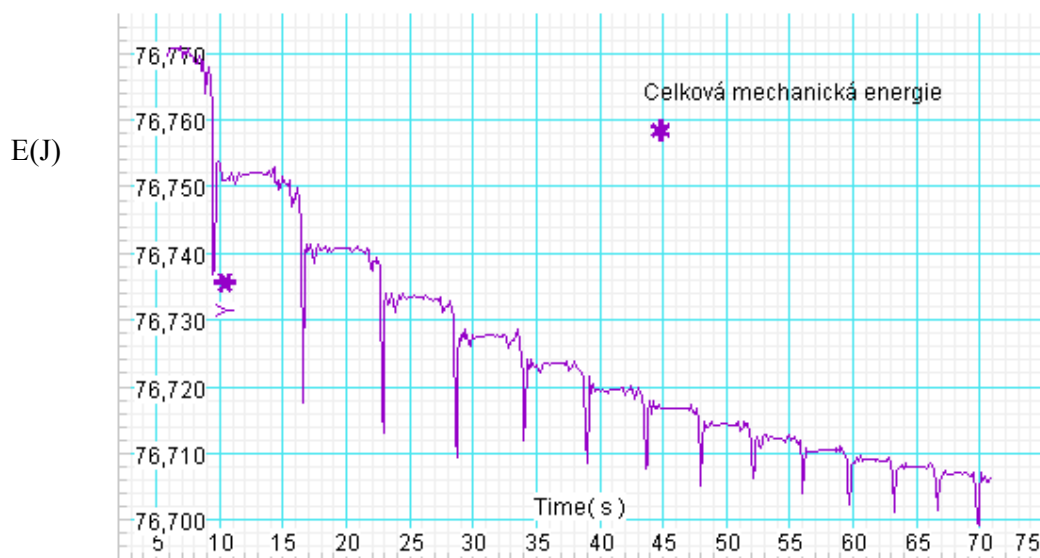
2. Popis pokusu

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

- **Výsledky**

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

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



3. Shrnutí

Podařilo se nám dokázat zákon zachování energie, ale vzhledem k nedokonalosti soustavy docházelo k jisté nepřesnosti měření. V blízkosti naší vzduchové dráhy byly i jiné pracující skupiny, které nám neúnavně funěly na naši soustavu a tím narušovaly dokonalý pohyb vozíku. Poblíž postavená mikrovlnná trouba, ve které byly zpracovávány jojo bonbóny, atmosféře projektu též neprospívala. Za zmínku také stojí vedlejší skupina badatelů s rezonančními jevy, kteří zkoušeli citlivost našich uší. I přes to všechno se nám podařilo dokončit zadaný projekt s velmi dobrými hodnotami.

Poděkování

Chceme velice poděkovat KF FJFI ČVUT za možnost účasti na FT a nejvíce našemu supervizorovi Jiřímu Martinčíkovi. Děkujeme Jirko!

Reference:

- [1] *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*, Fragment
- [2] HALLIDAY,D.: *Fyzika, část 1 Mechanika* Vutium,Prometheus, 2000, 175-179

2. Dopplerův jev

Abstrakt:

Cílem pokusu bylo ověřit Dopplerův jev a tedy změnu frekvence přijímače vůči frekvenci vysílače v našem případě v závislosti na pohybu přijímače vůči vysílači.

Pokus byl proveden v laboratorních podmínkách s ultrazvukovým zdrojem vlnění. Podařilo se nám změřit změny frekvence vzniklé Dopplerovým jevem v závislosti na různých rychlostech pohybu přijímače.

1. Úvod

Profesor pražské techniky Christian Doppler objevil tento jev v roce 1842. Dopplerův jev popisuje změnu frekvence vlnění v závislosti na vzájemném pohybu vysílače a přijímače. Cílem našeho pokusu bylo změřit závislost změny frekvence ultrazvuku na rychlosti přijímače vůči vysílači. Je se projevuje jak např. u zvuku tak u světla.

2. Popis pokusu

- Hlavní metody a postup pokusu

Pokus proběhl v laboratorních podmínkách. K realizaci pohybu přijímače vůči zdroji vlnění bylo použito elektricky poháněného vozíku s regulovatelnou rychlostí jako nosiče přijímače. Vozík se pohyboval po kolejnicích pro zachování dostatečně přesné trajektorie a stálé rychlosti. Výpočet rychlosti vozíku jsme provedli podle vzorce $v=s/t$, přičemž čas t , za který vozík projel vzdálenost s byl naměřen pomocí infračervených čidel. K reprodukci vlnění byl použit oscilátor s frekvencí 40 kHz, signál byl poté převeden na vysílač. Vlnění přijímané přijímačem bylo sledováno pomocí digitálního osciloskopu. Interferencí obou vlnění vznikaly rázy, neboť obě měřené frekvence měli velmi blízké hodnoty. Pro jednoduchost bylo provedeno pouze měření frekvence při vzdalování přijímače od vysílače a to třikrát, v závislosti na třech různých rychlostech přijímače.

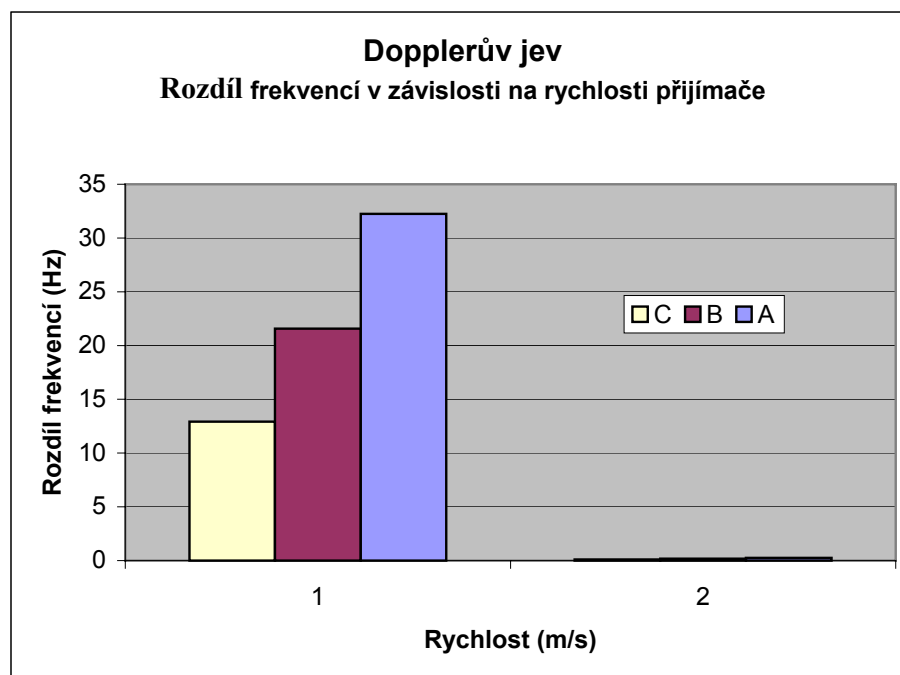
Během pokusu se nám podařilo naměřit frekvence přijímané přijímačem v závislosti na rychlosti přijímače.

Pomocí digitálního osciloskopu jsme snadno získali hodnoty frekvence f_0 rázů vzniklé složením vlnění zdroje o frekvenci f_1 a vlnění přijímané přijímačem o frekvenci f_2 . Frekvenci f_0 jsme snadno získali ze vzorce $f=1/T$, kde jsme T (periodu vlnění) odečetli na osciloskopu. Pro výpočet f_2 jsme použili vzorec $f_0 = 0.5 \cdot (f_1 + f_2)$ upraveného na tvar $f_2 = f_1 - 2f_0$.

- Výsledky

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

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



- Diskuse

Měření bylo ovlivněno několika odchylkami, které vznikaly hlavně vlivem krátkého dosahu vysílače a odečítáním dat z osciloskopu.

3. Shrnutí

I přes poměrně malé hodnoty se nám podařilo ověřit závislost velikosti rozdílu frekvencí na rychlosti přijímače vůči vysílači. Pokus značně ovlivnily vybité baterie dodávající energii pro pohon vozíku, což neblaze ovlivnilo „konstantní“ rychlost nutnou pro měření. Nicméně vše proběhlo v pohodě a s klidem.

Poděkování

Tak ještě jednou... Díky Jirko!

Reference:

- [1] *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*, Fragment
- [2] FEYNMAN, R.: *Feynmanovy přednášky z fyziky*, Fragment 2000, 459
- [3] ŠTOLL, I.: *Fyzika pro netechnické obory SOŠ a SOU*, Prometheus 2000, 185

Franck-Hertzův pokus

Bastl Petr, Novák David, Skotnicová Radka, Zimandl Filip
Gymn. Vídeňská Brno, Gymn. Šumperk, Gymn. Čajkovského
Olomouc, Gymn. Tišnov

petr.bastl@seznam.cz, georgetu...@seznam.cz,
radka.skotnicova@atlas.cz, fzimandl@centrum.cz

Abstrakt:

Naším úkolem je provést a ověřit Franck-Hertzův pokus. Tento pokus byl poprvé proveden v roce 1914 a ověřuje Bohrov model atomu.

1 Úvod

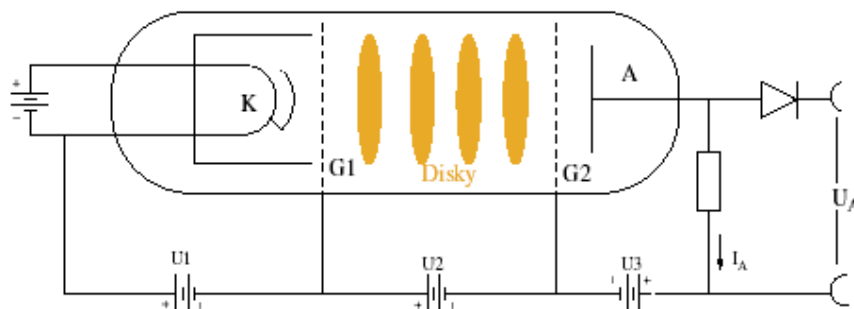
Před příchodem Bohrovy teorie stavby atomu se předpokládal Rutherfordův planetární model, který z hlediska klasické elektrodynamiky nebyl stálý, neboť by při zrychleném pohybu musely elektrony vyzařovat energii ve formě elektromagnetických vln, zmenšovat poloměr a nakonec se zřítit do jádra. Tento proces by trval řádově 10^{-15} s. Ve skutečnosti jsou však atomy velmi stálé. Tohoto faktu si všiml dánský vědec Niels Bohr a roku 1913 zveřejnil svou teorii o stavbě atomu.

Jeho teorii ověřili již o rok později ve svých experimentech J. Franck a G. Hertz.

V našem případě budeme excitovat a ionizovat atomy neonu a měřit jejich excitační a ionizační energii.

2 Princip

Atomy plynu jsou ostřelovány elektrony, které jsou emitovány z katody. Katoda je žhavená a pomocí napětí mezi katodou a mřížkou jsou z ní elektrony vytrhávány. Je pozorováno rozložení rychlostí elektronů před srážkou a po ní. Jde-li o pružnou srážku, pak se rozdělení rychlostí srážkou nemění (změní se jen směr), energie elektronu je přitom zachována. Při nepružné srážce ztrácí část elektronů svou energii, předává ji atomům (rozdělení rychlostí se mění) a elektrony v atomech plynu přecházejí na vyšší energetické hladiny (atomy se excitují), při větší energii elektronů vznikají z atomů ionty.



Obrázek 1: Schema Franckova-Hertzova pokusu

Elektrony jsou z katody K emitovány na první mřížku G_1 . Elektrony jsou z katody vytrhávány vlivem napětí U_1 mezi mřížkou G_1 a katodou. Elektrony jsou dále urychlovány napětím U_2 mezi mřížkou G_1 a mřížkou G_2 , která je umístěná před anodou A. Mezi mřížkou G_2 a anodou A je brzdné napětí $-U_3$. K anodě je připojen galvanometr k měření malých proudů. K pružným a nepružným srážkám dochází mezi mřížkami.

Energie elektronu závisí na jeho rychlosti.

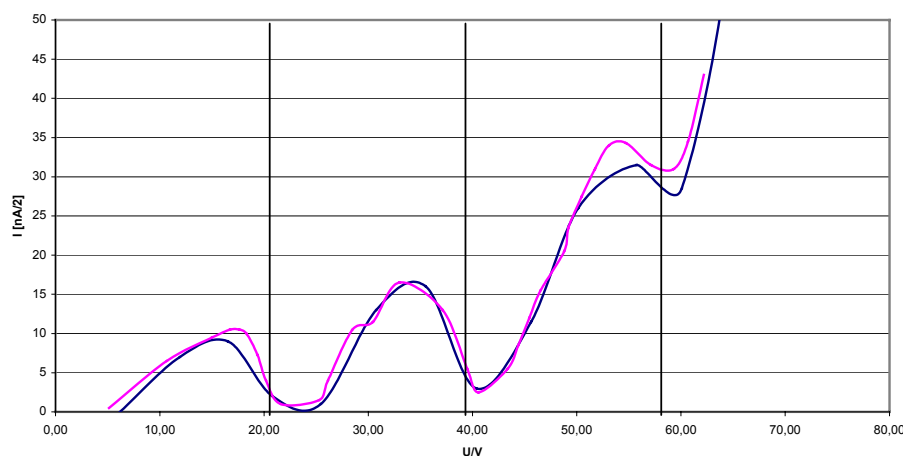
- Pružná srážka nastane, je-li rychlost elektronu menší než jistá kritická rychlost. Znamená to, že elektron nepředává atomu svou energii.
- Zda proběhne nepružná srážka závisí na energii, kterou nese elektron. Má-li elektron větší rychlost než kritickou, nese energii schopnou vybudit atom do vyššího energetického stavu (nese tzv. excitační energii).

3 Vlastní měření

Manuální měření

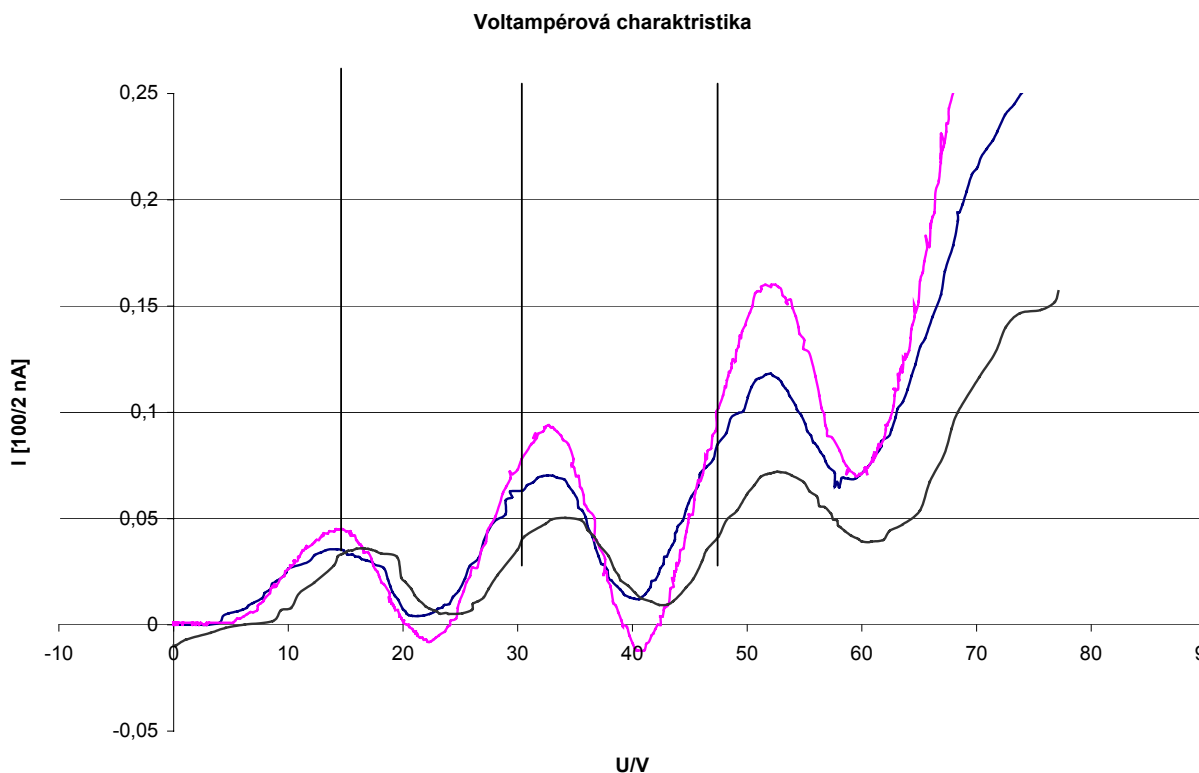
Nejprve jsme zjišťovali voltampérovou charakteristiku Franck – Hertzovy trubice. Měnili jsme urychlovací napětí U_2 a galvanometrem jsme měřili výstupní hodnoty proudu na anodě. Toto jsme prováděli několikrát se změněnými parametry brzdného napětí U_3 .

Voltampérová charakteristika



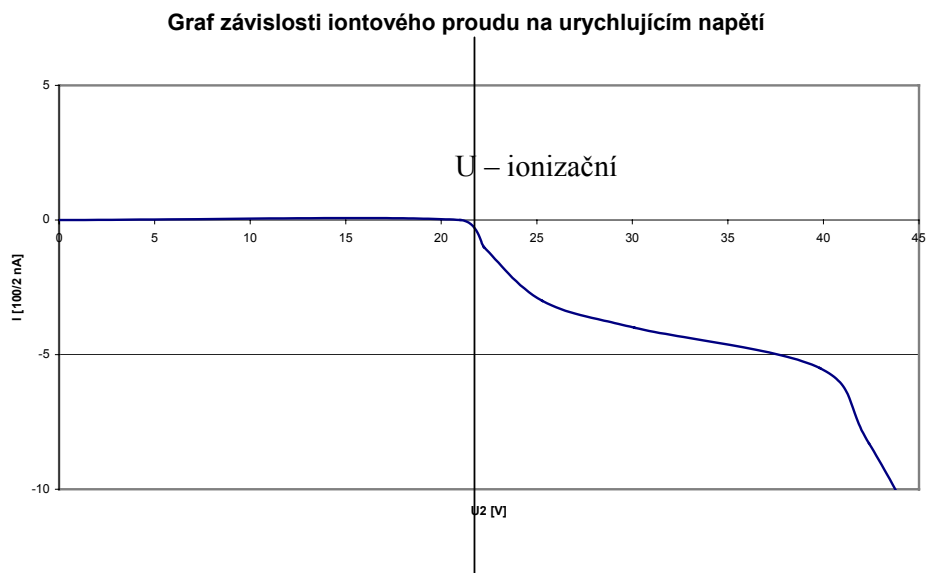
Měření s pomocí PC

Měření probíhalo obdobně. Galvanometr byl nahrazen odporem o velikosti $10\text{ M}\Omega$, na kterém bylo měřeno napětí. Vzhledem k tomu, že vnitřní odpor voltmetru byl rovněž $10\text{ M}\Omega$, tak polovina proudu procházela voltmetrem a polovina byla využita k měření napětí. Pomocí programu pod OS Linux jsme zaznamenávali data, která jsme následně zpracovávali.



Měření ionizačního potenciálu Neonu:

Nastavíme vysoké brzdicí napětí (30V). Je-li urychlující napětí dostatečně velké, elektron již nepřejde do další slupky, ale z atomu „vylétne“. Vlivem velkého brzdicího napětí nedolétne žádný elektron k anodě, ale vzniklé ionty, které mají opačný náboj a jsou tedy v brzdném poli naopak urychlovány, dolétnou a vytvoří iontový proud, který má oproti elektronovému záporné znaménko. V místě, kde iontový proud začne růst, je právě ionizační potenciál (viz. Graf závislosti iontového proudu na urychlujícím napětí).



4 Shrnutí

Z naměřených hodnot jsme zjistili hodnotu excitačního potenciálu pro neon.

	2.Excitační potenciál	3.Excitační potenciál	4.Excitační potenciál	Rozdíl excitačního potenciálu 2 a 3	Rozdíl excitačního potenciálu 3 a 4
1.měření	25,45V	40,57V	60,07V	15,12V	19,50V
2.měření	21,61V	40,57V	59,31V	18,96V	18,74V
Průměr rozdílů excitačních potenciálů:			18,08V		
3.měření	21,82V	40,22V	59,19V	18,40V	18,97V
4.měření	22,61V	42,08V	60,42V	19,47V	18,34V
Průměr rozdílů excitačních potenciálů:			18,80V		
Průměrná hodnota:		18,40V	$\pm 1,41V$		

Dále jsme zjistili hodnotu ionizačního potenciálu, která činí 22,23 eV.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. Za uspořádání Fyzikálního týdne, dále supervizorovi Davidu Tlustému za dobré rady při provádění pokusu a v neposlední řadě také sponzorům.

Reference:

[1] ŠPOLSKIJ, E. V.: *Atomová fyzika* Technicko – vědecké vydavatelství Praha, 1951

Millikanův experiment

Jan Hrnčíř, janhrncir@seznam.cz
Andrew Kozlik, ark11@quick.cz
Petra Malá, peta@matfyz.cz
Tomáš Kurka, mudr.kurkova@volny.cz

Abstrakt:

Millikanovým experimentem zjišťujeme velikost elementárního, dále nedělitelného, náboje. Principem je změřit rychlost malé nabitě olejové kapičky v kondenzátoru před a po připojení desek kondenzátoru ke zdroji elektrického napětí. Zjistili jsme, že elementární náboj má přibližně hodnotu $1,67 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

1. Úvod

Americký fyzik Robert Andrews Millikan studoval na Columbijské universitě v New Yorku. Byl velice činný člověk; zabýval se mimo jiné problémy molekulární fyziky, termofyziky, elektřiny a optiky. Těžištěm jeho zájmu však bylo měření elektrického náboje elektronu. Vyrobit speciální Millikanův kondenzátor, kterým měřil elektrické náboje malých olejových kapiček, a zjistil, že náboj elektronu je elementárním kvantem jakéhokoliv elektrického náboje. Věnoval se i měření Planckovy konstanty, kterou určil na základě měření frekvence a energie elektronu, přičemž vyšel z fotoelektrického efektu. Za oba tyto objevy získal v roce 1923 Nobelovu cenu.

Tezí Millikanovy metody je měření elektrického náboje olejových kapiček vstříkovaných mezi desky kondenzátoru. Olejové kapičky jsou nabíjeny při srážkách s ionty vzduchu. Pokud na kondenzátor není podáno napětí, budou se kapičky pohybovat vertikálně dolů pod vlivem tíže, vzlaku a odporu prostředí. Díky odporu prostředí se rychlost kapiček ustálí. Podáme-li na kondenzátor napětí, bude se táž kapička pohybovat vzhůru k opačně nabitě desce kondenzátoru, opět konstantní rychlostí. Změříme-li rychlost kapičky v obou případech, můžeme určit její náboj.

2. Vlastní měření

Uvažujme kapku o poloměru r a hmotnosti m , která padá pod vlivem gravitační síly. Kapku brzdí odporová síla popsána Stokesovým vzorcem $F_s = 6\pi\eta r v$ (η je dynamická viskozita vzduchu) a vztaková síla $F = m'g$. Rychlost kapičky se ustálí na hodnotě v_g . Pak výsledná síla bude

$$F_g = 0 = mg - m'g - 6\pi\eta r v_g. \quad (1)$$

Po přivedení elektrického napětí na desky kondenzátoru začne kapka stoupat a její rychlost se ustálí na hodnotě v_E , pak

$$F_E = 0 = qE - mg + m'g - 6\pi\eta r v_E. \quad (2)$$

Z toho plyne

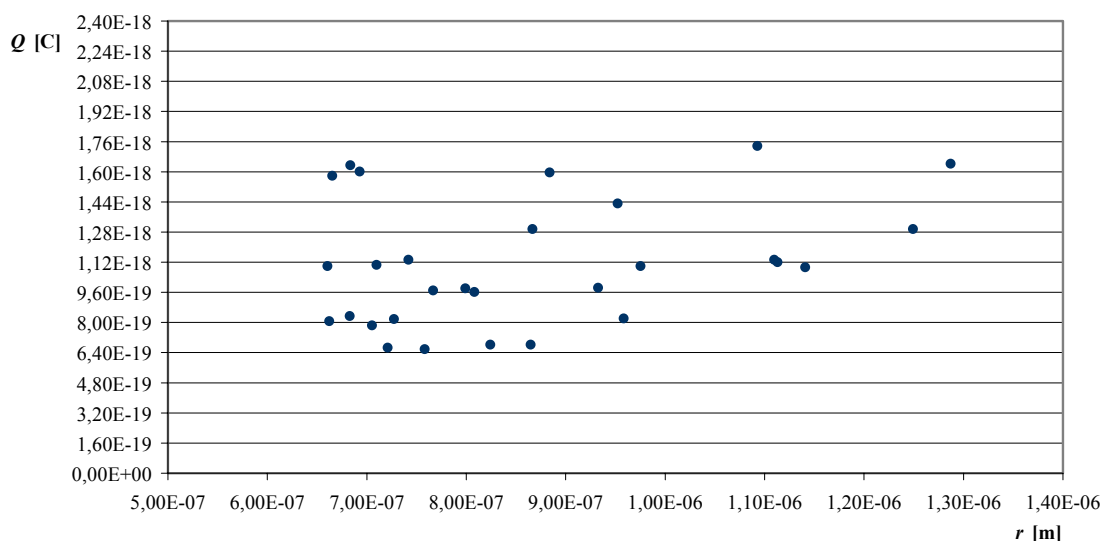
$$q = \frac{6\pi\eta r}{E} (v_g + v_E). \quad (3)$$

Jelikož je nesnadné změřit poloměr kapky přímo, vyjádříme jej z rovnice (1):

$$r = 3 \sqrt{\frac{\eta v_g}{2g(\sigma - \rho)}} \quad (4)$$

Velikost poloměru kapky r jsme dosadili do (3) a získali jsme tak hodnoty nábojů pozorovaných kapek. Tyto hodnoty jsme vynesli na graf a zjistili jsme, že náboje jednotlivých kapek jsou celočíselnými násobky čísla $1,6 \cdot 10^{-19}$.

Násobky elementárního náboje Q v závislosti na poloměru kapky oleje r



Z toho plyne, že

$$q_i = n_i \cdot e_i. \quad (5)$$

Nakonec jsme spočítali průměrnou hodnotu elementárního náboje ze vzorce

$$e = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{q_i}{n_i}}{k}, \quad (6)$$

kde k je počet měření.

Zdroje nepřesností

Stokesův vzorec je méně přesný pro kapky menších poloměrů, kapka nemá dokonale sférický tvar, při pohybu kapky může dojít k výměně elektronů mezi kapkou a okolím. Největším zdrojem chyb je lidská nepřesnost při měření rychlostí pohybu kapek.

3. Shrnutí

Experimentálně jsme zjistili, že hodnota elementárního náboje je

$$e = (1,67 \pm 0,08) \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

Naše experimentálně zjištěná hodnota se liší od tabelované hodnoty $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ o 3,82 %.

I když Millikanův experiment byl později různě zdokonalován, jeho přesnost není příliš vysoká. Jinou možnost, jak určit elementární náboj, poskytuje elektrolýza. Měřením proudu a doby můžeme určit náboj přenesený ionty v elektrolytu.

4. Poděkování

Závěrem bychom chtěli poděkovat našemu supervizoru Liboru Škodovi, Vojtovi Svobodovi a všem dalším organizátorům Fyzikálního týdne 2004 a především panu Robertu A. Millikanovi.

5. Reference:

- [1] I. Štoll: Elektřina a magnetismus – Millikanův experiment, ČVUT, 1998
- [2] Leybold: New Physics Leaflets for Colleges and Universities, Leybold didactic GMBH, 1986, strany 3.7.4-1
- [3] Phywe series of publications: University Laboratory Experiments PHYSICS, Phywe systeme GMBH, strany 5.1.01

Mikrovlny

Petr Bludský, Václav Šámal, Jakub Maňura, Simona Pelikánová
gym Pardubice, gym Říčany, SPŠE Mohelnice, gym prof. J. Patočky
spiketaildrake@seznam.cz

Abstrakt

Tento článek pojednává o fyzikálních vlastnostech elektromagnetického záření o frekvenci mikrovln. Ověřili jsme platnost fyzikálního popisu elektromagnetických vln pro mikrovlny. Jsou v něm shrnuty výsledky měření difrakce a polarizace mikrovln.

1 Úvod

Mikrovlny lze definovat jako elektromagnetické záření v rozsahu 300MHz – 300 GHz, které není normálně vidět. Mezi jejich vlastnosti lze zařadit např. odražení od kovových povrchů, čehož se užívá v mikrovlnné troubě, kdy máme vlny o délce 12.25 cm a vysoké frekvenci 2450 MHz. Mikrovlny procházejí sklem, plasty a papírem, a tak tyto materiály lze užít jako nádoby či obaly na potraviny. Vlny pronikají do potravin, které rozkmitají jejich molekuly, tím produkují teplotu, a tak stoupá celková teplota potraviny. Mikrovlny se používají v komunikacích (mobily, internet) ve spotřebním průmyslu (mikrovlnná trouba) či na jejich bázi fungují radary.

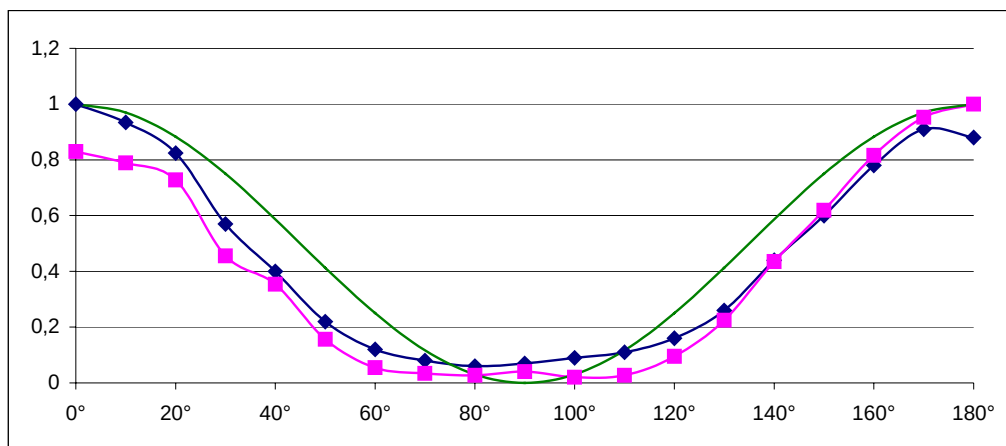
Vlnová délka : 0.03mm – 3m

Frekvence : $3 \cdot 10^8 - 10^{13}$ Hz

2 Malusův zákon

Některé materiály, které se skládají z rovnoběžných tenkých dlouhých krystalů nebo molekul, propouštějí jen světlo polarizované v jistém směru. Vlny, jejichž elektrická složka kmitá ve směru rovnoběžném s krystaly či molekulami, se přemění na elektrický proud a posléze, díky elektrickému odporu, na teplo. Protože mezi krystaly nebo molekulami jsou nevodivé mezery, ve směru na ně kolmém proud nevzniká a vlny v tomto směru kmitající materiálem projdou. Propuštěné světlo je polarizované ve směru kolmém na směr krystalů či molekul. Část světla kmitajícího pod úhlem x vzhledem ke směru krystalů či molekul, kterou materiál propustí, je daná Malusovým zákonem :

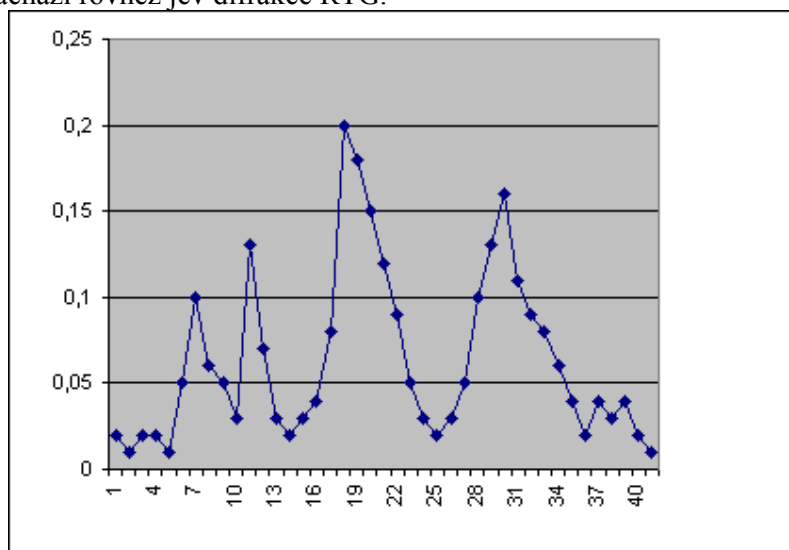
$$I = I_0(\cos x)^2$$



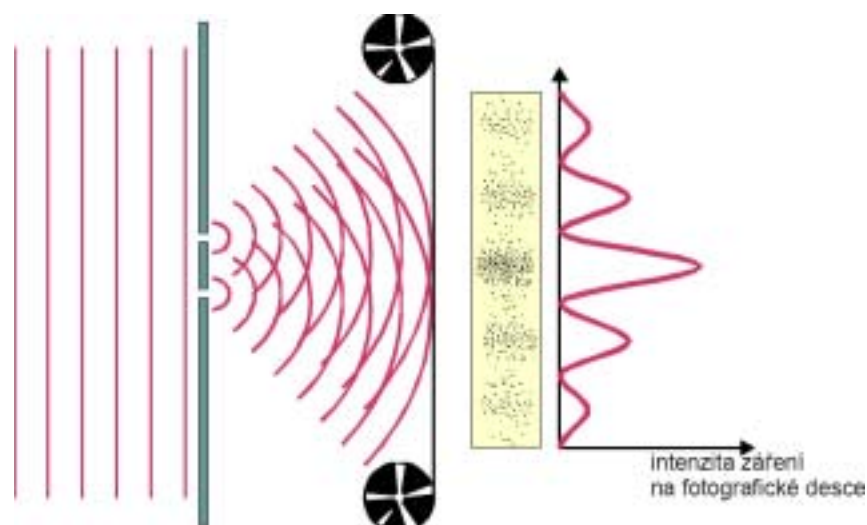
Obrázek 1 – Malusův zákon

3 Difrakce

Difrakce, neboli ohyb elektromagnetického záření, je jev, ke kterému dochází při jeho šíření v blízkém okolí překážky a jehož důsledky můžeme pozorovat v prostoru za překážkou. Tento jev je spojen s vlnovou povahou záření, která způsobuje z pohledu klasické geometrické fyziky jeho naprosto abnormální chování. Příčinou nového zájmu o tento jev a o nové způsoby jeho využití zejména v oblasti optiky byl objev jiný, a to objev laseru. Značného užití nachází rovněž jev difrakce RTG.



Obrázek 2 – Graf difrakce



Obrázek 3 - Difrakce

4 Absorbce

Měřeny reakce mikrovln při dopadu na různé povrchy :

Odrážejí	Pohlcují	Nechají projít
Grafit	Voda	Dřevo
Ocelový plíšek	Ruka	Látka
	Láh v silné vrstvě papíru	Plasty
		Papír
		Sklo

5 Shrnutí

Průběh měření byl narušován mnoha vnějšími vlivy, jako např. signál mobilních telefonů apod. Přesto věříme, že se nám podařilo dosáhnout optimálních výsledků.

Poděkování

Vojtu Kyselovi za ... všechno

Fakultě za organizaci Fyz. týdne.

Reference:

- [1] Radka T.: Polarizační filtry <http://www.paladix.cz/rs/clanek.php?aid=10021&sid=42>
- [2] leia@centrum.cz Difrakce <HTTP://MUJWEB.CZ/VEDA/DIFRAKCE/>
- [3] R. Reisnick a spol. Fyzika – část 4 (Elektromagnetické vlny – Optika - Relativita)

Chaotická dynamika

M. Hudeček, SOŠ Strážnice, hudecek@centrum.cz

P. Bauch, Gymnázium Hustopeče, hydergine@seznam.cz

O. Červený, Gymnázium Plasy, comodor_falkon@seznam.cz

Č. Jirsák, Gymnázium F.X. Šaldy Liberec, cenda.jirsak@seznam.cz

V. Procházka, Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno, v.proch@email.cz

Abstrakt:

Naše skupina se zabývala studiem a rozpoznáváním chaotických systémů a podmínek, za kterých se z regulérního systému stane systém neregulérní (nepředvídatelný). Zvláštností chaosu je možnost aplikovat tyto poznatky na zdánlivě nesouvisející systémy – růst populace živočichů, průběh dopravní zácpy aj. Ke snadnějšímu hledání pravidelností v chaosu slouží diagramy ve fázovém prostoru, které jsme při zkoumání využívali.

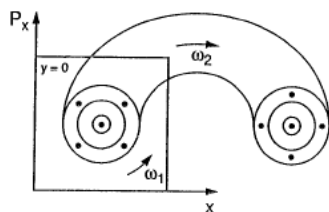
1 Úvod

Při zkoumání různých systémů z hlediska regulérnosti jsme určovali, zda je systém čistě regulérní (harmonický oscilátor), částečně chaotický (za jistých podmínek se chová regulérně, za jiných chaoticky – např. dvojité kyvadlo) či čistě chaotický (vývoj reálné populace). Naším cílem bylo také určit podmínky, při kterých se systém chová chaoticky nebo regulérně.

Využívali jsme programů pro simulaci takovýchto systémů – Double Pendulum, Billiard a Famulus, které umožňují vytvářet diagramy ve fázovém prostoru.

2 Pojmy

Pro zkoumání systémů z hlediska předvídatelnosti je nutné využít tzv. fázový prostor. Nezobrazuje obvyklou časovou závislost, ale závislost hybnosti (při konstantní hmotnosti jen rychlosti) na proměnné vyjadřující polohu (může to být výchylka, vzdálenost od počátku, poloha na kružnici ...).



Počet rozměrů fázového prostoru není omezen. Je závislý na počtu proměnných, které se ve vztahu vyjadřujícím chování systému vyskytují. Více než trojrozměrné prostory se vymykají jak naší představivosti, tak i možnostem výpočetní techniky a nelze je tedy zobrazit standardním způsobem. Pro tyto případy se využívá tzv. Poincarého řezu.

Jedná se o dvourozměrný řez fázovým prostorem. Podobně jako ve fázovém prostoru lze pozorovat oblasti chaotické i regulérní.

3 Vývoj populace – program Famulus

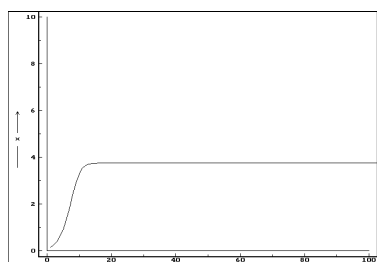
Příkladem modelu, který může být chaotický i regulérní, je vývoj populace živočichů. Na tomto abstraktním modelu můžeme demonstrovat, že i jednoduchá rovnice může definovat chaotické chování systému.

Využijeme známý příklad s populací králíků (Na druhu zvířete absolutně nezáleží. Stejně tak lze rovnici použít pro populaci tučňáků nebo šíření epidemií.).

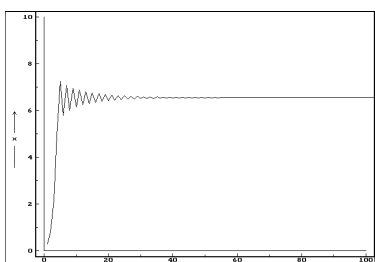
Vycházíme z předpokladu, že každý rok přibude určité procento populace. Populace roste, avšak časem musí dosáhnout maxima. To je způsobeno omezeným životním prostorem, množstvím potravy apod. Grafy znázorňují časovou závislost velikosti populace pro různé hodnoty koeficientu a .

$$x_{n+1} = a \cdot x_n \cdot (1 - x_n / x_{\max})$$

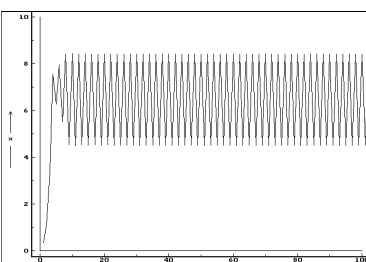
x_n ... velikost populace v minulém roce
 a ... konstanta určující rychlost reprodukce
 $x_{\max}$... maximální velikost populace



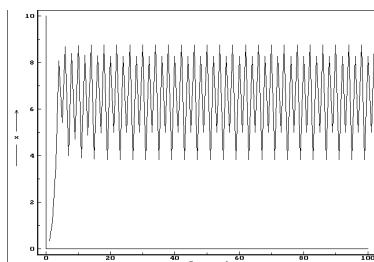
$a = 1,6$



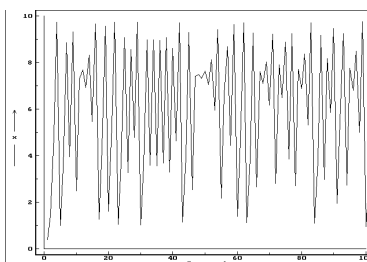
$a = 2,8$



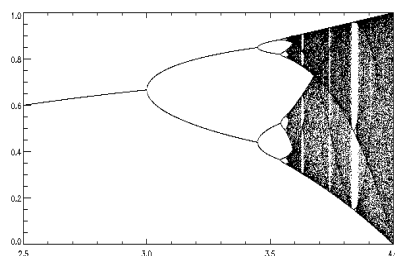
$a = 3,4$



$a = 3,5$



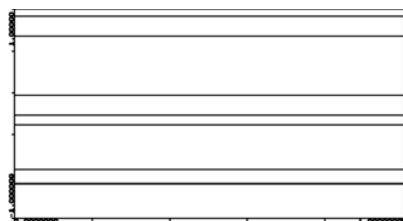
$a = 3,9$



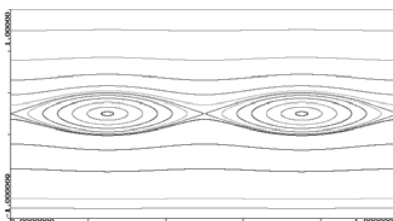
Z grafů vyplývá, že pro malé hodnoty koeficientu a populace dosáhne určité hodnoty a dál se nemění ($a=1,6$). Při zvyšování koeficientu populace kolísá, ale po čase se opět ustálí na jedné hodnotě ($a=2,8$). Pro ještě vyšší koeficienty populace kolísá mezi dvěma hodnotami ($a=3,4$), později čtyřmi ($a=3,5$) atd. až nastane chaos ($a=3,9$) - viz. obrázek vlevo. Tento jev nazýváme bifurkací. Lze říci, že zvyšováním koeficientu dosahujeme vyšší složitosti systému. Přesto během dalšího zvyšování narazíme na oblasti, kde se růst populace podobá růstu při nízkých hodnotách.

4 Billiard

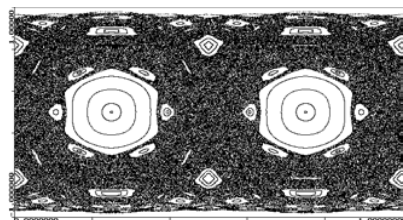
Dalším příkladem vhodným k demonstraci chaosu je zidealizovaný „kulečnick“. Koule se odráží od stěn stolu a do fázového prostoru vynášíme na vodorovnou osu místo odrazu (definované pomocí úhlu) a na svislou úhel odrazu. Pro různé tvary stolů dostáváme různé fázové diagramy. Křivky vyznačují regulérní oblasti a roztroušené body chaosu.



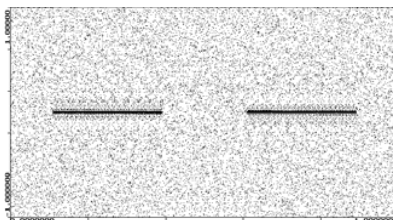
kruh



elipsa



oval



stadion

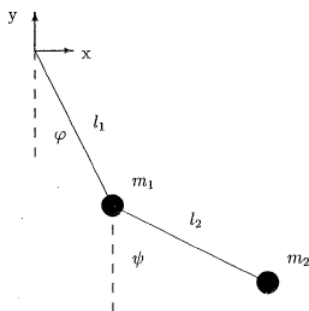
U kruhového stolu je úhel stále stejný.

U elipsy se úhly mění, ale stále se jedná o regulérní pohyb.

U oválu se již objevuje chaos s občasnými oblastmi regularity.

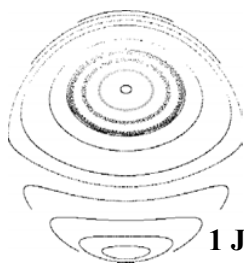
U stadionu je pohyb chaotický s dvěma výjimkami, které reprezentují kuličku odrážející se od rovných okrajů stolu.

5 Dvojitě kyvadlo

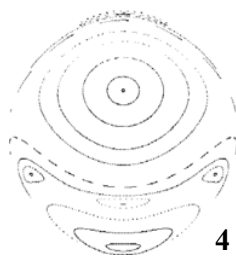


Jedním ze systémů vykazujících jak chaotické, tak regulérní chování je dvojitě kyvadlo. Kvůli počtu proměnných musíme použít Poincarého řez. K tomu nám poslouží program Double Pendulum. Před simulací stanovíme hodnotu celkové energie. Tuto energii při každém dalším pokusu zvýšíme a pozorujeme výsledek.

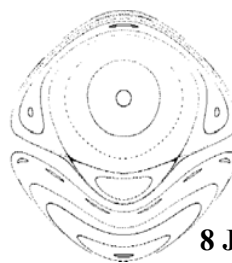
Jak je patrné z diagramů, při nízké energii (vzhledem k délce kyvadla a jeho hmotnosti) je chování kyvadla víceméně regulární (na diagramu křivky). Se vzrůstající energií systému dochází k nárůstu chaotických oblastí (na diagramu roztroušené body) až se systém jeví téměř jako čistě chaotický ($E_t = 50$ J). Při dalším zvyšování ale zjišťujeme, že se nepravidelně objevují ($E_t = 120$ J) a zase mizí oblasti regulérnosti.



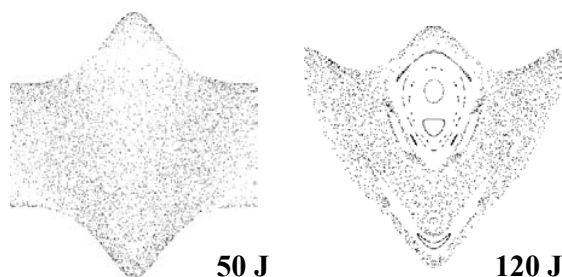
1 J



4 J



8 J



6 Shrnutí

Zjistili jsme, že chaotické systémy lze matematicky modelovat, ale díky tzv. motýlímu efektu (vysoké citlivosti chování systému na počáteční podmínkách) je nelze předpovídat. Nelze se tedy ani zpětně dopočítat k výchozím podmínkám, známe-li výsledek. Příčinou je všudypřítomná aproximace ve výpočtech i nepřesnosti v měření. Z fázových diagramů a Poincarého řezů lze však vyzorovat, přibližně při jakých podmínkách bude systém předvídatelný nebo chaotický.

Poděkování

Za konzultace našemu supervizorovi Ing. Petru Luftovi a Ing. Vojtěchu Svobodovi.

Reference:

1. GLEICK, J. : *Chaos: Vznik nové vědy*, Ando Publishing, 1996
2. KORSCH H.J. – JODL H.-J.: *Chaos: A program collection for the PC*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994

Spektrometrie gama záření

J. Pátek, Gymnázium Kladno, jindra.patek@c-box.cz

Z. Prokopová, Gymnázium Třebíč, prokops@quick.cz

M. Boštíková, Gymnázium A. Jiráska Litomyšl, majamy@seznam.cz

P. Horálek, Tech. lyceum Pardubice, horalek.petr@seznam.cz

Supervisor: J. Novotný, FJFI ČVUT Praha, hanss@uquark.fjfi.cvut.cz

Abstrakt

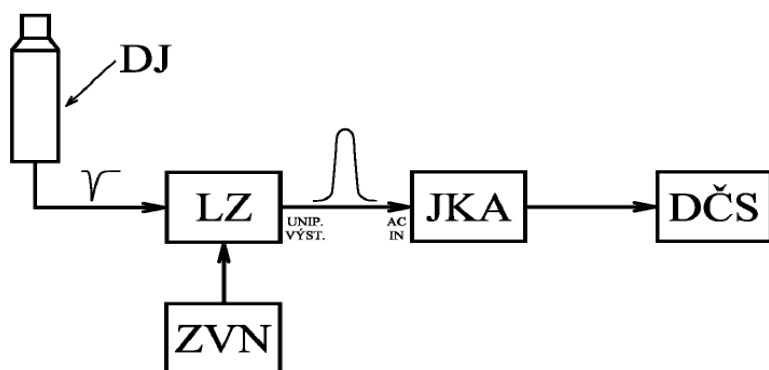
V průběhu naší práce jsme se zabývali měřením spekter záření určitých gama zářičů. Ty vyzařují elektromagnetické záření o určité energii, která se dá pomocí analyzátoru a počítače změřit. Zkoumali jsme záření radionuklidů cesia ^{137}Cs a kobaltu ^{60}Co . Dále jsme se pokusili o identifikaci neznámého radionuklidu právě pomocí spektrometrie. Sekundární práce probíhali při měření dosahu alfa záření v plynu a při zjišťování vlastností β záření.

Úvod

Spektrometrie je analyzační metoda, pomocí které se dají identifikovat různé radioaktivní prvky díky rozboru jejich záření z hlediska energetického. Každý prvek má jistou charakteristiku svého rozpadu. Při něm se uvolňuje energie ve formě záření ať už alfa, beta či gama. U každého z těchto záření se dá zjistit energie daných částic pomocí určitých metod.

Spektrometrie gama

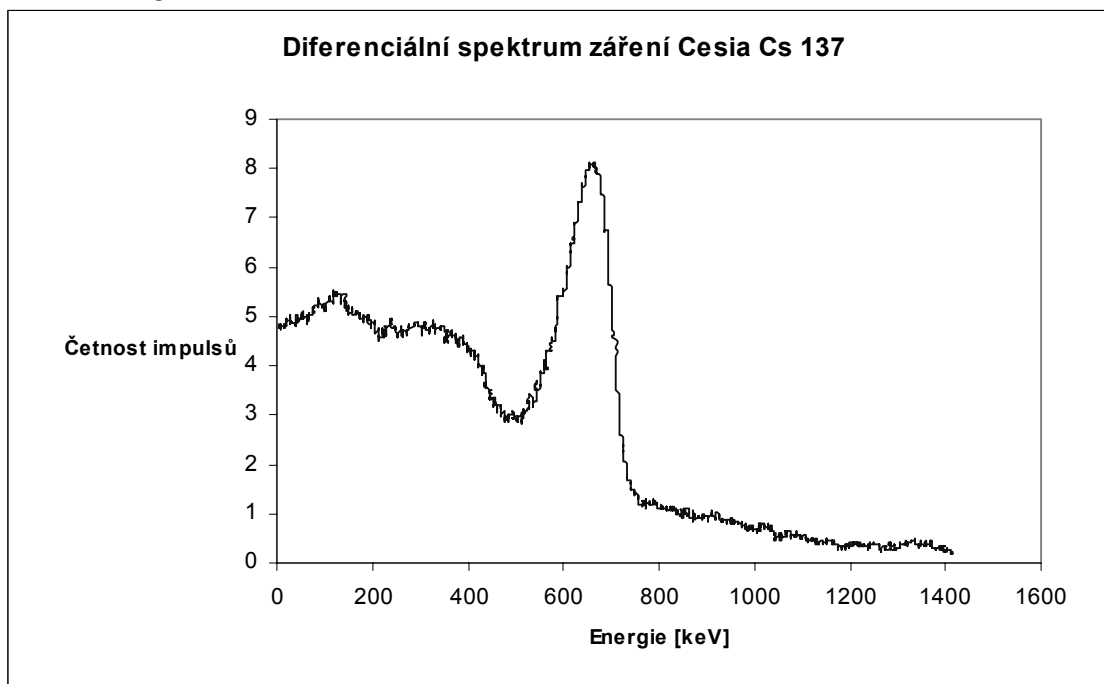
U této metody se využívá gama rozpad radionuklidů. Energie emitovaných fotonů mají čárové spektrum. Využívá se speciální aparatury, která se skládá ze scintilačního detektoru, lineárního zesilovače, jednokanálového analyzátoru a počítače.



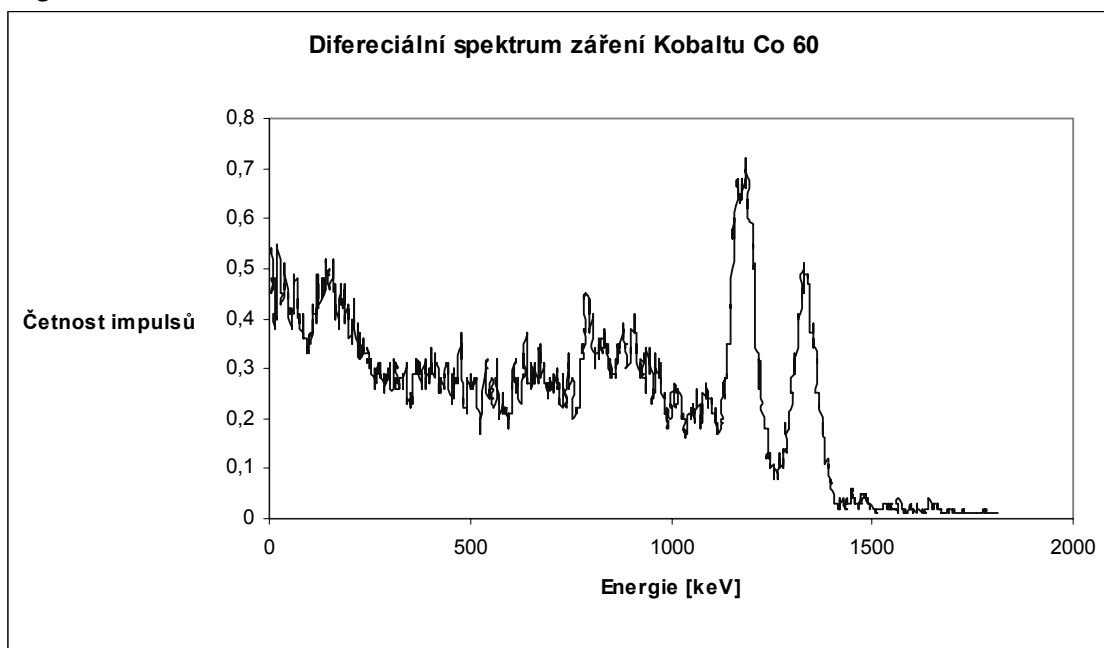
Celý spektroskop pracuje tak, že ionizační částice (v našem případě γ foton) vletne do scintilátoru, kde interaguje s prostředím třemi způsoby (fotoefekt, Comptonův rozptyl, tvorba elektron-pozitronového páru) a způsobí změnu elektrického potenciálu, která je detekována, zesílena a ve formě elektrického signálu zapisována.

Postup

Po sestavení a pečlivé přípravě aparatury jsme přešli k samotnému měření. Nejprve jsme zkoumali vzorek cesia. Umístili jsme jej na scintilační detektor, který zaznamenal počet impulsů při daných amplitudách napětí, neboli počet fotonů dopadnuvších do reakčního prostředí a způsobivších změnu napětí. Ta byla pomocí voltmetrů a počítače zaznamenána a zanesena do grafu.

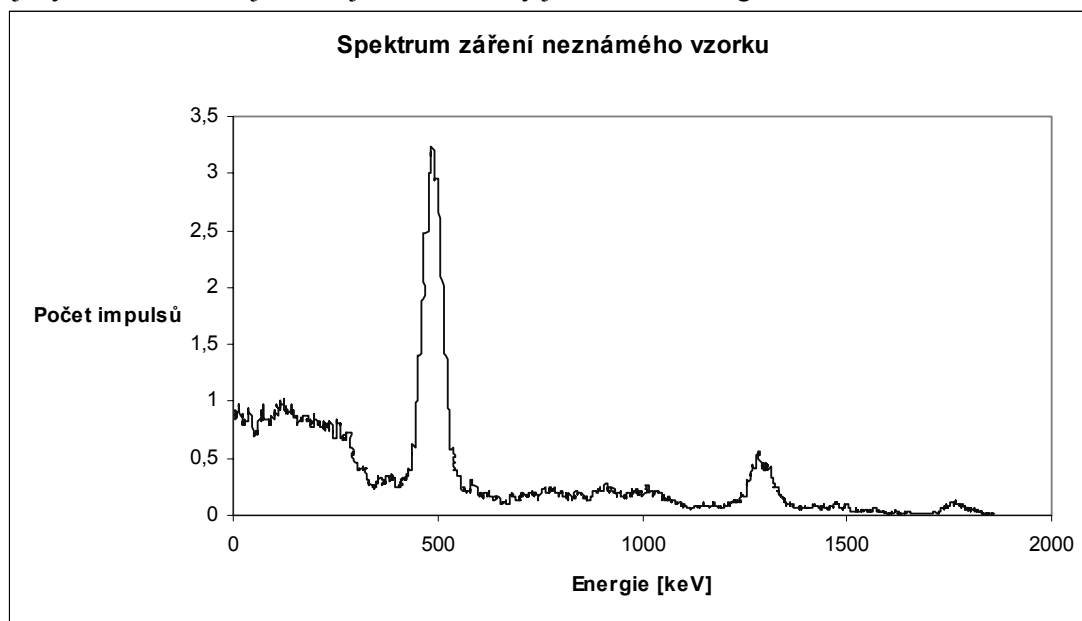


Tento postup jsme opakovali i při analýze kobaltu. Opět jsme zjištěné hodnoty zanesli do grafu.



Ve spektru záření cesia 137 je patrný peak gama rozpadu s energií 661,5 keV.
 Ve spektru záření kobaltu 60 jsou patrné peaky dva, odpovídající dvěma typům rozpadu jádra.
 Jeden s energií 1173,2 keV a druhý 1332,5 keV.
 Tato dvě spektra jsme použili pro kalibraci přístrojů aparatury, tj. přiřazení amplitudám napětí konkrétní hodnoty energie zachycených částic.

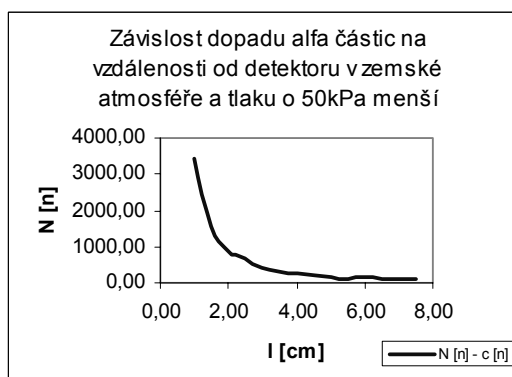
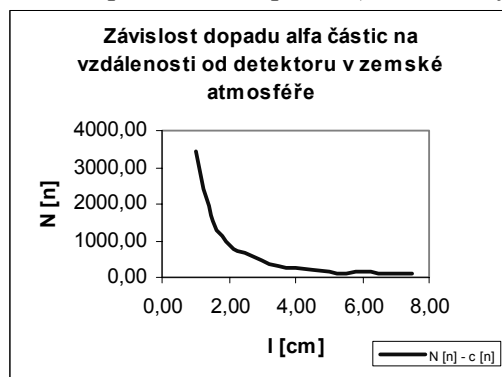
V další části jsme se pokusili identifikovat neznámý gama zářič. Provedli jsme tedy spektrometrické měření radioaktivního záření tohoto prvku. Porovnáním nejvýraznějších energetických hodnot s katalogizovanými měřeními bychom měli být teoreticky schopni určit o jaký radionuklid se jedná. Zjištěné hodnoty jsme zanesli do grafu.



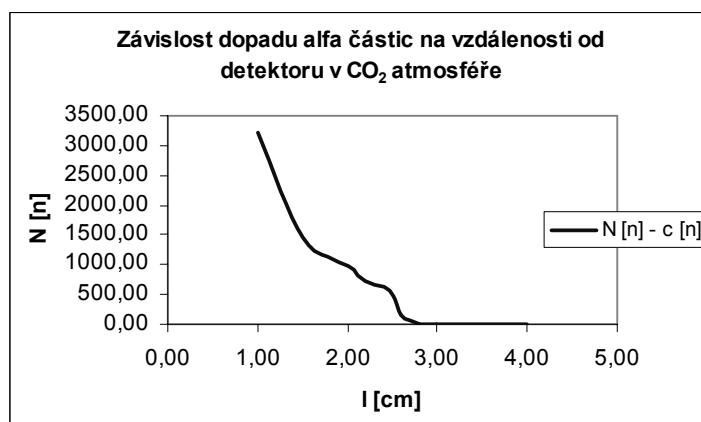
V tomto grafu jsme našli dva výrazné peaky. Jeden o hodnotě 482,97 keV a druhý 1284,07 keV. Po porovnání s tabulkami jsme dospěli k závěru, že daný prvek je izotop sodíku ^{22}Na o energetických hodnotách záření 511,0 a 1274,5, což téměř odpovídá.

Alfa záření

Alfa částice, jádra atomu ^4He , jsou těžké, kladně nabitě částice. Zkoumali jsme jejich dosah v látce pomocí zdroje alfa částic, jehož zářičem bylo ^{241}Am . Alfa částice interagují s elektrony atomů plynu, ale to směr jejich dráhy skoro nezmění (elektrony jsou oproti alfa částicím příliš lehké a pomalé). Částice vyzářené zdrojem doletí tedy přímočaře na detektor.



Registrační přístroj spočítá impulsy způsobené dopadem alfa částic za daný časový interval. Při měření jsme si ověřili, že dosah alfa částic je velmi krátký - několik cm, ale mění se v závislosti na tlaku i druhu plynu. Při nižším tlaku mají částice alfa větší dosah.



Beta záření

Beta částice vznikají rozpadem neutronu v jádře atomu. Spektrum beta záření není čárové, ale spojitě, a proto ho nemůžeme využít pro spektrometrii. Pomocí GABESetu jsme zkoumali průchod tohoto záření různými materiály.

Zjistili jsme, že textil (košile) zadrží 10% záření beta; vrstva laku 25%; 0,3mm Al 35%; 1mm Al 78,5%; 0,25mm Cu 75,5%; 1,5mm Cu 96% a 0,1mm Pb 71,5%. Ze zkoumání plyne, že olovo je asi 7x spolehlivější než košile.

Shrnutí

Výsledky, ke kterým jsme zázrakem došli, se téměř shodují s hodnotami tabulkovými. A to by asi tak stačilo... a to je konec...

Poděkování

Děkujeme...

Resonanční jevy na mechanických a elektrických systémech

A. Bárek – Gymnázium Havlíčkův Brod

M. Pastelák – Gymnázium Broumov

T. Vojtek – Gymnázium Havířov

O. Jakubov – Gymnázium F.X. Šaldy

Supervisor: Ibrahima Ndiaye

Abstrakt:

Pozorovali jsme a porovnávali rezonanční jevy v elektrických a mechanických systémech. Tyto jevy se velmi často vyskytují v přírodě a v mnoha technických oborech. Výsledkem našeho bádání bylo zjištění vlastností elektrických RLC obvodů a mechanických vlastností dvou pružin o různých tuhostech, jejichž rezonanční křivky jsou uvedeny v grafech.

1 Úvod

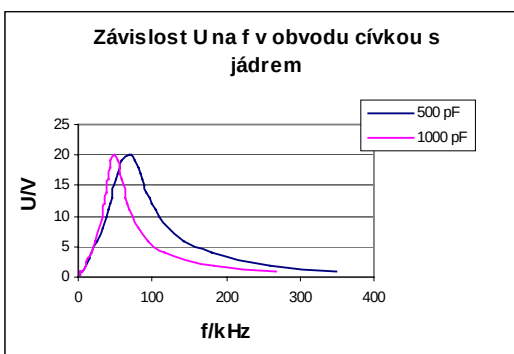
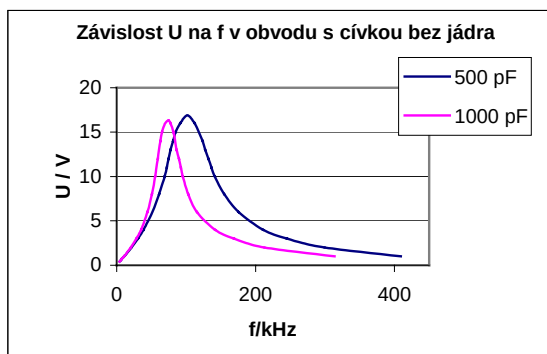
Mechanická i elektrická resonance se vyznačuje shodou frekvence vlastních kmitů mechanické konstrukce či RLC obvodů s frekvencí kmitání generovaného nějakým budícím zdrojem. Existuje-li mezi tímto zdrojem a rezonančním systémem vazba přenášející generované budící kmitů, je systém uveden do rezonančního kmitání. Mění-li se frekvence budících kmitů v širším frekvenčním rozsahu, existuje stálý poměr budících a tzv. vynucených kmitů v systému mimo interval frekvencí. V něm se kmitání zvětšuje až do frekvence rezonanční a pak opět klesá na úroveň kmitů vynucených. Velikost rezonančního kmitání je omezena tlumením systému.

2 Rezonance na obvodech RLC

K pokusům, které jsme prováděli jsme použily přístroje s paralelním zapojením a to 1 generátor s funkcí GoldStar F6-8002, čítač LG FG-7002C, Digitální osciloskop XJ 4210A, Odporovou dekádu s 2 vinutími, kondenzátor TESLA (tm)-330-C-č.1048.

Zkoumali jsme chování celého obvodu a rezonančních křivek. Při našem bádání jsme

vycházeli ze vztahu $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, Kde f_r je rezonanční frekvence.



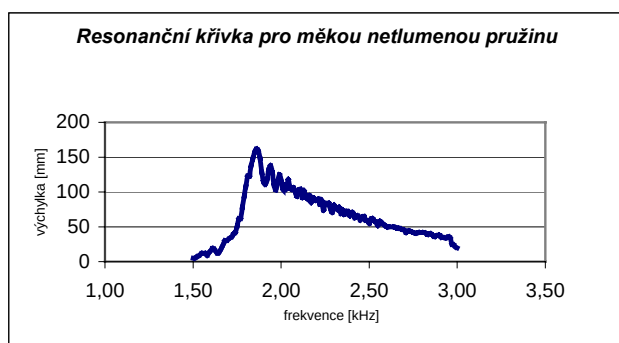
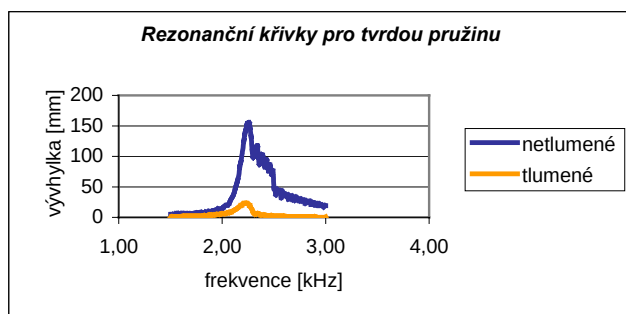
L = 4,45 mH	
C ₁ = 500 pF	f ₁ = 106,7 kHz
C ₂ = 1000 pF	f ₂ = 75,4 kHz

L = 10,1 mH	
C ₁ = 500 pF	f ₁ = 70,8 kHz
C ₂ = 1000 pF	f ₂ = 50,1 kHz

Z grafů je pozorovatelné, jaký vliv má jádro v cívce. Jádro vyvolává rezonanci, ke které dochází při nižších frekvencích.

3 Resonance mechanického oscilátoru

K pokusům jsme používali dvě pružiny o různých tuhostech. $K_1 = 9,339 \text{ Nm}^{-1}$ a $K_2 = 6,310 \text{ Nm}^{-1}$. K nucenému kmitání jsme použily mechanický vibrátor SF-9324 a měnili jsme postupně frekvenci od 1,5 Hz do 3 Hz.



Z grafy je zřejmé, že při vyšší tuhosti je vyšší amplituda a při tlumení Foucaultovými proudy je zřetelně nižší.

4 Shrnutí

Badatelským a experimentálním měřením jsme ověřili s poměrně malou odchylkou ověřili teoretické výpočty a také jsme ověřili analogii na elektrických a mechanických systémech. Podobnost těchto vlastností je zřejmá z tab.1.

5 Poděkování

V první řadě bychom rádi poděkovali Ibrahimovi Ndiayovi, dále za podporu a poskytnutí technického zázemí FJFI ČVUT Praha, především vedoucímu FT 2004 Ing. Vojtěchovi Svobodovi, CSc. (KF FJFI ČVUT).

6 Reference

- [1] SVOBODA, E. a kolektiv: Pokusy z fyziky, Prometeus Praha 1999
- [2] Feynman, R. :Feymenovy přednášky z fyziky, Fragment, Havlíčkův Brod 2001
- [3] Kolektiv autorů, Sborník příspěvků, Praha 2003

Základní experimenty s lasery

Michal Hohn, SPŠE Mohelnice
František Straka, Gymnázium L. Pika, Plzeň
Vlastislav Trunda, Gymnázium Jiřího Wolker, Prostějov
Miroslav Žůrek, Masarykovo gymnázium Vsetín

Abstrakt:

V naší práci jsme se zaměřili na základní jevy a pokusy s rovnoběžným polarizovaným svazkem světla - laserem. Kromě toho bylo ještě cílem naší práce změřit mřížkovou konstantu CD-nosiče a alespoň se pokusit o výpočet celkové délky zapisovací stopy tohoto disku.

1 Úvod

Chceme se pokusit změřit vlnovou délku světla Ne-He laseru. K tomu využijeme interferenčního jevu na štěrbině.

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

2 Výsledky pokusů

▪ Měření vlnové délky Ne - He laseru

Vlnovou délku Ne – He laseru jsme měřili takto: Laserový paprsek jsme nasměrovali na štěrbinu s proměnnou šířkou mezery a dostali jsme interferenční obrazec. Změřili jsme vzdálenosti jeho minima od středu hlavního maxima a pomocí vzorce:

$$\lambda = \frac{a \cdot \sin(\arctg \frac{h}{l})}{k + \frac{1}{2}}$$

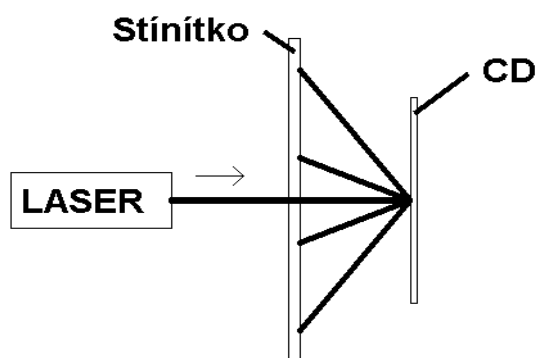
kde: λ - je vlnová délka,
 a - je šířka štěrbin,
 h - vzdálenost minima od středu hlavního maxima,
 l - vzdálenost štěrbin od stínítka a
 k - řád minima – celé číslo (nabývá hodnoty 1 pro 1.min., 2 pro 2.min. atd.)

Naměřili jsme tyto hodnoty

	2. Minimum	1. Minimum	Hl. maximum	1. Minimum	2. Minimum
Poloha minima ke středu obrazce (cm)	2,495		1,22	1,225	2,425
Vlnová délka laseru (nm)	864,0		704,2	707,1	839,8

▪ Měření vlastností CD - nosiče

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



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

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

kde: m – mřížková konstanta,

h – vzdálenost dílčího maxima od hlavního,

l – vzdálenost kompaktního disku od stínítka,

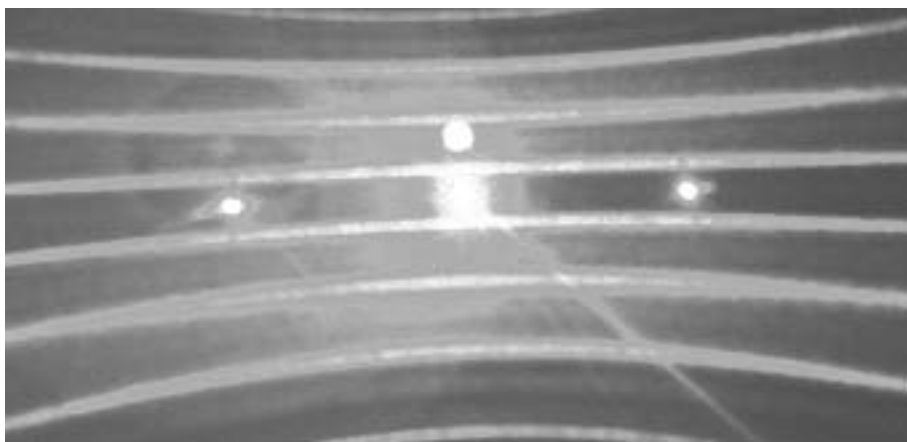
ostatní veličiny jsou značeny stejně jako v předcházejícím případě.

Z naměřených hodnot jsme výpočtem získali tyto výsledky:

CD-R (650MB)

	2. Horní max.	1. Horní max.	1.Spodní max.	2.Spodní max.
Vzdálenost od hlavního maxima (cm)	29,5	8,4	8,7	30,9
Mřížková konsta (cm ⁻¹)	1512,9	1586,2	1540,3	1492,6

Zajímavosti:



Zajímavý obraz, který vznikl po dopadu laseru na CD s drivey od firmy MSI.

Ještě bychom rádi uvedli náš pokus o určení celkové délky stopy záznamu na CD ROM. Udělali jsme aproximaci spirálové stopy množinou kružnic daných tímto vzorcem:

$$l = \frac{m(R^2 - r^2)}{2}$$

kde: l – celková délka stopy,

m – naměřená mřížková konstanta (tj. šířka stopy),

R – vnější poloměr datové oblasti CD,

r – vnitřní poloměr datové oblasti CD.

Výpočtem jsme získali tyto hodnoty:

Celková délka stopy (m)	239,4	228,3	232,5	225,3
Průměrná délka stopy (m)	231,4			
Délka připadající na bit (nm)	44			

3 Shrnutí

Při našem měření jsme využívali znalostí o vlastnostech světla. Při měření vlnové délky Ne–He laseru jsme využili interference - ohybu světla na úzké (řádově desetiny milimetru široké) proměnné štěrbině. Vzhledem k náročnosti na přesnost všech veličin, které hrají obrovskou roli je průměrná hodnota vlnové délky laseru $\lambda = 778$ nm docela úspěch.

Měřením mřížkové konstanty jsme získali údaj $m = 1533$ vrypů na cm, který by přibližně odpovídal hodnotám naměřeným pracech ze kterých jsme čerpali.

Poděkování

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

Reference:

- [1] LEPIL, O. – KUPKA, Z.: *Fyzika pro gymnázia – Optika*, Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1993, str. 28-50
- [2] HORÁK, Z. – KRUPKA, F.: *Technická fyzika*, Státní nakladatelství technické literatury, 1961, str. 1212 – 1213
- [3] Tomáš Nedvěd - http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/a_papers/vyuka/tom.nedved/html.verze/Nez_zacneme/nez_zacneme.html

Měření rychlosti světla

L. Hermann – Gymnázium Dr. J. Pekaře Mladá Boleslav

Z. Šeneklová – Gymnázium Jihlava

J. Novák – SPŠ elektrotechnická Pardubice

Lukas.Hermann@seznam.cz, jjj.novak@seznam.cz

Abstrakt:

Měření rychlosti světla dokazuje pravost jedné z nejdůležitějších konstant. Během několika málo hodin je možno dokázat to, co vědcům lámalo hlavu po celá století. Jeden pokus provádíme moderní technologií laserů a přesných měřidel frekvence, takže se jím podaří prověřit tuto konstantu s odchylkou desetiny procenta. Druhý pokus probíhá s pomocí mikrovlnné trouby - je méně přesný, ale mnohem rychlejší.

1 Úvod

Měření rychlosti světla dlouhou dobu bylo, a stále je velmi diskutovanou otázkou. Základním problémem se stalo, zda je rychlost světla konečná či nekonečná. Názory se různily, ale nakonec zvítězil první názor.

Metodami měření rychlosti světla se zabývali mnozí. Jedním z prvních byl výborný italský fyzik Galileo, který navrhl v roce 1607 jednoduchou metodu. Dva lidé, A a B, stojí na kopcích vzdálených asi míli. Každý má lampu. A vyšle světlo k B. Jakmile B spatří světlo přicházející od A, vyšle své světlo zpět k A. Rychlost světla dostaneme, vydělíme-li dvojnásobek vzdálenosti kopců dobou od vyslání světla z A a spatřením světla v B.

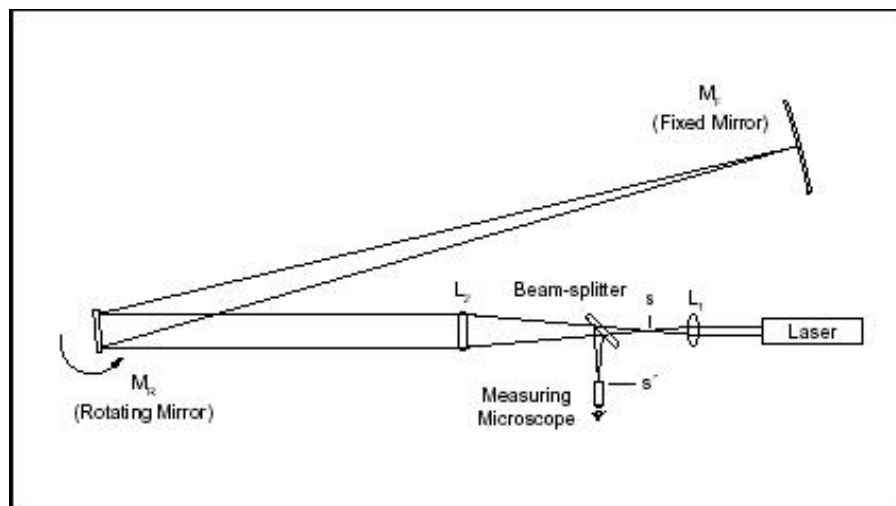
Další významný krok učinil dánský astronom Olaf Römer, který se zabýval pozorováním Jupiterových měsíců. Zjistil, že intervaly mezi zatměními některého Jupiterova měsíce stínem planety byly menší, když se Země Jupiteru přibližovala, a zvětšovaly se, když se Země od Jupitera vzdalovala. Podle Römera je za tento jev odpovědná doba, kterou potřebuje světlo při postupu prostorem, a lze jej vysvětlit na základě Dopplerova jevu. Z pozorování zatmění jednoho z Jupiterových měsíců dospěl roku 1675 k závěru, že rychlost světla je konečná a činí: $c = 214\,300 \text{ km/s}$.

Rychlost světla pozemskou metodou zjistil jako první r. 1849 A. Fizeau, jehož metoda byla analogická jednoduché metodě Galileově, z níž však odstranil subjektivní prvky: pozorovatele B nahradil zrcadlem a místo clony ovládané ručně použil otáčející se ozubené kolo, které světlo postupující mezi zuby kola střídavě propouštělo a zadržovalo. Došel k závěru, že $c = (313\,275 \pm 300) \text{ km/s}$.

Druhou pozemskou metodou pro rychlost světla je metoda rotujícího zrcátka, kterou r. 1838 navrhl Arago a realizoval ji r. 1850 Foucault. Později tuto metodu přepracoval a dovedl k dokonalosti Michelson. Jeho nejpresnějším výsledkem byla hodnota $299\,774 \text{ km/s}$.

2 Foucaultova metoda

K našemu experimentu jsme použili poslední zmiňovanou metodu s rotujícím zrcátkem. Zde je zobrazeno schéma celého přístroje:



Rovnoběžný paprsek vycházející z laseru je zaměřen čočkou L_1 do ohniska s , odkud díky čočce L_2 přichází k rotujícímu zrcátku M_R , pak se paprsek zaměří na statické zrcátko M_F . Tam se paprsek odrazí zpět do rotujícího zrcátka a je zaměřen zpět do ohniska s . Díky zrcátku pod mikroskopem můžeme přímo v ohnisku s' , které se nachází přímo v okuláru mikroskopu, sledovat vrácený paprsek.

Při roztočení zrcátka M_R vysokou rychlostí se už paprsek nevrátí do bodů s a s' , protože paprsek vracující se ze zrcátka M_F se odrazí od zrcátka M_R , které už je ale o nepatrný úhel pootočeno. To způsobí, že paprsek se vrátí do určitého místa, když se zrcátko otáčí po směru hodinových ručiček (f_1), a do jiného místa, když se zrcátko otáčí proti směru hodinových ručiček (f_2).

Ze vzdálenosti mezi těmito místy ($\Delta s'$), součtu frekvencí otáčení zrcátka ($f=f_1+f_2$), ohniskové vzdálenosti L_1 odečtené od vzdálenosti mezi oběma čočkami (A), vzdálenosti B mezi čočkou L_2 a rotujícím zrcátkem M_R a vzdálenosti D mezi rotujícím (M_R) a statickým (M_F) zrcátkem vypočteme rychlost světla c podle vzorce:

$$c = \frac{8\pi AD^2 f}{(D + B)\Delta s'}$$

Zde je tabulka naměřených hodnot a výsledné rychlosti světla:

$A[m]$	č.	$f_1[s^{-1}]$	$f_2[s^{-1}]$	$f[s^{-1}]$	$s'_1[m]$	$s'_2[m]$	$\Delta s'[m]$	$c[m.s^{-1}]$
0,263	1	760	698	1458	0,01202	0,01230	0,00028	293 381 150
$B[m]$	2	811	814	1625	0,01235	0,01202	0,00033	277 441 960
0,475	3	1069	1062	2131	0,01198	0,01238	0,00040	300 162 320
$D[m]$	4	1380	1410	2790	0,01245	0,01193	0,00052	302 296 820
8,975								

Výše uvedené hodnoty c se od skutečné rychlosti světla liší především kvůli nepřesnosti měřidel optické soustavy a nepřesnému měření vzdáleností A, B, a D. Většího přiblížení se k reálné hodnotě rychlosti světla se dá dosáhnout měřením s vyššími frekvencemi otáčení f rotujícího zrcátka M_R .

3 Metoda mikrovlnné trouby

JOJO bonbony Marshmallow, které jsou citlivé na absorpci energie, umístíme do mikrovlnné trouby, z níž vyjmeme otočný talíř. Je známo, že mikrovlnná trouba pracuje na principu šíření elektromagnetického příčného vlnění a jeho energie je maximální v amplitudě, tzv. kmitně. Naopak v uzlech se vlnění téměř nešíří. Bonbony ohřívané v mikrovlnné troubě nabobtnávají v oblasti kmitem a naopak zůstávají stejné v uzlech. Změříme-li vzdálenost dvou po sobě následujících kmiten, jejich dvojnásobná vzdálenost odpovídá vlnové délce λ elektromagnetického vlnění. Frekvenci vlnění vyčteme na štítku, který se nachází na zadní straně mikrovlnné trouby.

$$\lambda = 0,124 \text{ m} \quad \text{Po dosazení } c = f \cdot \lambda \text{ tedy } c = 0,124 \cdot 2450000000 = 303800000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
$$f = 2,45 \text{ GHz}$$

4 Shrnutí

Foucaultova metoda pro měření rychlosti světla dopadla podle předpokladů velice přesně. Největším problémem této metody bylo nastavení optimálních podmínek pro měření, především při neshodě praxe s teoretickými předpoklady.

Metoda mikrovlnné trouby byla provedena během několika málo minut, ale odečtení vlnové délky elektromagnetického vlnění bylo zatíženo chybou měření. Proto se odchylka pohybuje okolo jednoho procenta.

Poděkování

Za umožnění provedení experimentu bychom chtěli především poděkovat Fakultě Jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a všem sponzorům Fyzikálního týdne 2004. Dále bychom chtěli poděkovat oběma našim supervizorům za pomoc s experimentem.

Reference:

- [1] BROŽ, J. – ROSKOVEC, V.: *Základní fyzikální konstanty* SPN, 1988, 45 – 53.
- [2] PASCO: *Speed of light apparatus* Pasco, 1989.

Balmerova série vodíku

Petr Dvořák, Gabriela Malenová, Martin Plajner, Jan Seifrt
SPŠ Jihlava, Gymnázium Třebíč, Gymnázium Říčany, Gymnázium
Podbořany

bezmozku@seznam.cz, malena.vy@quick.cz, sahib@centrum.cz,
janseifrt@seznam.cz

Abstrakt:

Balmerova série vodíku vedla k Bohrovu modelu atomu. Řadí se mezi základní experimenty atomové fyziky. Pokud vybudíme elektron do vyšší energetické hladiny, tak samovolně přechází do nižších stavů (asi za 10^{-8} s) za vyzáření kvanta elektromagnetického záření (fotonu) určité vlnové délky. Pokud vlnová délka leží v oblasti viditelného světla, můžeme toto světlo pomocí krystalu rozkládat na jednotlivé monochromatické složky a měřit pomocí goniometru disperzní úhel a počítat jejich vlnovou délku.

1 Úvod

A. BOHRŮV MODEL ATOMU

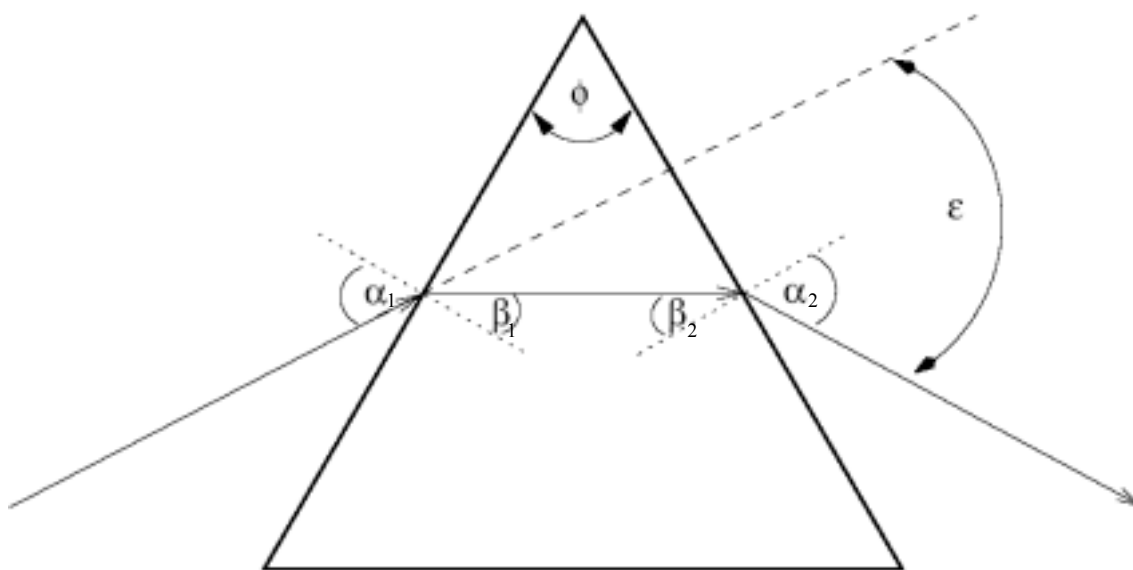
Bohr studoval struktury atomu na základě Ruthefordova objevu atomového jádra a s využitím Planckovy a Einsteinovy kvantové teorie sestavil teoretický **kvantový model atomu vodíku**. Bohrov model vychází z planetárního modelu - kolem kladně nabitého jádra krouží elektron. Elektron se může pohybovat jen po drahách, jejichž energie se rovná celistvému násobku Planckovy konstanty. Předpokládá, že se atom skládá z kladných a záporných částic, které se navzájem přitahují. Tento teoretický model dává kvalitní předpovědi jen pro jednoduché atomy s jedním elektronem, nelze jej použít pro složitější atomy.

B. SPEKTRÁLNÍ SÉRIE

Při studiu atomárního vodíku byly objeveny 4 spektrální čáry ve viditelné části spektra a byly označeny jako H_{α} , H_{β} , H_{γ} a H_{δ} . Experimentální měření prováděl švýcarský matematik a fyzik Balmer, proto se tato série nazývá Balmerova.

2 Balmerova série a měření Rydbergovy konstanty

A. ZJIŠTĚNÍ DISPERZNÍCH ÚHLŮ Hg, INDEXU LOMU KRYSTALU



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

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

Využíváme Snellova zákona lomu:

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

Disperzní úhel je nejmenší tehdy, když se $\alpha_1 = \alpha_2$; $\Rightarrow \varepsilon = 2\alpha - \varphi$, $\beta_1 = \beta_2 = 30^\circ$; $\varphi = 60^\circ$;

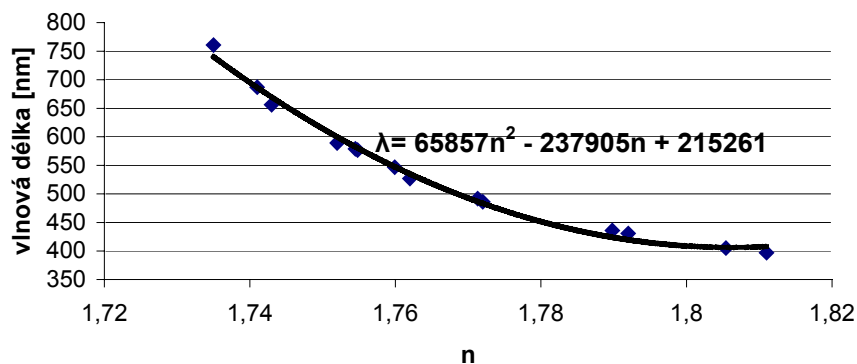
Neboť n_1 je pro vzduch rovno 1 vyplývá: $n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon + \varphi}{2}\right)}{\sin \beta} \Rightarrow$

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

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

$$\lambda = 65857n^2 - 237905n + 215261 \quad (3)$$

Graf závislosti vlnové délky na indexu lomu



B. BALMEROVA SÉRIE A VÝPOČET RYDBERGOVY KONSTANTY

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

Vodík	Červená	Tyrkysová	Fialová
Disperzní úhel	61°27'47''	64°49'50''	66°55'32''
Index lomu	1,74467	1,77265	1,78929
Vlnová délka (nm)	655,6547	480,364	425,0141

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

Z experimentálního odvození platí, že:

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

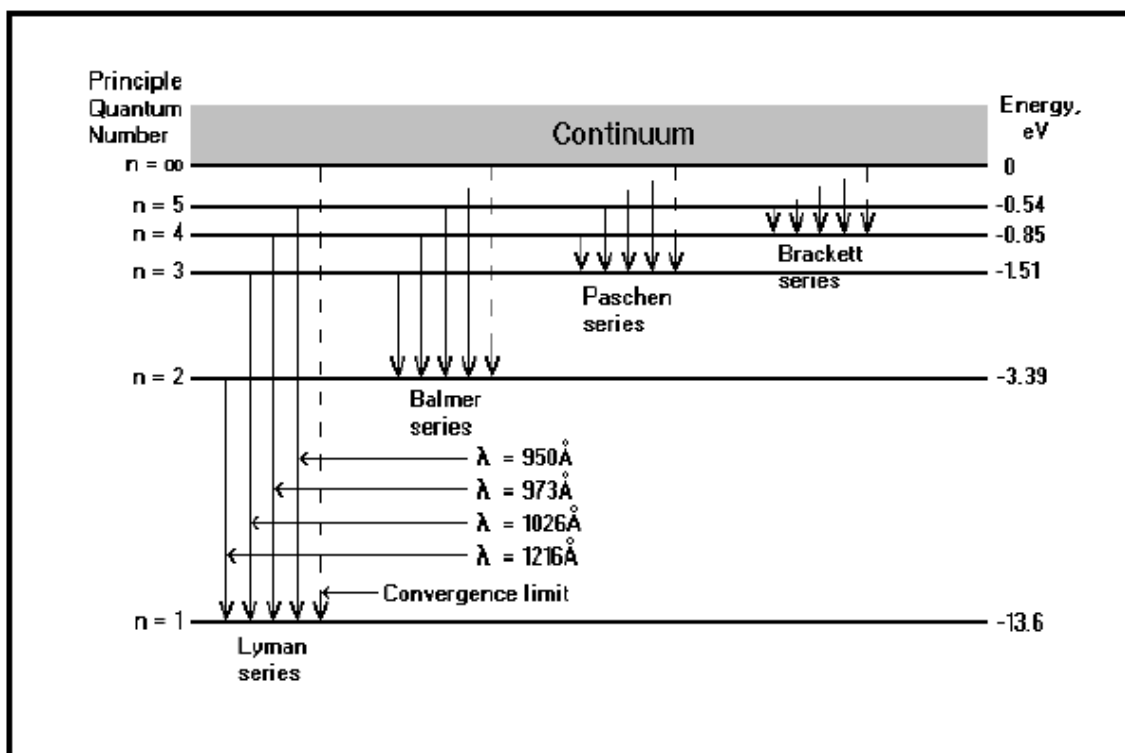
(4) vynásobíme Planckovou konstantou a upravíme:

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

(5) použijeme pro výpočet Rydbergovy konstanty následujícím způsobem:

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

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



Pro Balmerovu sérii vodíku platí $m=2$; $n=3$ (červená), $n=4$ (tyrkysová), $n=5$ (fialová).

Po dosazení naměřených hodnot do vztahu (6) dostáváme průměrnou hodnotu Rydbergovy konstanty

$$R = 1,1067 \cdot 10^7 \pm 0,007631 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

3 Shrnutí

Naměřená hodnota Rydbergovy konstanty se liší o $0,0097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ od hodnoty $1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ což je asi jedno procento. Prakticky jsme ověřili spektrální čáry vodíku (vlnová délka 655,6547 nm; 480,364 nm; 425,0141 nm), čtvrtá je příliš slabá.

Poděkování

Děkujeme hlavně našemu supervisorovi Davidu Tlustému a organizátorům FYZTYDu.

Reference:

- [1] DAVID TLUSTÝ *PRAKTIKA Z FYZIKY*, 2002
- [2] H. HAKEN, H. C. WOLF *THE PHYSICS OF ATOMS AND QUANTA*; Sixth Edition; 2000
- [3] E.V.ŠPOLSKIJ *ATOMOVÁ FYSIKA*; Technicko-vědecké vydavatelství Praha; 1952

Numerické modelování pohybů v gravitačním poli

T. Bednárik-Masarykovo gymnázium Vsetín

M. Franěk-Gymnázium Mariánské Lázně

P. Kus-SPŠE Brno

J. Návrat-Gymnázium Komenského Havířov

R. Smrž-Gymnázium Elišky Krásnohorské Praha

tomas.bednarik@seznam.cz franas@seznam.cz petr.data@seznam.cz
vaiwa@post.cz roman.smrz@seznam.cz

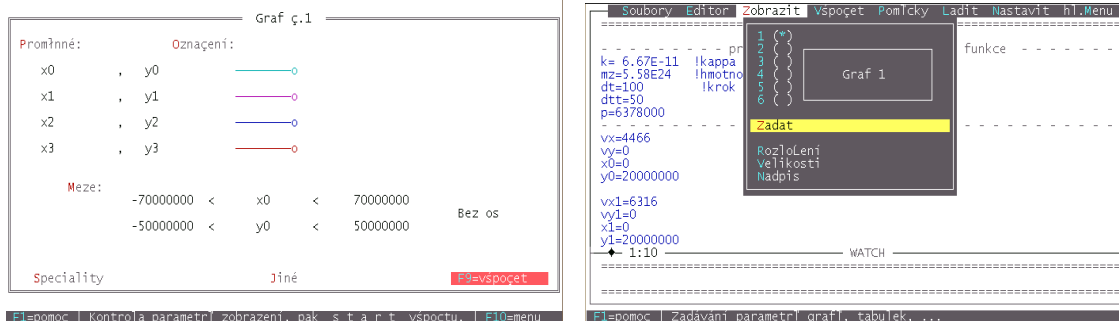
Abstrakt

Cílem miniprojektu bylo v programu Famulus numericky řešit fyzikální děje, jejichž analytické řešení by bylo obtížné až prakticky nemožné. Hlavním tématem našeho miniprojektu bylo řešení pohybů těles v radiálním gravitačním poli a jejich vzájemné ovlivňování. Zpočátku jsme vytvořili model pohybu tělesa zanedbatelné hmotnosti v gravitačním poli centrálního, pevně umístěného tělesa. S touto zkušeností jsme modelovali možné trajektorie těles v radiálním gravitačním poli – kruhovou, eliptickou, parabolickou a hyperbolickou. Posléze jsme tento jev zobecnili na pohyb volných těles libovolných hmotností, libovolně umístěných v rovině s libovolnými počátečními rychlostmi. Takto jsme řešili některé zvláštní případy, např. model Slunce – Země – Měsíc.

1 Úvod

Pohyb těles v gravitačním poli je jednou z mnoha částí fyziky, kterou je velmi obtížné, ne-li nemožné popsat analytickými metodami. Proto se zde v hojné míře využívá matematického modelování, které se nesnaží popsat trajektorii tělesa pomocí diferenciálních rovnic, využívaných v analytických metodách, ale využívá postupných výpočtů, které určí výslednou trajektorii. K tomu se dá využít například programů Famulus, Mathematica, Maple, Matlab nebo Octave. V dnešní době, kdy většina obyvatel má přístup k počítači, si takový model může vytvořit každý a názorně si prohlédnout chování těles, které kolem sebe obíhají.

My jsme využívali k modelování program Famulus:



2 Gravitační pole

Pokud se nějaké těleso nachází v blízkosti jiného hmotného tělesa, působí na něj přitažlivá gravitační síla, jež odpovídá součinu hmotnosti tohoto tělesa m a gravitačního zrychlení a , které lze spočítat podle vztahu

$$a = \frac{M}{r^2}$$

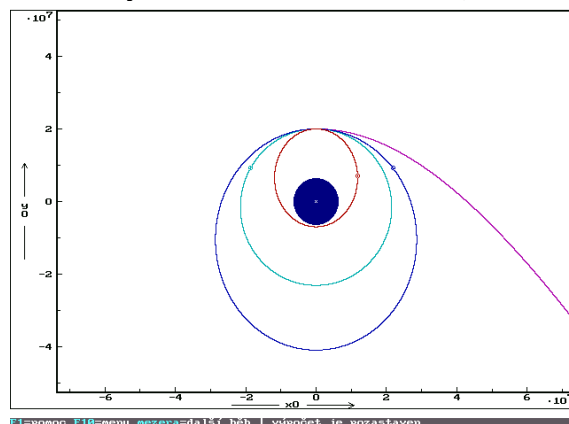
χ je Newtonova gravitační konstanta, $\chi = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

M odpovídá hmotnosti tělesa, o jehož gravitační pole se jedná
 r je vzdálenost mezi tělesy.

Z toho vyplývá, že gravitační zrychlení je přímo úměrné závislé na hmotnosti tělesa, a nepřímo závislé na čtverci vzdálenosti mezi tělesy.

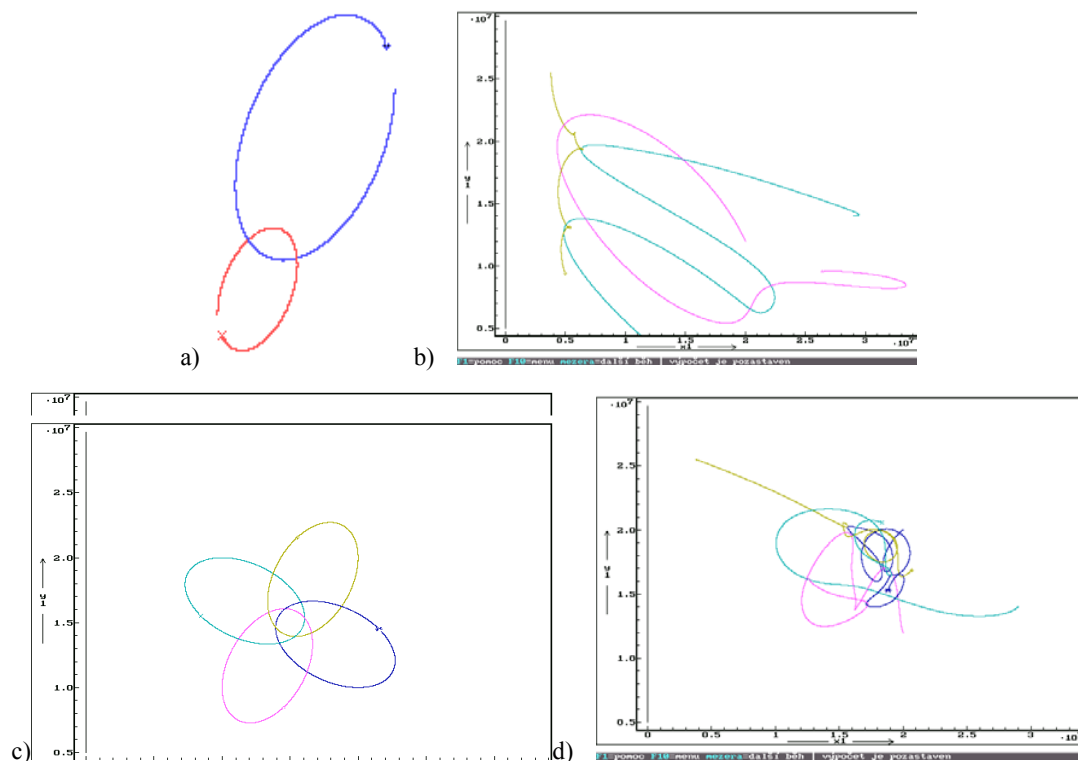
3 Družice tělesa

Toho jsme využili, a sestavili model kosmických rychlostí. Na obrázku jsou vidět trajektorie těles pohybujících se první a druhou kosmickou rychlostí (po kružnici a parabole), rychlostí menší než oběhovou a rychlostí větší než oběhovou, ale nižší než únikovou.



4 Soustava planet

Fakt, že každé těleso má své vlastní gravitační pole nás inspiroval k vytvoření modelu, kde se pohybují dvě (a), tři (b), nebo čtyři (d) na sobě nezávislá tělesa o určité hmotnosti a určité počáteční rychlosti. Ty na sebe gravitačně působí, což má za následek zakřivení drah, a v určitých případech (a, c) uzavřenou soustavu, kde obíhají samy okolo sebe.



5 Shrnutí

Pomocí numerického modelování jsme dosáhli modelů, které s dostatečnou přesností odpovídají skutečnosti. Avšak při dlouhodobějších měřeních, nebo při extrémních situacích bychom mohli zjistit vzrůstající odchylky. Je to způsobeno krokováním, kterého zde využíváme. Skutečný vesmír se mění plynule, což přesně numericky vymodelovat nedokážeme. Snad až někdo vymyslí poněkud odlišný pohled na techniku...

Poděkování

Poděkování FJFI při ČVUT za pořádání fyzikálního týdne...

Poděkování supervisorovi za neutuchající pomoc...

Poděkování spolupracovníkům za dobrou týmovou práci...

Poděkování ostatním týmům za motivaci a hodnocení...

Poděkování našim babičkám 8o)

Reference:

[1] R.Feynman - Přednášky z fyziky I

- [2] Computer Equipment - Famulus 3.5
- [3] J.Kleczek - Velká encyklopedie vesmíru
- [4] Prométheus - Tabulky & vzorce pro střední školy
- [5] SPN - Matematické fyzikální a chemické tabulky

Mlžná komora

Jan Brychta, Gymnázium Jihlava

Jan Hoffmann (hhoffmann@seznam.cz), Gymnázium Praha 6

Jan Chylík (janchylik@quick.cz), Gymnázium Horní Počernice

Jan Olšina (jirigi@matfyz.cz), Gymnázium Kroměříž

Jindra Pikešová (jinpik@hotmail.com), Gymnázium Sušice



Supervizor: Jiří Hron, FJFI ČVUT



Abstrakt:

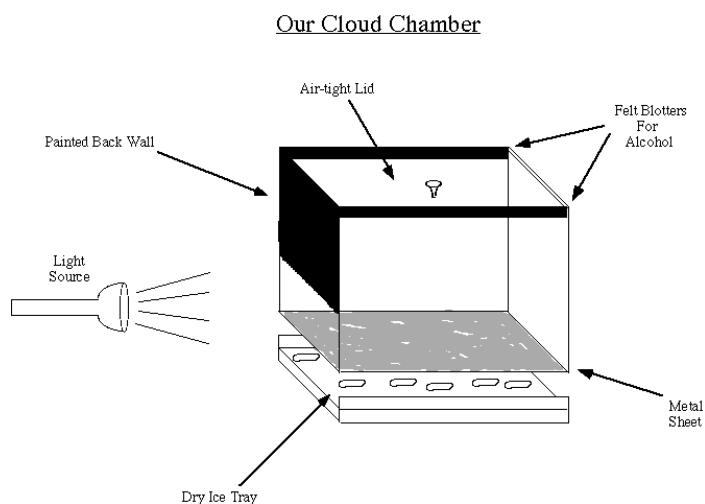
Mlžná komora je zařízení umožňující přímo pozorovat dráhy nabitých elementárních částic, jejich rozpady a pomocí nepřímých metod rovněž vlivy částic bez náboje. V současnosti se již mlžná komora ve výzkumu téměř nepoužívá, neboť nyní již máme mnohem přesnější měřicí přístroje a její využití je především studijní a prezentační. Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s tímto zařízením, na kterém jsme mohli pozorovat kosmické záření, měřit intenzitu radioaktivních zářičů (americium $^{241}_{95}\text{Am}$).

1 Úvod

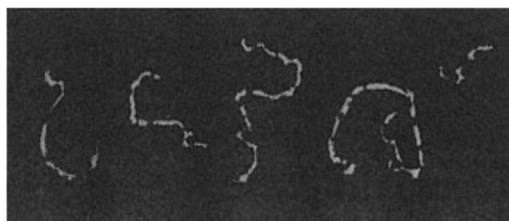
Mlžná komora je jedním ze zařízení, kterým můžeme vizualizovat nabité elementární částice. V současnosti používáme jiné metody, jež jsou mnohem přesnější a dávají nám i mnohem více informací o studovaných částicích. I přesto se komora používá i dnes, např. při FT FJFI ČVUT.

2 Mlžná komora

Mlžná komora sestává z plochy, chlazené na teplotu cca -30°C . Na tuto desku difundují a kondenzují páry z horního žlábků, kde se pracovní látka (izopropylalkohol) ohřívá topným drátem. Izopropylalkohol se nachází ve stavu mezi kapalným a plynným skupenstvím. Při průletu vysokoenergetické (řádově MeV) nabitě částice se okolní atomy lavinovitě excitují (resp. ionizují) a kondenzují a při návratu do základního stavu vyzařují viditelné světlo pozorované jako mlžná stopa. V mlžné komoře je generováno elektrické pole, které nutí částice pohybovat se v rovině par, čímž se dosáhne mnohem lepší vizualizace.



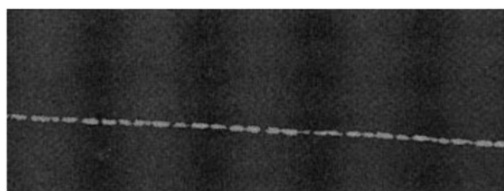
Jednotlivé částice se v závislosti na své energii, hmotnosti a náboji vizualizují různě. Běžně můžeme pozorovat především elektrony z kosmického záření, zanechávající tenké dlouhé stopy, zalomené v důsledku nárazů na molekuly alkoholu (viz obr. 1), částice α z kosmického záření (viz obr. 2) (krátká silná stopa), miony z kosmického záření (tenká přímá dlouhá stopa – viz obr. 3) a protony z kosmického záření (mírně užší a delší než u částic α – viz obr. 4). (Obrázky čerpány z [1].)



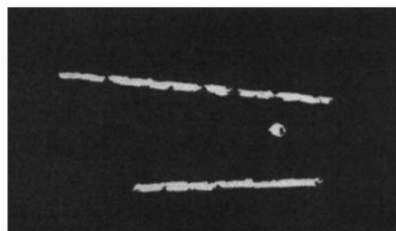
obr.1: stopy e- kosmického záření



obr.2: stopa α částice z kosmického záření



obr.3: stopa mezonu μ - kosmického záření

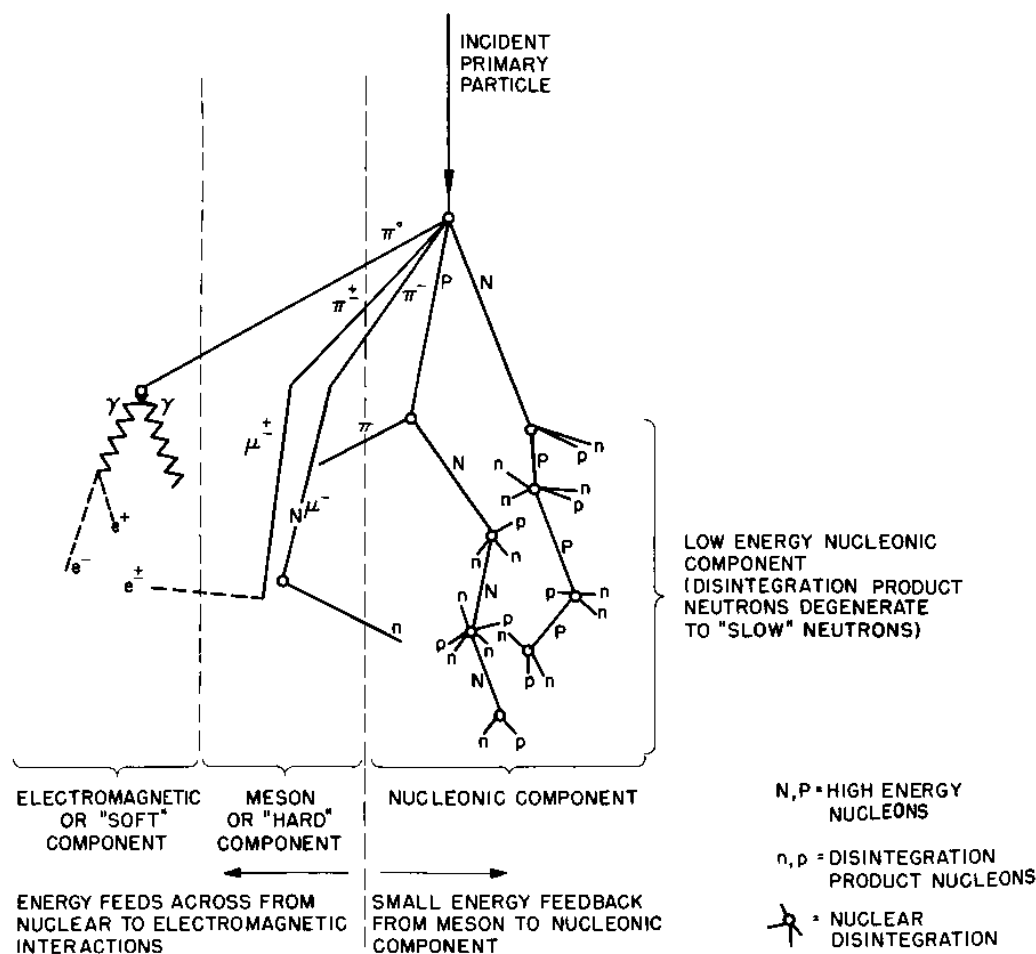


obr.4: stopy protonů z kosmického záření

Vložíme-li do blízkosti mlžné komory radioaktivní zářič (v naší práci jsme použili americium 241, kobalt 60, cesium 137, tj. po řadě vyzařují záření α a γ , záření γ , záření β a γ), zanechává toto záření v důsledku jiných energií jiné stopy oproti kosmickému záření. Nejlépe pozorovatelné efekty vidíme po vložení americia 241 – v těsné blízkosti zdroje (do 5 cm) pozorujeme „vějíř“ nízkoenergetických α částic (které mají malou pronikavost a tedy i dolet) a ve větším poloměru pak pozorujeme Comptonovy elektrony, které jsou vyraženy fotony γ z atomových obalů – jejich stopy jsou krátké (v důsledku malé vstupní energie těchto elektronů).

3 Kosmické záření

Kosmické záření je tvořeno rozličnými částicemi o rozličných energiích o škálách 10^{12} eV- 10^{20} eV. Při vstupu částice s vysokou energií do atmosféry dojde k nárazu na jádro atomu z atmosféry, čímž se iniciuje sprška (shower) částic zahrnujících fotony gama, piony, miony, nukleony a elektrony, jejichž energie se postupně snižuje. Kosmické záření pozorované v mlžné komoře je tvořeno právě touto sekundární radiací, jeho energie je řádově 106 eV. Při vyhodnocování snímků radiace ze zářiče je nutno odečíst radiaci způsobenou pozadím – kosmickým zářením. Ve skutečnosti však jsou stopy částic ze zářiče zcela odlišné, lze je tudíž odečíst přímo ze snímku a není třeba nejprve složitě stanovovat radiaci pozadí bez přítomnosti zdroje.



Schematic Diagram of Cosmic Ray Shower

4 Metoda zpracování vzorků

Máme-li stanovit aktivitu vzorku, vložíme vzorek do mlžné komory (načež se objeví stopy radiace vzorku), a poté jej v pravidelných intervalech fotíme (odečítání z filmových záběrů je kvůli nízkému rozlišení dostupné kamery velmi nesnadné). Naším cílem je z počtu stop na jednotlivých fotografiích určit počet částic vstupujících do komory za jednotku času. K tomu je třeba jednak spočítat počet stop na fotografii (označme n), jednak průměrný čas trvání jedné stopy (označme t_p). Vzhledem k tomu, že daný vzorek americia má rozměry přibližně $2 \times 0,5$ cm a je směřovaný (záření vychází jen v dopředném směru v úzkém kuželu), můžeme poměrně spolehlivě předpokládat, že mlžnou komorou prošly všechny emitované částice. V našem pozorování se zaměříme na comptonovské elektrony, jelikož vyzařované částice α se nacházejí v poměrně úzké oblasti a tedy jejich stopy do značné míry splývají. Můžeme si přitom povšimnout, že počet comptonovských elektronů se vzdáleností od zdroje exponenciálně klesá, což značí, že se zachytí značné procento celkových fotonů γ (označme p - odhadem je $p = 75\%$ - nutnost zachytit takto odhadovat sice do značné míry snižuje přesnost výpočtu, bohužel však nemáme k dispozici informace o průchodnosti gama paprsků prostředím komory, takže lepšího odhadu nejsme schopni). Je navíc potřeba si uvědomit, že neměříme celkovou aktivitu vzorku, ale pouze aktivitu gama a to pouze takového záření gama, které má dostatečnou energii na emitování takového comptonovského elektronu, který bude mít dostatečnou energii k vizualizaci.

Pak pro výslednou aktivitu vzorku platí zřejmě vztah:

$$A = \frac{n}{tp}$$

Průměrné hodnoty měřených veličin jsou:

$$\begin{aligned}\bar{n} &= 122,3 \text{ stop} \\ \bar{t} &= 0,85 \text{ s} \\ p &= 0,6\end{aligned}$$

Tedy $A = 240 \text{ Bq}$

Všimněme si, že naměřená aktivita se značně liší od uváděné aktivity ($340\,000 \text{ Bq}$) – to ovšem není nutně způsobeno jen chybou měření, nezapomínejme, že neměříme celkovou aktivitu, ale jen gama aktivitu na dostatečných energiích nutných k emisi fotonu.

5 Shrnutí

Výše popsanými metodami jsme stanovili gama aktivitu daného vzorku americia, měření je však zatíženo poměrně vysokou chybou, která je způsobena především neznámou zachytností paprsků gama v prostředí par izopropylalkoholu. Lepší přesnosti je možno dosáhnout jednak stanovením tohoto parametru pomocí vzorku se známou gama aktivitou, jednak použitím mlžné komory s větším rozsahem, která zachytí větší podíl vyzářených gama paprsků. Dosažený výsledek je však řádově správný.

Reference:

- [1] <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/>
- [2] HIGATSBERGER, MICHAEL J.: *Physics in 700 experiments*, Blick in die Welt, 1981

PLYNOVÁ CHROMATOGRAFIE

Darina Ornová
Gymnázium Botičská, Praha, darinka.lorinka@centrum.cz
Silvie Novotná
Gymnázium Jeseník, pyramicek@centrum.cz
Jan Havlík
Gymnázium Dr. K. Polesného, Znojmo, jan@havlik.cz
Jan Procházka
Gymnázium, Jihlava, kecall@seznam.cz

Abstrakt:

Seznámení se základy plynové chromatografie a její využití při analýze produktů radiační degradace PCB.

1 Úvod

V našem miniprojektu jsme se zabývali metodami radiační degradace PCB a analýzou účinnosti tohoto postupu pomocí plynové chromatografie.

Chromatografie je analytická metoda založená na principu rozdílné rychlosti unášení látek prostředím v závislosti na jejich polaritě. Plynová chromatografie analyzuje organické látky, které jsou při teplotě do 300°C převáděny do plynného stavu.

2 Chromatograf

Vlastní plynový chromatograf se skládá ze tří hlavních částí:

I) Injektor: Do injektoru je vháněn nosný inertní plyn, nejčastěji čtyřdevítkový nebo šestidevítkový dusík (čtyřdevítkový znamená, že jeho hmotnostní zlomek je minimálně 0,9999, tj. 99,99 %). Při extrémních podmínkách se používá helium.

V injekční komoře se do tohoto předeřhátého plynu vstříkne vzorek (cca 5 ml), který se vlivem vysoké teploty okamžitě odpaří a je unášen nosným plynem do kolony.

II) Kolona obsahuje speciální náplň, která zpomaluje pohyb molekul vzorku v závislosti na jejich polaritě. Ty složky, které mají podobnou polaritu jako náplň, postupují pomaleji než složky s polaritou odlišnou. Účinnost separace a retenční doba (čas po který složka prochází kolonou – kvalitativní parametr) závisí na průtokové rychlosti nosného plynu kolonou a její teplotě.

V případě analýzy vzorku obsahujícího složky s diametrálně odlišnou teplotou varu lze v průběhu analýzy teplotu měnit tak, abychom dosáhli optimálního času analýzy.

III) Detektor nepřímo stanovuje koncentraci látek vystupujících z kolony. Průchod látky detektorem se projeví jako elektrický signál, který je dále zpracováván.

3 Kolona

Kolona je trubice stočená do spirály a vyplněná adsorbentem (látka vázající na svůj povrch procházející molekuly). Podle průřezu se dělí na náplňové – zde se adsorbent sype přímo do kolony a kapilární – ty jsou mnohem tenčí a adsorbent je nanesen na stěnu kapiláry, jsou účinnější. Podle materiálu se kolony dělí na kovové, které jsou odolnější, a skleněné, které jsou sice křehčí, ale průhledné, což umožňuje kontrolu správného naplnění.

4 Detektory

Existuje mnoho typů detektorů, na FJFI se používají dva způsoby detekce vzorku, FID (Flame Ionisation Detector) a ECD (Electron Capture Detector).

Detekce FID je založena na ionizaci zkoumané látky vodíkovým plamenem. Vzniklé ionty prochází mezi elektrodami, což se projeví zvýšením vodivosti. Tato změna je dále předávána formou elektrického signálu.

Detekce ECD je založena na schopnosti elektronegativních látek (Cl, F, O) zachytit elektrony. Vzorek z kolony prochází mezi plíškem z ^{63}Ni a elektrodou. ^{63}Ni emituje stále β^- záření a v detektoru tak protéká konstantní proud. Při průchodu elektronegativního prvku detektorem dojde k zachycení elektronů atomy a to se projeví poklesem proudu. Vzniká tak opačný signál, než u metody FID.

Obě metody mají své výhody i nevýhody. Detekce ECD disponuje velkou přesností měření, omezuje se ale pouze na elektronegativní atomy ve vzorku. Metoda FID má menší přesnost, ale je, co se týče složení vzorku, univerzální.

5 Radiační dechlorace PCB

Tato metoda spočívá v postupném odštěpování atomů chlóru z benzenového cyklu pomocí vysokoenergetických elektronů (řádově MeV). Energie vzniklá zpomalením elektronů se spotřebuje na porušení vazeb uhlík-chlór. Uvolněný chlór je redukován přítomným isopropylalkoholem na neškodný chlorid. Stupeň radiační dechlorace je potom stanoven pomocí plynové chromatografie. V závislosti na dávce β^- záření se snižuje počet navázaných chlórů v molekule PCB.

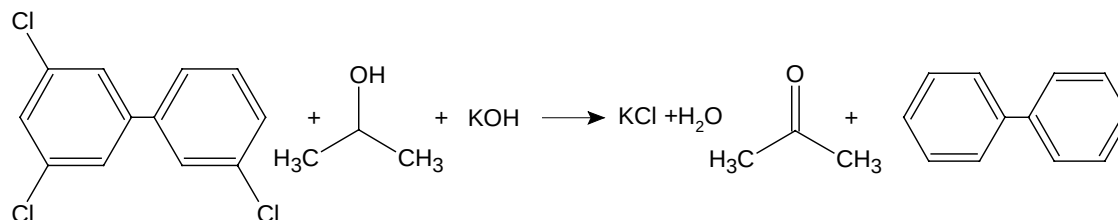
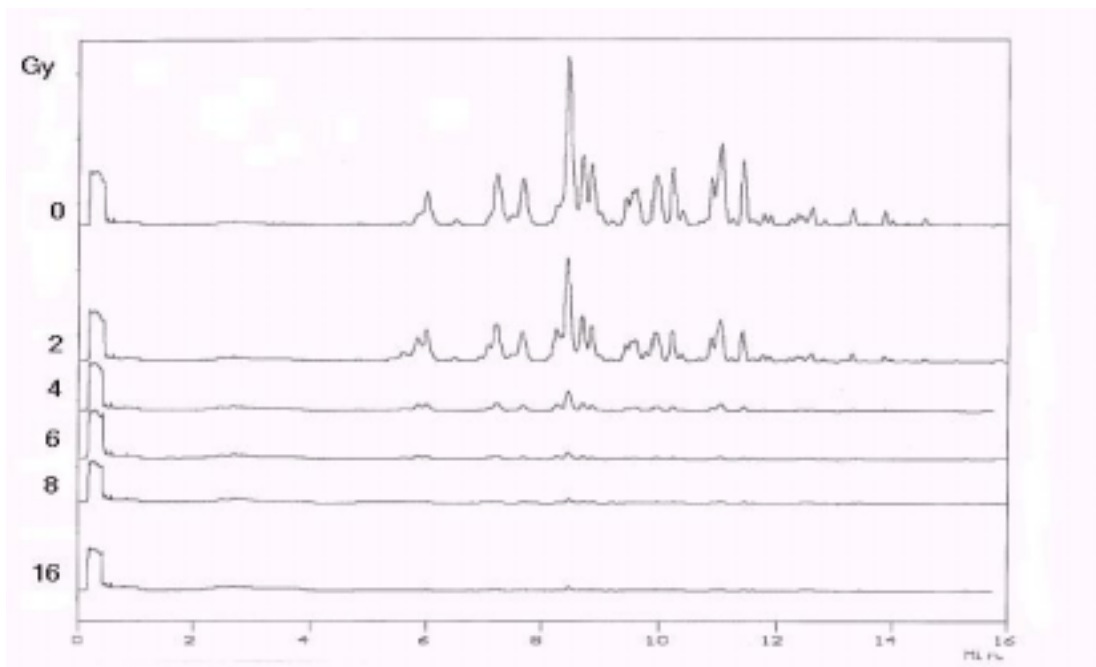


Schéma úplné radiační degradace jednoho z kongenerů PCB.



Chromatogram vyjadřující úbytek koncentrací jednotlivých druhů PCB ve vzorku po dávce 2, 4, 6, 8 a 16 Gray.

Shrnutí

Plynová chromatografie je jedna z nejcitlivějších analytických metod sloužících ke sledování stop organických látek ve vzorku. Radiační dechlorace je velice výhodná k odstraňování chlorovaných organických látek ze znečištěných vod. Není při ní potřeba velkého množství složitých chemických drah.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali všem, kteří vynaložili energii a finance na tento Fyztyd; především našemu supervisorovi Ing. Rostislavu Silberovi, CSc.

Reference:

- [1] ZÍKA, J. a kolektiv: *Analytická příručka*; SNTL/ALFA 1980
- [2] HENLY, E.; JOHNSON, E.: *Chemistry and Physics of High Energy Reactions*; University Press 1969
- [3] ČERVINKA, O., Doc. Dr. Ing. DrSc. a kolektiv: *Chemie organických sloučenin 2*, SNTL/ALFA 1987

Atomová absorpční spektrometrie

E. Bartáková *, V. Kubán **, J. Pařízek ***, B. Slunečková ****
* SGAGY Kladno, Plzeňská 3103; ** G Brno, tř. Kpt. Jaroše 14, ***
G Čelákovice, J. A. Komenského 414; **** G Benešov, Husova 470
* evebartak@centrum.cz, ** malmed@email.cz, ***
jirka86@email.cz, **** sluneczkova_barra@yahoo.com

Abstrakt:

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je metoda, která nachází široké uplatnění v kvantitativní chemické analýze. S její pomocí lze stanovovat koncentrace celé řady prvků, které absorbují záření o charakteristické vlnové délce. Stanovovali jsme koncentrace olova v roztocích ozářených různými dávkami urychlených elektronů.

1 Úvod

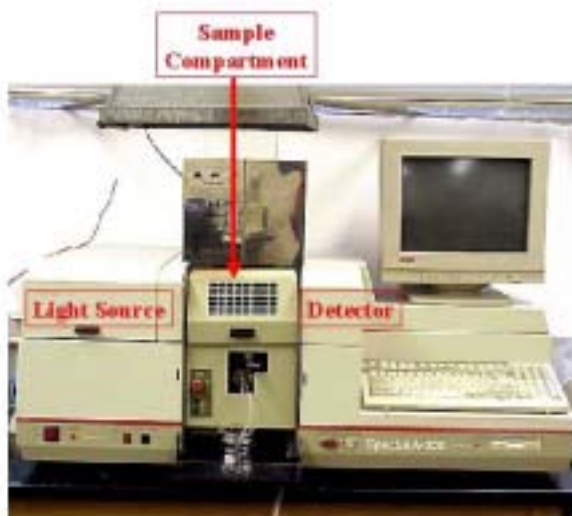
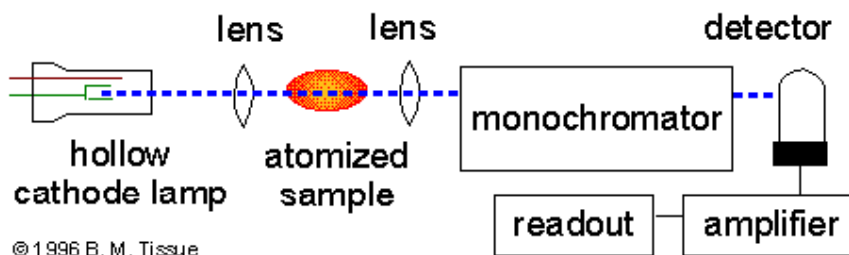
Jedním z problémů řešených v současné době na FJFI je radiační odstraňování těžkých kovů z povrchových a podzemních vod. Princip tohoto způsobu odstraňování toxických kontaminantů spočívá v radiační redukci kovových iontů na metalickou formu. Nejdůležitějšími přechodnými produkty radiolýzy vody jsou OH radikály a solvatované elektrony. A právě reakcí kovového iontu se solvatovaným elektronem dochází k jeho redukci. Pro úspěšný průběh této reakce je ovšem nutné vychytat z roztoku vytvořené OH radikály, které mohou redukováný kov zpětně oxidovat. Proto se do ozářovaných vod přidávají tzv. vychytávače OH radikálů (mravenčnany, jednoduché alkoholy). V našem konkrétním případě se jednalo o radiační redukci olova. Tento proces je možné dále urychlit přidávkou tuhé fáze, na jejímž povrchu dochází k absorpčně – desorpčním procesům.

2 Materiály a metody

Ke stanovení koncentrace olova v ozářených roztocích jsme použili metodu atomové absorpční spektrometrie. AAS náleží k nejmladším analytickým metodám, její počátky sahají již do 19. století. Absorpční čáry ve slunečním spektru pozoroval poprvé Wollston již roku 1802. Podrobněji je studoval Fraunhofer roku 1814, teoreticky objasnil Kirchhoff formulací základního vztahu mezi emisí a absorpcí. Ale až v roce 1953 byl sestaven první atomový absorpční spektrometr (Dr. A. Walsh). Od té doby se metoda rychle šířila do všech oblastí a aplikací analytické chemie.

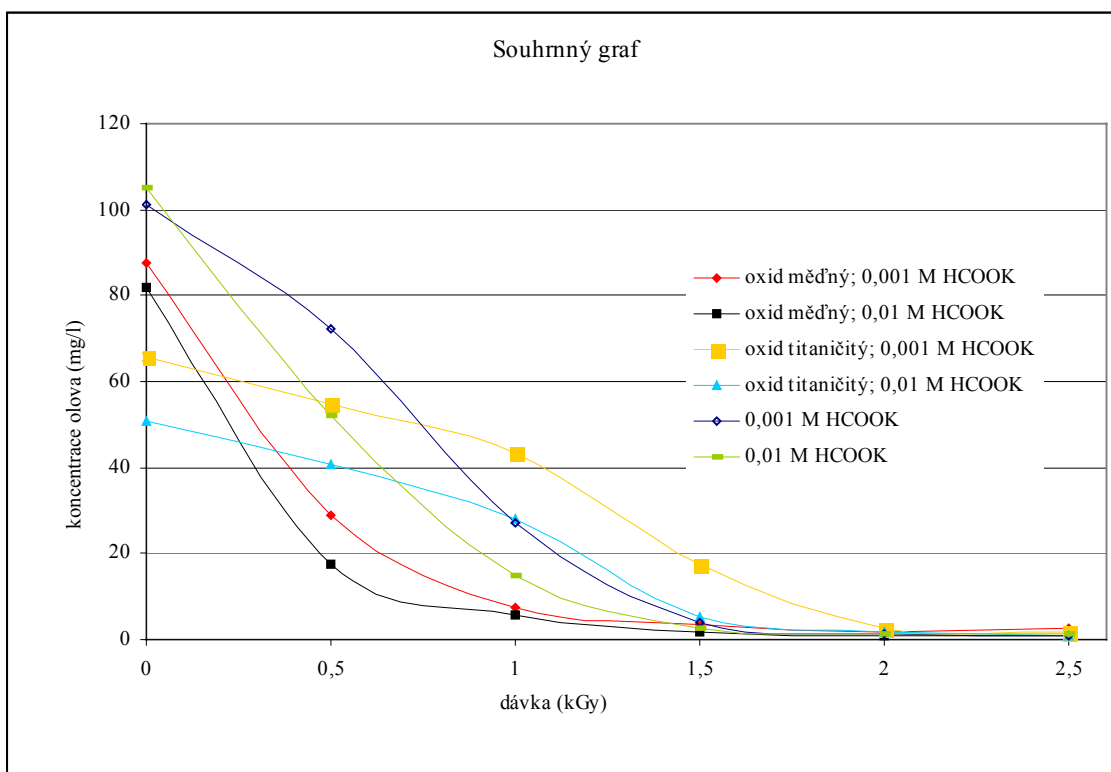
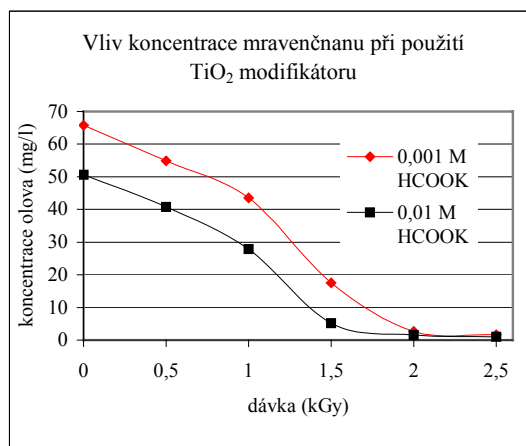
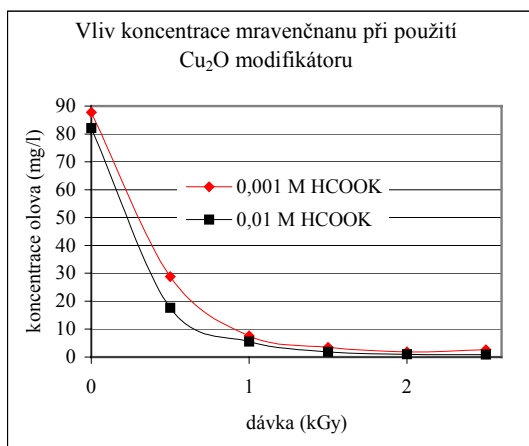
Základním principem AAS je měření pohlcení záření prvkem, který stanovujeme. Vyhodnocením této absorpce získáme informaci o množství daného prvku ve vzorku. Součástí přístroje je dutá katoda naplněná argonem. Pro každý prvek existuje specifická katoda, která právě tento prvek obsahuje. Z katody, na kterou je vloženo napětí 600 V jsou

emitovány elektrony, které excitují argon tvořící plynovou náplň. Excitované molekuly argonu naráží na katodu a dochází k excitaci daného prvku, který vyše úzký svazek záření o charakteristické vlnové délce. V našem případě se jednalo o excitaci olověné katody, která vysílá záření o $\lambda = 217 \text{ nm}$. Toto světlo prochází vzorkem. Vzorek se nasaje do přístroje, kde dojde k jeho rozprášení o nebulizátor a vznikne aerosol. Část aerosolu se dostane do plamene acetylenového hořáku, kde dochází k rozkladu molekul stanovované látky na atomy. Tyto atomy záření absorbují. Světlo, které projde do další části přístroje je vyhodnocováno pomocí detekčního zařízení. Výsledkem je určení množství prvku v daném vzorku.



Při naší práci jsme používali Spektř AA-200.

Stanovovaný systém sestával z vodného roztoku dusičnanu olovnatého o počáteční koncentraci 100 mg/l. Byla porovnána radiační redukce olova za přítomnosti oxidu měďného a oxidu titaničitého s roztoky, kde tuhá fáze nebyla přítomna. Protože ve vodě je za standardních podmínek přítomen kyslík, který může radiačnímu procesu bránit, byly roztoky před ozářením nasyceny oxidem dusným. Ozařování se provádělo na vysokofrekvenčním lineárním urychlovači elektronů. Dávky záření se pohybovaly v intervalu 0 – 5 kGy.



3 Shrnutí

Metodou AAS jsme stanovovali koncentraci olovnatých iontů v ozářených roztocích. Tato metoda umožňuje kvantitativně stanovit koncentrace prvku s vysokou citlivostí i při nízkých koncentracích. Naměřené výsledky ukazují, že vhodný typ tuhé fáze může výrazně zvýšit účinnost radiačně redukčního procesu. Jako nejvhodnější se za daných podmínek ukazuje použití oxidu měďného.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI a Ing. Vojtěchu Svobodovi za realizaci Fyzikálního týdne 2004 a sponzorům této akce. Dále našim supervisorům Ing. Václavu Čubovi, Ph.D. a Ing. Barboře Drtinové, kteří nám ochotně pomáhali při našem miniprojektu a našem snažení.

Reference:

- [1] HEJTMÁNEK M. A KOL.: *Atomová absorpční spektrometrie*, Vydavatelství VŠCHT, 1979, pp. 145
- [2] MAJER V.: *Základy jaderné chemie*, SNTL Praha, 1961, pp. 607

Skutečně vaše sluneční brýle nepropouští ultrafialové světlo?

J. Soukup*, P. Suková**, J. Pavelka***, J. Pavlišta****

*Gymnázium Kladno - j_soukup@seznam.cz

**Gymnázium Svitavy - petra.sukova@tiscali.cz

***Gymnázium tř. Kpt. Jaroše Brno - j.pavelka@centrum.cz

****Gymnázium Jana Masaryka Jihlava - jirka.pavlista@tiscali.cz

Abstrakt:

Změřením propustnosti čtyř různých slunečních brýlí jsme zjistili, že skutečně nepropouštějí UV záření. Stanovili jsme spektrální závislost absorpčního koeficientu materiálu pro hranové filtry OG 570 v okolí absorpční hrany. Využitím interference světelných vln vznikajících vícenásobnými odrazy na rozhraních jsme zjistili tloušťku tenkých vrstev oxidu germaničitého.

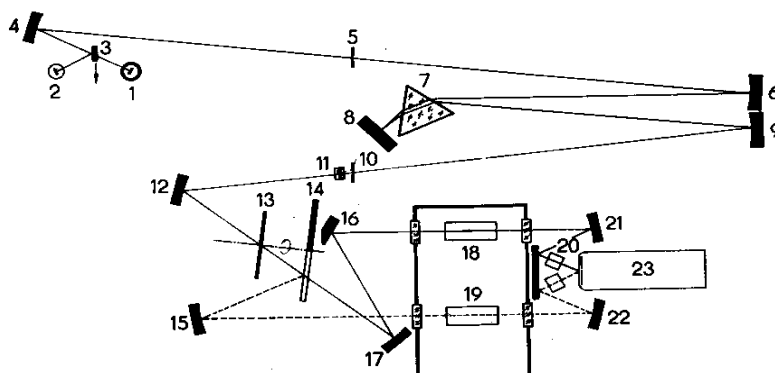
1. Úvod

UV záření je v oku absorbováno převážně spojivkou a rohovkou, což může vyvolat při delším ozáření prudký zánět spojivek a rohovky. Proto nás zajímalo, zda sluneční brýle opravdu dobře ochrání náš zrak před touto hrozbou. Ověřit správnou funkci slunečních brýlí můžeme změřením jejich transmise v závislosti na vlnové délce procházejícího světla. Ze spektrální závislosti transmise lze také zjistit tloušťku velmi tenkých průhledných vrstev, což je důležitý parametr, který je třeba zjistit při jejich nanášení.

2. Experimentální zařízení a zkoumané vzorky

K měření transmise vzorků, což je poměr intenzity světla prošlého vzorkem k intenzitě světla dopadajícího na vzorek, jsme použili absorpční spektrofotometr SPECORD UV VIS. Tento přístroj umožňuje provádět měření v oblasti vlnových délek od 200 do 800 nm neboli pro vlnočty 50000 až 12500 cm^{-1} . Monochromatické světlo totiž můžeme charakterizovat buď vlnovou délkou (λ) nebo vlnočtem (ν), přičemž mezi těmito veličinami platí vztah $\lambda = 1/\nu$.

Schéma spektrofotometru SPECORD UV VIS je znázorněno na obrázku 1. Světlo wolframové žárovky nebo deuteriové výbojky je rozkládáno hranolem. Paprsek monochromatického světla směřuje do děliče, který zajišťuje, že paprsek střídavě prochází zkoumaným a referenčním vzorkem. Tyto paprsky jsou detekovány fotonásobičem. Poměr signálů z fotonásobiče odpovídajících intenzitám obou paprsků je digitalizován a přes interface zaznamenáván počítačem.



Obrázek 1. Schéma spektrofotometru SPECORD UV VIS. 1 – deuteriová výbojka, 2 - wolframová žárovka, 7 – hranol, 14 – dělič svazku, 18 – referenční vzorek, 19 – zkoumaný vzorek, 23 - fotonásobič

Zjišťovali jsme propustnost čtyř různých slunečních brýlí, dvou hranových filtrů OG 570 o tloušťkách 2 a 3 mm a dvou tenkých vrstev oxidu germaničitého na křemenné podložce GeO-759 a GeO-312.

3. Výsledky měření

V intervalu vlnových délek 200 až 800 nm jsme změřili transmise slunečních brýlí, které jsou znázorněny na obrázku 2. Zjistili jsme, že všechny brýle nepropouští světlo až téměř do 400 nm, a proto dostatečně chrání náš zrak před UV zářením. Transmise v oblasti viditelného světla se lišila u různých brýlí v závislosti na jejich zabarvení. Propustnost brýlí 1 roste s rostoucí vlnovou délkou procházejícího světla a proto mají žluté zabarvení. Naopak brýle 2 absorbují více světlo v červené oblasti spektra, čemuž odpovídá jejich modré zabarvení.

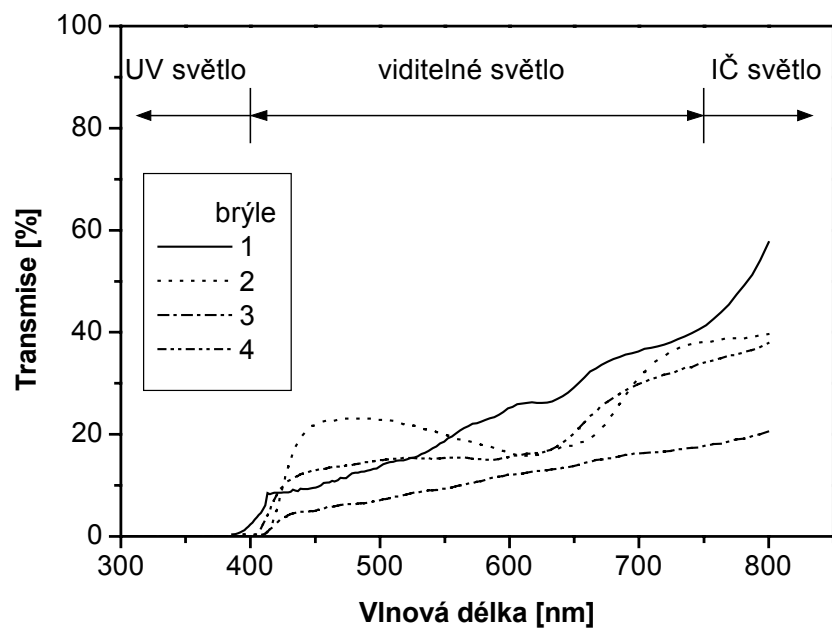
Při průchodu světla různými materiály dochází k jeho absorpci. Ta závisí na tloušťce materiálu a jeho absorpčním koeficientu α , který je pro daný vzorek závislý na vlnové délce světla. Máme-li dva různě tlusté vzorky téhož materiálu, můžeme z naměřených hodnot transmise bez znalosti odrazivosti daného materiálu vypočítat velikost absorpčního koeficientu podle vztahu

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

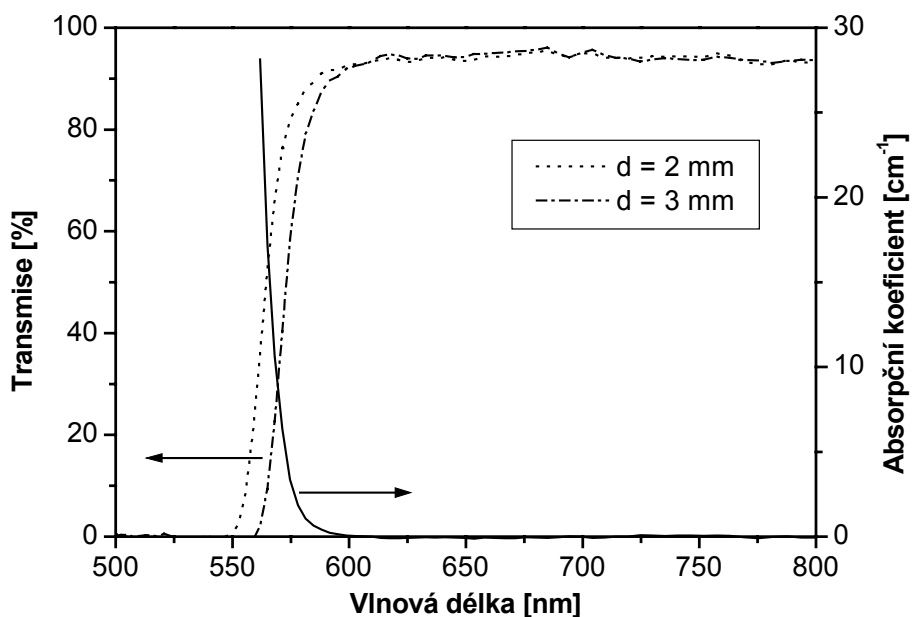
kde d_1 , d_2 a T_1 , T_2 je tloušťka a transmise tenčího a tlustšího vzorku při dané vlnové délce.

Pro případ dvou různě tlustých filtrů OG 570 je spektrální závislost transmise a vypočteného absorpčního koeficientu vynesena na obrázku 3. Hranové filtry OG 570 se používají k odstranění světla propouštěného mřížkovými monochromátory ve vyšších difrakčních řádech, protože pohlcují světlo o vlnových délkách kratších než 570 nm. Tato jejich vlastnost je zřejmá z průběhu absorpčního koeficientu na obrázku 3.

Na základě změřené spektrální závislosti transmise můžeme také určit tloušťku velmi tenkých vrstev průhledných materiálu. Metoda využívá interference paprsků vznikajících vícenásobnými odrazy na rozhraních vzduch – tenká vrstva a tenká vrstva – podložka. V závislosti na vlnové délce procházejícího světla mají paprsky vznikající odrazy a primární



Obrázek 2. Závislost transmise slunečních brýlí na vlnové délce světla.

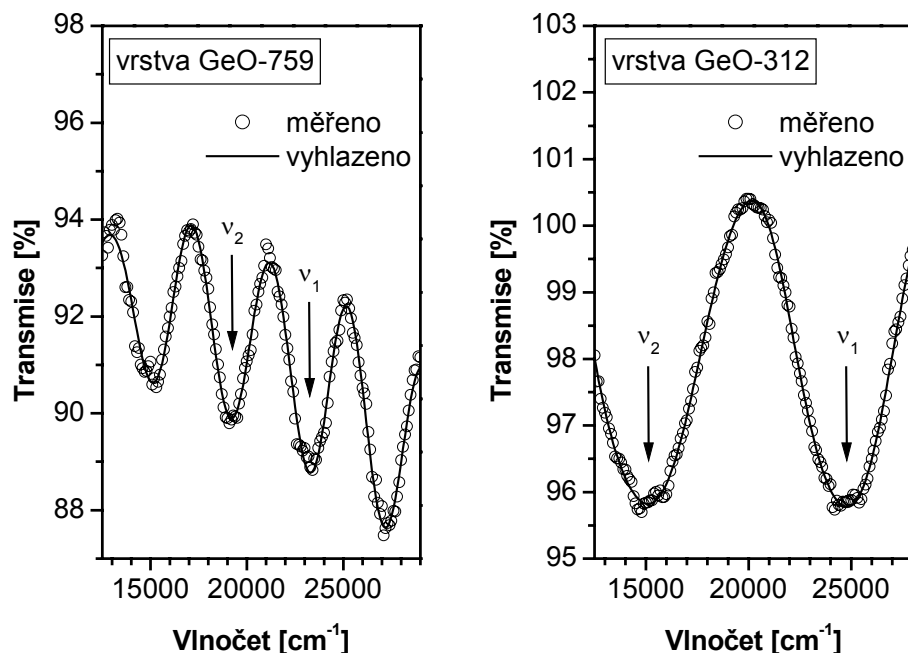


Obrázek 3. Transmise filtrů OG 570 o tloušťce 2 a 3 mm a vypočtená spektrální závislost absorpčního koeficientu materiálu těchto filtrů.

procházející paprsek různou fází a jejich interferencí vznikají ve spektrální závislosti transmise interferenční minima a maxima. Tloušťka vrstvy se vypočte pomocí následujícího vztahu

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

kde n je index lomu vrstvy a ν_1 a ν_2 jsou vlnočty odpovídající poloze dvou po sobě jdoucích minim v závislosti transmise vrstvy na vlnočtu. Pro dvě tenké vrstvy oxidu germaničitého napařených na křemenné podložce jsme z polohy minim vyznačených na obrázku 4 vypočítali tloušťku 301 a 774 nm, přičemž výrobce uvádí tloušťku 312 respektive 759 nm.



Obrázek 4. Transmise tenkých vrstev oxidu germaničitého na křemenné podložce

4. Závěr

Z výsledků našich měření vyplývá, že zkoumané sluneční brýle skutečně nepropouštějí nebezpečné UV záření, a to jak značkové brýle, tak i obyčejné levné brýle. Dále jsme se naučili, jakým způsobem lze určit absorpční koeficient materiálů bez znalosti jeho reflektivity. Podařilo se nám také velice přesně změřit tloušťku velmi tenké vrstvy oxidu germaničitého a to s chybou pouhých 4 %.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat organizátorům fyzikálního týdne, našemu supervisorovi Ing. Z. Potůčkovi a FJFI ČVUT za poskytnutí prostředků k vypracování našeho projektu.

Reference:

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

Neutronový čítač

E. Buzek, Masarykovo gymnázium, Vsetín

emanb@centrum.cz

I. Stražil, Gymnázium Vídeňská, Brno

Istrasil@centrum.cz

M. Štrof, SGaGy Kladno

Marfel@seznam.cz

Supervizor ing. V. Cháb, KJR FJFI ČVUT

Abstrakt:

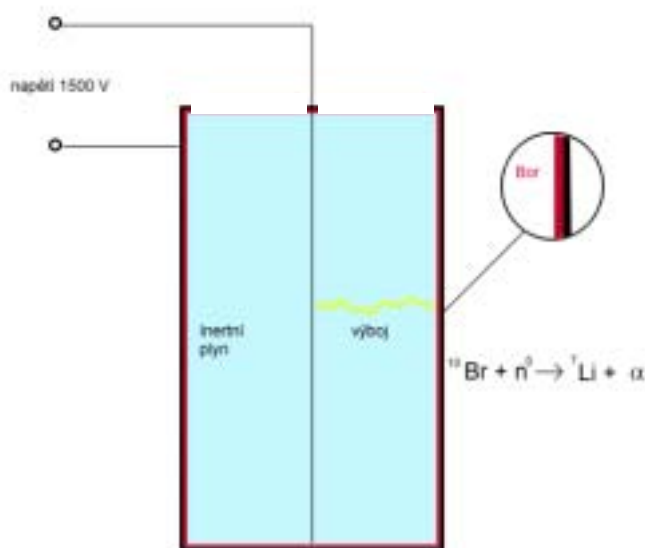
Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s principem a využitím neutronového čítače a pokusit se implementovat digitální část čítače do programovatelných logických polí (obvodů PLD).

1 Úvod

Při jaderné reakci v reaktoru dochází ke štěpení uranu na dvě jádra s nižším protonovým číslem a na neutrony. Protože uvolněné neutrony zahajují další a další štěpení uranu, můžeme prostým měřením frekvence vzniku neutronů a vhodným přepočtem získat údaj o výkonu jaderné reakce.

Neutronový čítač je zařízení, které měří počet neutronů v čase. K měření se používá komůrka plněná inertním plynem, uložená v aktivní zóně reaktoru. Uprostřed komůrky (obr. 1) je umístěna kladná elektroda s přivedeným vysokým napětím 500 – 1500V (podle typu detektoru), stěny komůrky jsou potaženy vrstvičkou bóru nebo uranu.

Neutron, který vletí do komůrky, vyvolá radiační záhyt, bóru přejde lithium a vyzáří se alfa záření. Ionizací plynu vznikne výboj, který je elektricky zaznamenán jako impuls o úrovni několika mikrovoltů (obr. 2). Pokud měřený signál

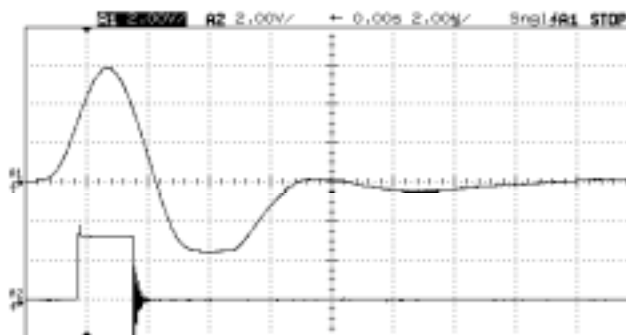


obr. 1: Náskres detekční komůrky

odpovídá výboji ze štěpení bóru, je ve vstupním obvodu zesílen a tvarován na parametry dostatečné pro další zpracování digitálními obvody (obdélníkový průběh a vhodné napětí).

Jednodušší detekce neutronů není možná pro jejich nulový náboj, je nutné nechat neutron vyvolat jinou, již snadno měřitelnou reakci.

Neutronové čítače jsou důležitou částí řídicích a bezpečnostních systémů jaderných zařízení, v každém reaktoru bývají obvykle tři čítače, jejichž naměřené hodnoty se zobrazují operátorovi a mohou havarijním výstupem v případě, že více čítačů naměří vyšší výkon než povolený na základě majoritní logiky („hlasováním“ – dva ze tří) odstavit reaktor.



obr. 2: Impuls z detekční komůrky (nahore) a tentýž impuls po průchodu tvarovačem

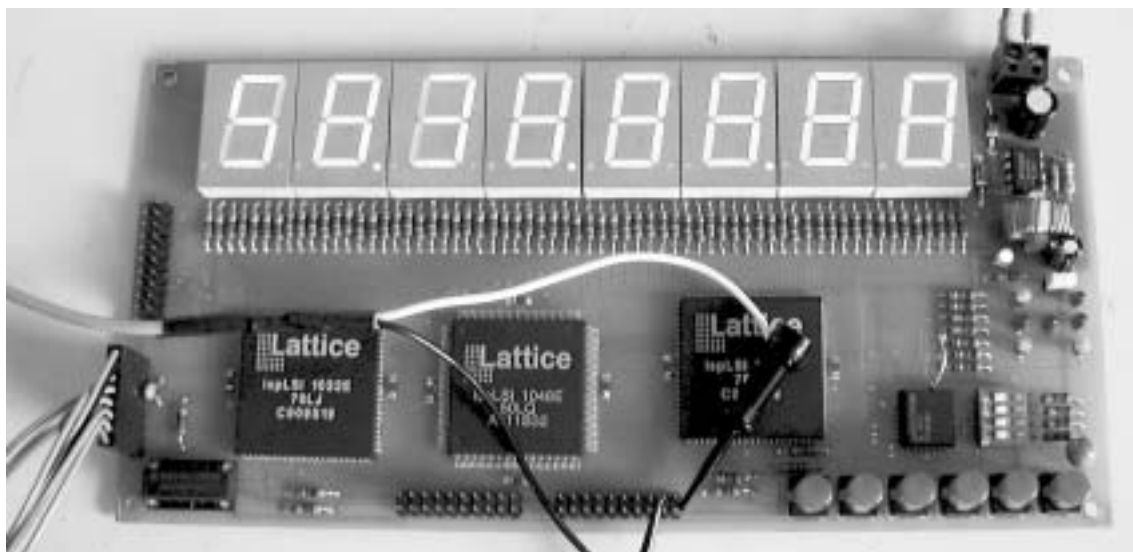
2 Naše realizace neutronového čítače

Z důvodu omezeného času jsme se soustředili jen na realizaci digitální části čítače, relativně složitou a hlavně na oživení náročnou elektroniku tvarovače a samotnou detekční komůrku jsme nahradili generátorem funkcí HP 333120A.

Samotnou digitální část tvořila vývojová deska plošného spoje (obr. 3), osazená programovatelnými poli (PLD) Lattice ispLSI1032E (2ks), Lattice ispLSI1048E, programovatelným polem GAL, osmimístným LED displejem, spínaným zdrojem, tlačítky a indikačními diodami.

Programovatelná pole

Programovatelná pole jsou zvláštní druh integrovaných obvodů, která obsahují několik desítek až stovek bloků s klopnými obvody - ty lze volitelně spojovat přes kombinační logiku (pole hradel OR – nebo, AND – a, NOT – negace) navzájem a k pinům (vstupům a výstupům)



obr. 3: Fotografie vývojové desky s ispLSI 1032E (vlevo a vpravo) a ispLSI 1048E (uprostřed). Rozhraní JTAG je připojeno konektorem k PC (vlevo dole), signál z generátoru je připojen na konektor dole uprostřed, vpravo nahoře kablík napájení

obvodu.

Naprogramované pole může pracovat jako jakýkoliv digitální obvod, a to s ohromnou rychlostí, protože nejde o běžný procesor, provádějící instrukce postupně po jedné, ale v podstatě o specializovaný integrovaný obvod, vykonávající všechny naprogramované funkce současně, přesně podle vašeho návrhu. PLD a jejich vyspělejší bratříčci FPGA (Field-programmable Gate Array) se používají zejména v rychlých řadičích nebo podpůrných obvodech – koprocesech pro zpracování dat, např. v digitálních fotoaparátech.

Software

Pro programování polí jsme použili programovací jazyk ABEL (Advanced Boolean Equation Language), umožňující vytvářet popis činnosti logického obvodu. ABEL patří do skupiny HDL (Hardware Description Language) jazyků a byl vyvinut firmou Data I/O pro programování PLD obvodů. Jde o vyšší jazyk, který je schopen komplikované logické rovnice a vazby převést a zjednodušit, napřed do jednoduchých Booleovských rovnic a z nich poté zkompiluje tzv. JEDEC soubor, obsahující přímo pokyny, kde co ve vnitřní struktuře obvodu spojit. Tímto souborem se z počítače přes rozhraní JTAG naprogramuje samotné PLD. Pro zapsání programu jsme použili prostředí Lattice ispExpert 8.4.

Funkce programu měla být tato:

1. čítat impulsy z tvarovače (resp. generátoru) po jednotlivých řádech (jednotky až desítky milionů)
2. každých 0,1 sec si zapamatovat naměřenou hodnotu a čítač vynulovat
3. uloženou hodnotu dekodovat a zobrazit na sedmisegmentovém displeji

Bohužel, pro nedostatek času a záhadné technické problémy se nám podařilo realizovat jen první a třetí část práce, čítač tedy zobrazoval jen počet zaznamenaných neutronů od posledního vynulování.

Zde je pro ilustraci část zdrojového kódu čítače:

Declarations

```
CLOCK PIN ;
RESET PIN ;
Q0,Q1,Q2,Q3 PIN ISTYPE 'reg';

out= [Q3..Q0];

ON,OFF = 0,1;
L,H,X,Z = 0,1,.X.,.Z.;
```

Equations

```
out.clk = CLOCK;
out.ar = RESET;
when out==9 then
  out:=0
else
  out:=out+1;
```

end citac10

... takto vypadá kód přeložený do Booleovských rovnic...

```
Q9_Q_BLIF.D = (Q0_Q_BLIF & Q1_Q_BLIF
& Q2_Q_BLIF & Q3_Q_BLIF & Q4_Q_BLIF &
Q5_Q_BLIF & Q6_Q_BLIF & Q7_Q_BLIF &
Q8_Q_BLIF & !GALCLK_COM_BLIF) $ Q9_Q_BLIF
& !GALCLK_COM_BLIF
Q9_Q_BLIF.C = CLOCKX
Q9_Q_BLIF.R = GND
```

...a takto část výsledného JEDEC souboru:

```
1111010111110111010111110111
1111110111111101110101110111
1101110101110111110111010111
1101110101110111011101011101
0111010111011111110111010111
1101110101110111110111010111
```

3 Závěr

Podařilo se nám i přes obtíže sestavit program, který jsme nahráli do čítače. Bohužel se nedá říct, že by pracoval úplně podle očekávání. Přístroj počítal pouze jednotlivé impulsy a jejich celkový počet zobrazoval na displeji, ale neuměl zobrazovat počet impulsů za

časový interval (0.1s). Impulsy byly s dostatečnou přesností započítávány i při vyšší frekvenci generátoru (zkoušeli jsme stovky kHz).

Pokud by se k našemu čítači připojila detekční komůrka, bylo by možné přístroj použít jako čítač neutronů. Právě díky programovatelným polím je poměrně skladný. Použití v ostrém provozu, třeba při regulaci reakce v jaderné elektrárně, však nedoporučujeme, protože při neurčování počtu neutronů za časovou jednotku je výsledek nepřehledný.

Poděkování

Děkujeme organizátorům Fyzikálního týdne 2004 za uspořádání této zajímavé akce a našemu supervizorovi ing. V.Chábovi za odbornou pomoc při realizaci miniprojektu.

Reference:

- [1] ABEL – HDL Reference Manual
- [2] KOSTOMLATSKÝ, M.: *Úvod do jazyka Abel, 1. – 9. část* [online]
<http://www.mcu.cz/modules/news/article.php?storyid=133>
- [3] Katalog Lattice, 1997
- [4] www.latticesemi.com

Využití kódu MCNP v reaktorové fyzice

M. Tuláček, Gymnázium Jeronýmova, Liberec

V. Šopík, Gymnázium Jeseník

T. Cícha, Gymnázium Vídeňská, Brno

J. Mottl, Gymnázium Z. Wintra, Rakovník

cicha.hrb@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem projektu je vypočítat koeficient násobení (k_{ef}) pro různé tvary a velikosti jaderných reaktorů pomocí výpočtového kódu MCNP.

1 Výpočtový kód MCNP

MCNP (Monte Carlo N-particle Code System) je univerzální kód pro výpočty pohybu a vzájemných interakcí částic v jaderných reaktorech. Pracuje na principu statistické metody Monte Carlo, která neprovádí deterministické výpočty, ale sleduje stav každé částice v systému a její možné interakce. Narozdíl od klasických metod, metoda MC udává výsledek se statistickou odchylkou, což je ovšem dostatečně vykompenzováno její univerzálností.

Aplikace této metody v kódu MCNP umožňuje výpočty kritičnosti složitých soustav, hustot neutronových toků, mikrokonstant a různých dozimetrických problémů. Samotný program pak umožňuje grafické vyobrazení řezů navrženým systémem a vlastní výpočet zvolených parametrů reaktoru.

2 Koeficient násobení

V našem projektu jsme použili MCNP k výpočtům tzv. koeficientu násobení, který udává aktuální stav řetězové reakce. Počítá se jako poměr počtu aktivních neutronů v současné generaci k počtu v generaci předešlé, tj.

$$k_{ef} = \frac{n_i}{n_{i-1}}$$

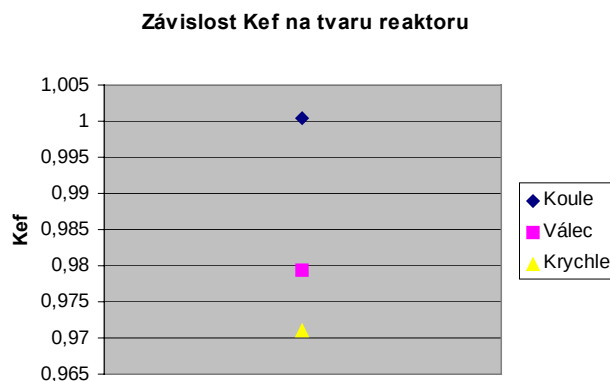
Mohou nastat de facto tři reálné situace:

1. **podkritický reaktor** ($k_{ef} < 1$) – aktivních neutronů s časem ubývá, jsou absorbovány v moderátorech nebo vylétávají ven skrz obal reaktoru, výkon klesá.
2. **kritický reaktor** ($k_{ef} = 1$) – výkon je konstantní, z každého rozštěpeného jádra se pouze jeden neutron účastní další reakce.

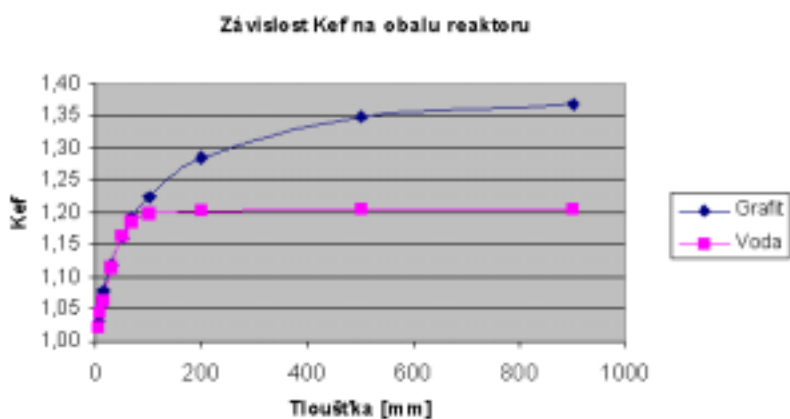
3. **nadkritický reaktor** ($k_{ef} > 1$) – počet neutronů roste geometrickou řadou a reakce se může snadno stát neříditelnou.

3 Výpočet k_{ef} pro různé reaktory

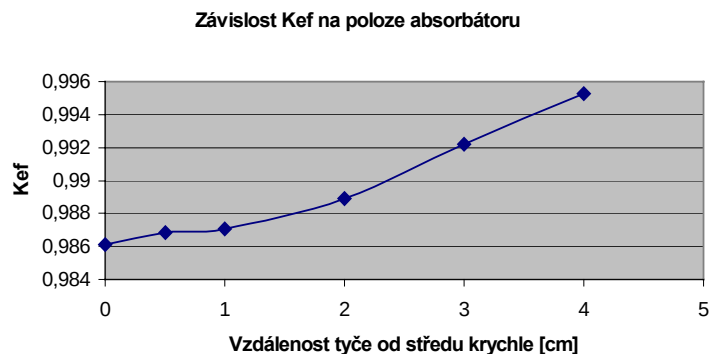
Koeficient kritičnosti závisí mimo jiné na tvaru reaktoru, respektive na jeho povrchu. Pro výpočet použijeme kouli, válec a krychli z $^{239}_{94}\text{Pu}$ o stejném objemu $V = 1002,533 \text{ cm}^3$.



Z grafu je patrné, že kritičnost klesá se zvyšujícím se povrchem reaktoru, protože větší povrch způsobuje častější úniky neutronů. V praxi je palivo obklopeno tzv. obalem, který zpomaluje vylétávající neutrony a vrací je zpět do reaktoru. V našem případě jsme použili kulový reaktor s různě silnými obaly z vody a grafitu.



Další metodou řízení štěpné reakce je používání tzv. absorbátorů. Absorbátory jsou tyče z materiálů, které pohlcují letící neutrony a tím snižují kritičnost. Vliv absorbátoru jsme vyzkoušeli na krychlovém reaktoru obklopeném vodou ($k_{ef} = 1.00103$), do kterého jsme experimentálně umístili válec z $^{10}_5\text{B}$ o průměru 5 mm.



Štěpná reakce v našem hypotetickém reaktoru je aktivována zdrojem neutronů umístěným vprostřed plutoniové krychle, proto se směrem od středu snižuje hustota neutronů a tím i počet částic pohlcených v absorbátoru.

4 Shrnutí

Naučili jsme se základy práce s výpočtovým kódem MCNP a pochopili principy řízení štěpných reakcí v jaderných reaktorech.

Poděkování

- Katedře jaderných reaktorů FJFI ČVUT v Praze
- Ing. J. Ratajovi a Ing. I. Školovi – našim ochotným supervisorům
- Automatu na kávu dole v přízemí

Reference:

- [1] doc. ing. HEŘMANSKÝ, B. CSc: *Dynamika jaderných reaktorů* MŠ ČSR, 1987
- [2] *MCNP Overview and Theory* (<http://laws.lanl.gov/x5/MCNP>)
- [3] Oak Ridge National Laboratory: *Manuál k výpočtovému kódu MCNP-4A*

Odvod tepla z palivového článku jaderného reaktoru

David Trusík, G - Čajkovského Olomouc, TrusikD@seznam.cz
Martin Lovecký, G - Plasy, martin.lovecky@volny.cz

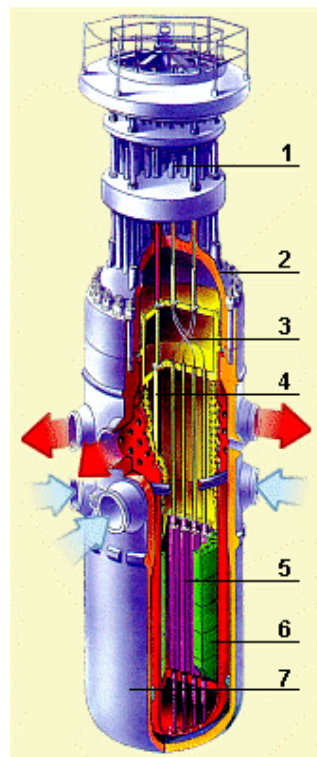
Abstrakt:

Energii vznikající v jaderném reaktoru díky štěpení těžkých jader paliva využíváme ve formě tepla, které tato reakce produkuje ve značném množství. Aby bylo zajištěno optimální využití vznikajícího tepla, musí být každý detail reaktoru včetně palivových tyčí projektován se značným ohledem na přesnost. Jakákoliv nepřesnost či nečistota může způsobit závažné problémy. Soustředili jsme se na výměnu tepla mezi palivovým článkem a chladicí vodou. Pokud bude výměna tepla nedostatečná, hrozí přehřátí a následné roztavení článků. V této práci jsme vytvořili teplotní model nedostatečně chlazeného palivového článku.

1 Jaderný reaktor

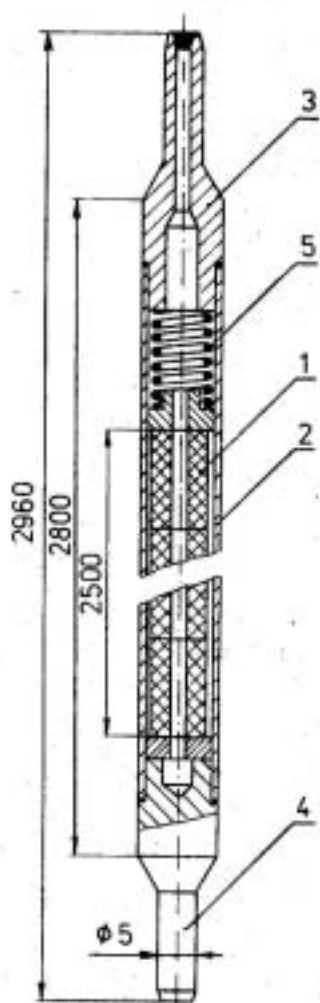
Palivo bývá tvořeno palivovými proutky. Malé tabletky paliva navazují na sebe, čímž vytvoří proutek o průměru asi 9 mm. Svazek těchto proutků tvoří palivovou kazetu. Část reaktoru, do které se vkládá palivo a kde také probíhá štěpná reakce, se nazývá aktivní zóna. Palivové proutky jsou chráněné povlakem ze speciální slitiny, nejčastěji na bázi zirkonia, která zaručí předání tepla z paliva chladivu a zároveň nepustí radioaktivní štěpné produkty. Aktivní zóna reaktoru VVER 440 (se kterým je v této práci počítáno) má válcový tvar, o průměru 2,88 m a výšce 2,5 m. V ní je umístěno 349 šestiúhelníkových palivových kazet, každá se 126 palivovými proutky v trojúhelníkové mříži.

V jaderné elektrárně Dukovany zajišťuje cirkulaci chladicí vody uzavřené pod vysokým tlakem v primárním reaktorovém okruhu šest nezávislých potrubních smyček s čerpadly a parogenerátory. V parogenerátorech předává voda uzavřeného primárního okruhu své teplo okruhu sekundárnímu. Sekundární okruh je rovněž uzavřený a naplněný demineralizovanou vodou. V parogenerátorech se sekundární voda přeměňuje na páru k pohonu turbín. Ke každému reaktoru patří dvě třítělesové turbíny s vysokotlakým a dvěma nízkotlakými díly, které pracují při otáčkách 3000/min. V celé elektrárně je tedy takových turbín osm. S každou turbínou je pevně spojen 220MW generátor elektrického proudu (dvoupólový asynchronní alternátor generující napětí 15,75 kV).

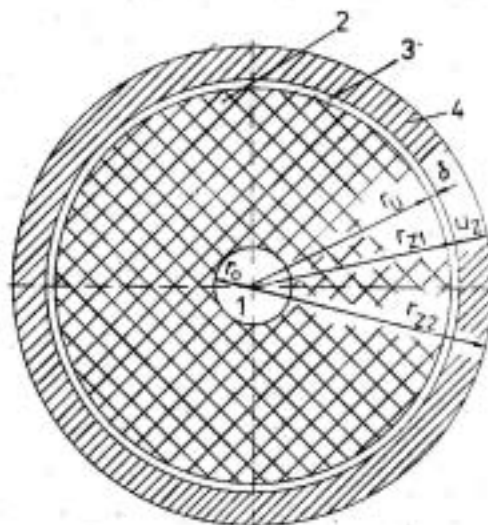


Popis obrázku reaktoru: 1 pohon svazkové řídicí tyče, 2 víko tlakové nádoby reaktoru, 3 vývody vnitreaktorového měření, 4 ochranná trubka svazkové tyče, 5 palivové kazety, 6 plášť aktivní zóny, 7 tlaková nádoba reaktoru

2 Palivový proutek



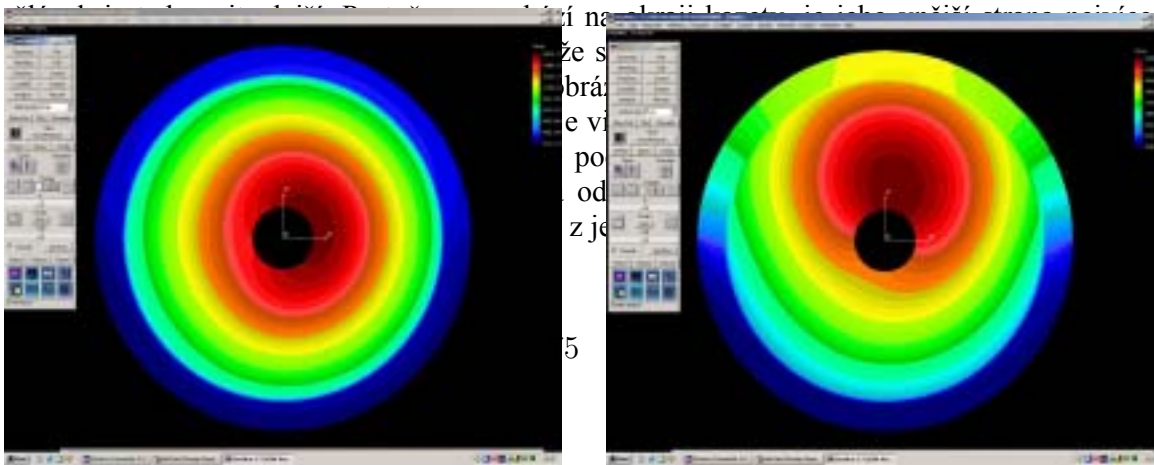
Obr. 2.6 Příčný řez palivovou tyčí reaktoru VVER-440.
1 – centrální dutina, $r_0 = 0,75$ mm, 2 – palivová tableta z UO_2 , $r_U = 3,775$ mm, 3 – mezera palivo–povlak, šířka $\delta = 0,125$ mm, 4 – povlaková trubka ze zirkonové slitiny H-1, tloušťka 0,65 mm



Obr. 2.5 Podélný řez palivovou tyčí reaktoru VVER-440,
1 – palivová tableta, 2 – povlak, 3 – horní koncovka, 4 –
— dolní koncovka, 5 – pružina

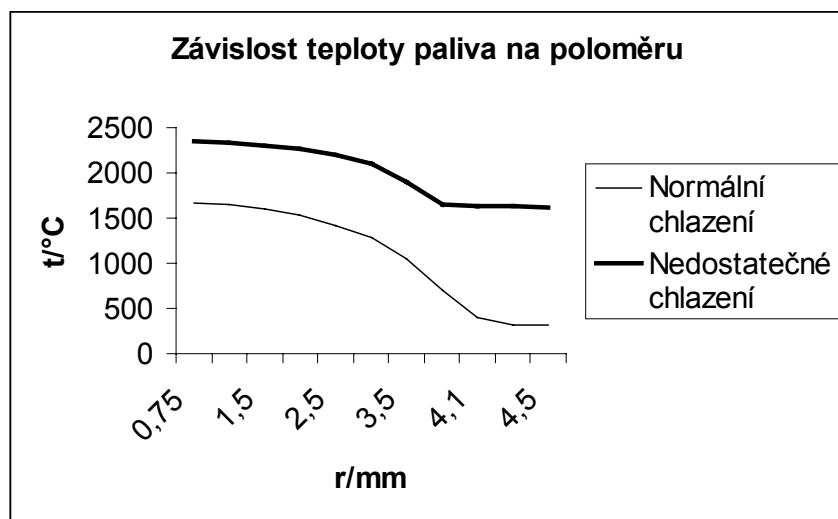
3 Výpočet tepelného stavu palivového článku

Pro výpočty jsme používali program COSMOS/M. V něm jsme si vytvořili model palivového článku používaného v reaktorech VVER 440 (u nás v JE Dukovany), kde se jako palivo používá UO_2 s obsahem izotopu ^{235}U 3,8%. Vzhledem k vysokému počtu palivových článků v reaktoru jsme modelovali tepelný stav rohového článku kazety, protože z důvodu své okrajové pozice se kolem nachází největší množství vody, neutrony dopadající na tento článek jsou nejvíce moderovány (voda zde slouží jako chladivo i jako moderátor) a tento



Obrázek 1.

Obrázek 2.



4 Závěr

Zjistili jsme, že při nedostatečném chlazení může dojít k roztavení paliva (v našem případě je to přes 2800°C , v závislosti na stavu vyhoření). Následně se může chladicí voda začít vypařovat a v krajním případě se rozloží na vodík a kyslík a dojde k výbuchu (chemickému, ne jadernému), jako se to stalo v roce 1986 v Černobylu.

Poděkování

Tato práce vznikla díky podpoře KJR FJFI ČVUT a hlavně díky našemu supervizorovi ing.D.Kobylkovi.

Reference:

- [1] Heřmanský, B.: *Termomechanika jaderných reaktorů*, Academia, 1986
- [2] Kobylka, D.: *Diplomová práce*, 1998
- [3] <http://www.energyweb.cz/web/>

RTG fázová analýza

P.Gallus(G. Nad Alejí, Praha), P. Solný(Mendelovo G., Opava),
V. Hubka(G.Podbořany), R. Benk(SPŠE Mohelnice)

Pod záštitou FJFI- katedry pevných látek ČVUT
petd@post.cz, hubka.vit@seznam.cz, benk.r@seznam.cz

Abstrakt

RTG fázovou analýzou bylo určeno složení neznámého práškového vzorku. K získání difrakčního obrazu se použil θ -2 θ difraktometr s kobaltovou anodou. Výsledky se vyhodnotily s pomocí PDF (powder diffraction files) databáze.

Úvod

Dostalo se nám možnosti zkoumat neznámý vzorek, nejspíše vzniklý spálením povrchu oceli. Vytyčili jsme si tyto cíle: zjistit složení vzorku a pokud to bude možné tak i zastoupení jednotlivých složek.

Použitá technika

Použili jsme vybavení laboratoře KIPL FJFI, konkrétně difraktometru θ -2 θ značky Siemens se zářením rentgenky s kobaltovou anodou. Pro zpracování změřených dat jsme použili program BedeZDS Search/Match ve spojení s PDF (powder diffraction files) databází.

Metoda měření

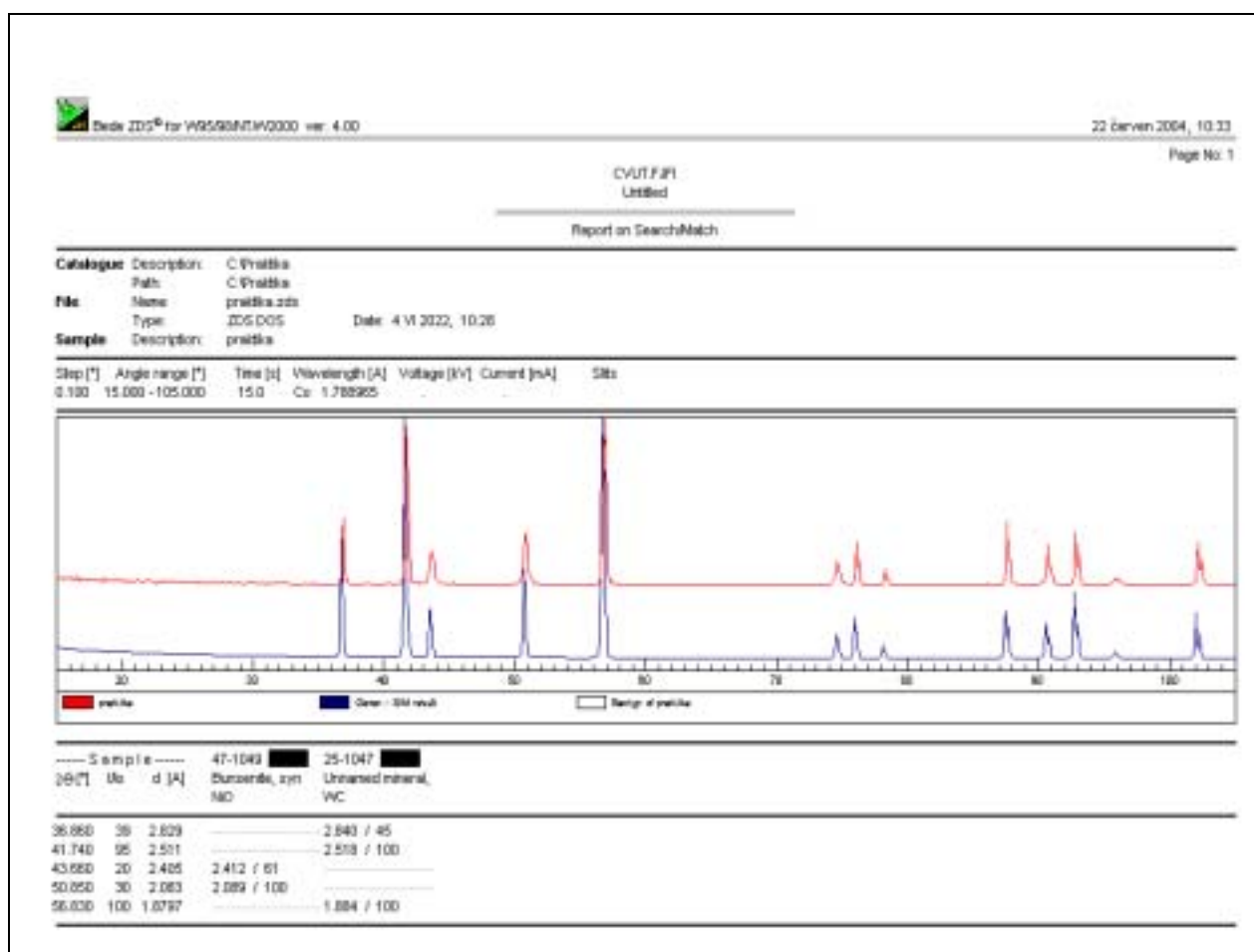
Použili jsme RTG fázová analýzu. Tato metoda je založena na rozptylu rtg. záření na polykrystalických látkách a práscích. V našem případě bylo užito charakteristického záření kobaltu. Rtg. záření je rozptylováno na krystalech, přičemž vzniká charakteristický difrakční obraz jednoznačně odpovídající dané fázi (struktuře krystalu).

Difrakční odraz se charakterizuje polohou a integrální intenzitou difrakčních linií. K jejich získání otáčíme detektorem a snímáme intenzitu rozptýleného rentgenového záření postupně pro jednotlivé difrakční úhly. Získaný difrakční obraz porovnáváme se záznamy v databázi (PDF-databáze), přičemž je nejprve třeba přepočítat hodnoty difrakčních úhlů na hodnoty mezirovinných vzdáleností pomocí tzv. Braggovy rovnice:

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta$$

Vlastní měření

Naměřený difrakční profil je znázorněn na obr.1. Difrakční profil znázorňuje intenzitu rozptýleného záření v závislosti na úhlu 2θ . Jednotlivé látky jsou charakterizovány polohou a integrální intenzitou difrakčních linií, jež slouží k jejich jednoznačné identifikaci. Na obr. 1 je zachyceno předpokládané složení neznámé směsy vyhledané programem BedeZDS Search/Match. Spolu s experimentálně určeným profilem (horním) je zachycen profil vypočtený z dat z databáze.



Obr. 1 Difrakční profily neznámé směsy, experimentálně určený (horní) a vypočtený z databáze (dolní).

Diskuse nálezu

Z obr.1 je patrné, že se analýzou podařilo identifikovat všechny difrakční linie neznámého vzorku. Vzorek je tvořen dvěma fázemi – hexagonálním WC a kubickým NiO. Na obr.2 a 3 jsou zachyceny karty z PDF databáze odpovídající těmto fázím.

ICDD Card No.	25-1047	Pattern Quality: E
WC		
Tungsten Carbide		
Mineral:	Unnamed mineral, syn [NR]	Group:
Rad:	CuK α 1	Lambda: 1.54056
Cutoff:	Intensity from:	Filter: Mono. d-sp:
Bind, McCarthy, G., Penn State Univ, University Park, PA, USA., ICDD Grant-in-Aid (1973)		Diffract. I/I(corundum): 0.00
System:	Hexagonal	Space Group: P-6m2 (187)
a:	2.9062	b: c: 2.8378 A:
a:	b:	g: Z: 1
Dx:	15.664	Dm: SS/FOM: F14 = 29(0.035,14) Volume: 20.76
Optic Indexes.:	w:	e: Sign: 2V:
Color:	Mol. Weight:	195.86
Sample obtained from General Electric, type KB, lot no. 131412. Described as a mineral from Mengyin, Shandong and Danba, Sichuan, China. Zianhong, Z., Guojie, Y., Zhao, L., Acta Mineral. Sinica, 6 344-349 (1986)., To replace 5-728.		
d [Å]	I/I ₀	H K L
2.84	45	0 0 1
2.518	100	1 0 0
1.884	100	1 0 1
1.454	20	1 1 0
1.42	6	0 0 2
1.294	25	1 1 1
1.259	14	2 0 0
1.236	30	1 0 2
1.151	20	2 0 1
1.015	14	1 1 2
0.951	10	2 1 0
0.946	1	0 0 3
0.942	10	2 0 2
0.902	20	2 1 1

Obr.2 Karta č. 25-1047 z PDF databáze odpovídající hexagonálnímu WC.

ICDD Card No.	47-1049	Pattern Quality: *
NiO		
Nickel Oxide		
Mineral:	Bunsenite, syn	Group: thite 0 CHC
Rad:	CuK α 1	Lambda: 1.54060
Cutoff:	Intensity from:	Filter: Mono. d-sp: Diffract.
Martin, K., McCarthy, G., North Dakota State Univ., Fargo, ND, USA., ICDD Grant-in-Aid (1991)		I/I(corundum): 6.15
System:	Cubic	Space Group: Fm3m (225)
a:	4.1771(8)	b: c: A:
a:	b:	g: Z: 4
Dx:	6.807	Dm: SS/FOM: F8 = 259(0.0039,8) Volume: 72.88
Optic Indexes.:	h:	2.270 Sign: 2V:
Color:	Green	Mol. Weight: 74.7
Winchell, Winchell, Elements of Optical Mineralogy 58 (1964)		
Sample annealed for 72 hours at 1100 C., Sample obtained from J.T. Baker Chemical Corporation., Average relative standard deviation in intensity of the 5, strongest reflections for 3 specimen mounts = 1.1%, Validated by calculated pattern., To replace 4-835.		
d [Å]	I/I ₀	H K L
2.412	61	1 1 1
2.089	100	2 0 0
1.4768	35	2 2 0
1.2594	13	3 1 1
1.2058	8	2 2 2
1.0443	4	4 0 0
0.9583	3	3 3 1
0.934	7	4 2 0

Obr.3 Karta č. 47-1049 z PDF databáze odpovídající kubickému NiO.

Závěr

Podařilo s nám zjistit složení neznámého práškového vzorku. Vzorek je směsí dvou fází – WC a NiO. Kvantitativní zastoupení jednotlivých fází však vyžaduje náročnější analýzu a nebylo určeno.

Poděkování

KIPL FJFI ČVUT za poskytnutí prostoru a přístrojů
Ing. Jiřímu Markovi za uvedení do problematiky RTG
Ing. Kamilu Kolaříkovi za asistenci a konzultace
Supervisorovi Ing. Petru Sedlákovvi za vše co pro nás udělal a za dobré vedení
Organizátorům FT 2004 za zajištění této možnosti

Reference:

- [1] www.sci.muni.cz/sulovsky/vyuka/lab_metody
- [2] KRAUS, I.: *Úvod do strukturní rentgenografie*, Academica 1985.
- [3] KRAUS, I.– GANEV, N.: *Difrakční analýza mechanických napětí*, Vydavatelství ČVUT, 1995.

Únavové poruchy letadel

Fraktografická analýza

M. Nesměrák, SPŠS Josefa Gočára, Praha (mima.m@seznam.cz)
M. Zeman, Gymnázium Vídeňská 47, Brno (martin.abe@quick.cz)
T. Jindra, Technické Lyceum SPŠE Pardubice (t.jindra@seznam.cz)
O. Marada, Technické Lyceum SOŠ, Strážnice (wirr@email.cz)
Z. Hájek, Gymnázium Jeseník, Jeseník

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámení se se současným stavem fraktografie u nás i ve světě a poznat základy práce s řádkovacím elektronovým mikroskopem, jako prostředkem, který umožňuje zkoumání únavových poruch letadel.

1 Úvod

Dnešní doba je zcela neodmyslitelně spjata s obrovským nástupem techniky do každodenního života člověka. Z tohoto důvodu je nezbytně nutné zabezpečit nejen kvalitu, ale i bezpečný provoz všech technických výrobků. Jedním z oborů, ve kterých se tyto nároky nejvíce projevují je letectví. Zde totiž není prostor pro mnoho chyb a navíc se za ně se zpravidla platí lidskými životy. Pro bezpečnost létání je nezbytně nutné zajistit nejen pevnost, ale i únavovou odolnost draku letounu po celou dobu jeho plánovaného provozu. Tento problém pomáhají řešit různé únavové zkoušky, při kterých jsou více či méně dokonale simulovány provozní podmínky strojů a zařízení. Na základě výsledků těchto zkoušek lze stanovit jak životnost sledované konstrukce, ale i četnost nutných bezpečnostních prohlídek. Nedílnou součástí uvedených výzkumů je následná fraktografická analýza porušených konstrukčních prvků. Cílem těchto analýz je mimo jiné časová rekonstrukce vzniku a rozvoje únavových trhlin. Fraktografické analýzy jsou zpravidla prováděny pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu.

2 Něco málo z historie a cílů fraktografie

- | | |
|-----------------|--|
| • Doba kamenná | - opracovávání kamenů řízenými lomy |
| • Doba bronzová | - metalurgie neželezných kovů |
| • Doba železná | - získávání rud + drcení rud |
| | - zpřístupnění železných materiálů |
| • 20. století | - fraktografie se stává samostatnou vědeckou disciplínou |

Hlavní cíle fraktografické analýzy lze definovat takto:

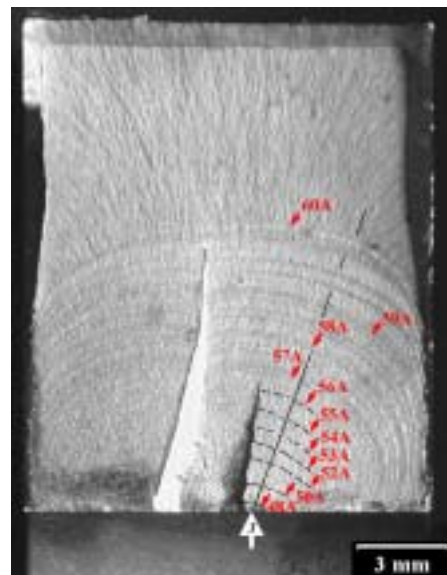
- Analýza příčin a způsobu vzniku poruch (především jejich závislost na čase a druhu namáhání)
- Získávání nových poznatků o průběhu a mechanismu šíření procesů porušování

3 Fraktografická analýza závěsu křídla

V rámci výzkumu únavových poruch letounu Ae 270, byla na fraktografickém pracovišti FJFI – KMAT provedena analýza závěsu křídla porušeného při únavové zkoušce draku letounu. Při zkoušce byla konstrukce zatěžována spektrem typu “let za letem“, které simulovalo provozní podmínky sledovaného letounu. Základní zatěžovací sekvence byla složena z devíti náhodně řazených letů, které se lišily jak četností výskytu, tak maximální úrovní zatížení. Jedna sekvence obsahovala celkem 2 892 letů.

Zjistili jsme hlavní výsledky fraktografické analýzy porušeného závěsu křídla letounu Ae 270.

Závěs byl porušen při laboratorní únavové zkoušce modelového vzorku. Postupně byly identifikovány jednotlivé postupové čáry na povrchu lomu. Následně byly postupové čáry přiřazeny k jednotlivým složkám zatěžovacího spektra a byl zrekonstruován časový průběh vytváření únavových poruch závěsu.



Výsledky fraktografické analýzy porušeného závěsu křídla Ae 270.

4 Poděkování

Chtěli bychom poděkovat všem kteří nám pomáhli s miniprojektem, především pak panu Ing. Janu Sieglovi, CSc.

5 Reference:

- [1] VZLÚ a.s.: *Pevnost letadel*.: <http://www.vzlu.cz>
- [2] KUNZ, J.: *Fraktografické studium šíření trhlin v letadlových konstrukcích* (Výzkumná zpráva LU 24/2001/CLKV.) Brno,CLKV 2001, 40 s.
- [3] SIEGL, J.: *Fraktografická analýza závěsu křídla letounu Ae 270 porušeného při únavové zkoušce* (Výzkumná zpráva V- KMAT-546/03.) Praha, ČVUT-FJFI-KMAT 2003, 20 s.

Mikroskopie v materiálovém výzkumu

Kačmár P. (xpetrx@seznam.cz), G Jeseník, Komenského 281,
Kočí M. (micha.koci@seznam.cz), G Sušice, F. Procházky 324,
Vacek V. (vaclav_vacek@seznam.cz), G Třebíč, Masarykovo nám. 9/116,
Václavek O. (Vaclavek@list.ru), G Havlíčkův Brod, Štáflova 2063

Abstrakt:

Tato práce se zabývá prostředky materiálové mikroskopie, seznamuje ostatní návštěvníky fyzikálního týdne a jiné čtenáře s optickou a elektronovou řádkovací mikroskopií kovových materiálů.

Úvod

Materiálová mikroskopie nachází své uplatnění. Nejprve jsme se seznámili s metodami práce s mikroskopy. Součástí výzkumu metody materiálů je i studování jejich mikrostruktury a to se děje po staletí mikroskopy optickými, po desetiletí pak elektronovými. Na katedře materiálů FJFI ČVUT jsme pracovali s mikroskopem optickým (Neophot-32 výrobce Karl Zeiss Jena NDR vybavený kamerou na snímání obrazu Olympus) i řádkovacím elektronovým (JEOL 5510LV Japonsko vybavený disperzním analyzátozem chemického složení), na obou typech jsem zkoumali vzorky oceli z potrubí na rozvod amoniaku.

Mikroskopie

Ke zobrazení struktury zkoumaných materiálů využíváme různých prostředků:

- Optický mikroskop

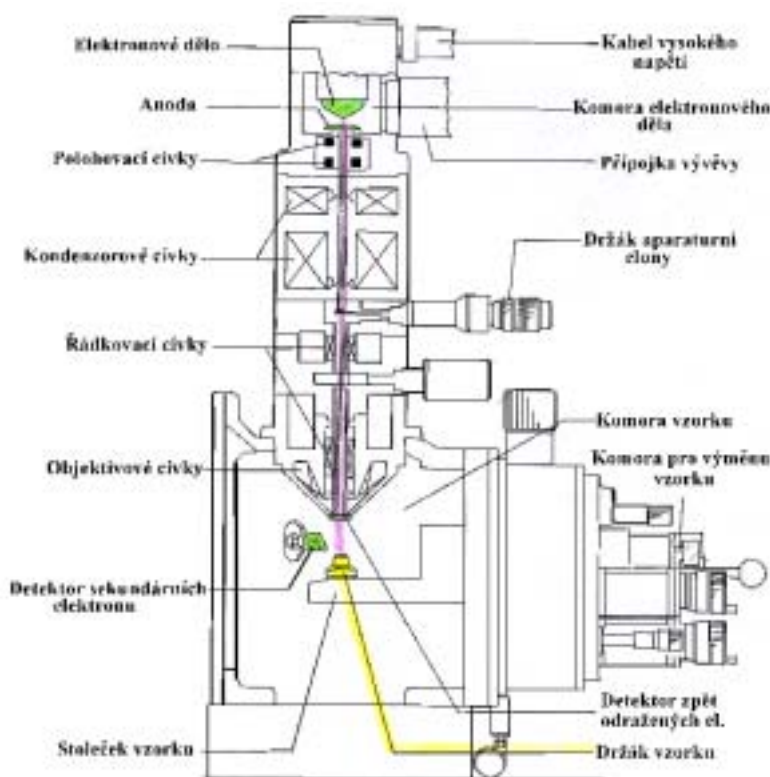
Materiálový výzkum si žádá speciální typy optických mikroskopů. Vzhledem k charakteru zkoumaných látek (kovy) není možné pozorovat klasickou metodou, založenou na průchodu světla vzorkem, nýbrž je nezbytné pozorovat světlo odražené. Světelný paprsek emitovaný halogenovou žárovkou nebo vysokotlakou výbojkou se přes soustavu filtrů a clon dostane až na zkoumaný vzorek. Od něj se odráží zpět do objektivu, projde soustavou čoček mezičlenu a je zpravidla zachycován digitální kamerou, která jej přenáší do počítače. Osvětlovací svazek prochází buď objektivem a na pozorovanou plochu dopadá kolmo – pozorování ve světlém poli, nebo dopadá šikmo usměrněn zrcadlem kolem objektivu – pozorování v tmavém poli.

Zkoumaný materiál musí být rovný, aby co nejvíce odrážel dopadající světlo. Pro docílení tohoto stavu se používá broušení a leštění a pro zviditelnění struktury je většinou nutné takto připravenou plochu vhodným způsobem naleptat. Důležitým předpokladem pro kvalitní pozorování je zkoumaná plocha bez poškrábání a nečistot. Za ideálních podmínek je maximální použitelné zvětšení těchto mikroskopů cca 2000x.

- Elektronový mikroskop

Pro pozorování při zvětšeních nad možnosti optického mikroskopu se používají elektronové řádkovací mikroskopy, které pro zobrazení používají jiného záření – svazku

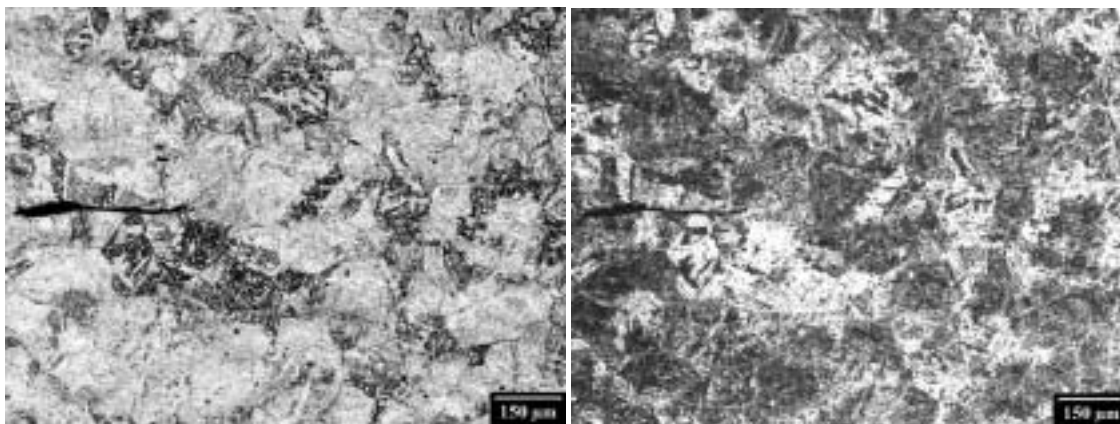
elektronů pohybujícího se periodicky po vzorku. Tak je umožněno zvětšení v řádu desetitisíců. Samotný princip je pak poměrně jednoduchý. Elektron vstupující do pozorované látky způsobuje uvolnění různých druhů záření, které následně využíváme k získání informací nejen o struktuře (elektrony), ale i o složení vzorku (rentgenové záření). Nejčastější je pozorování v sekundárních elektronech a v elektronech zpětně odražených. Protože nabíjení vzorku je nežádoucí, musí mít vodivý povrch, aby se dal přebytečný náboj odvádět. Na mikroskop jsou však kladeny značně vysoké technické nároky. Musí být zajištěno např. vakuum okolo vzorku, odvod přebytečného náboje, chlazení.



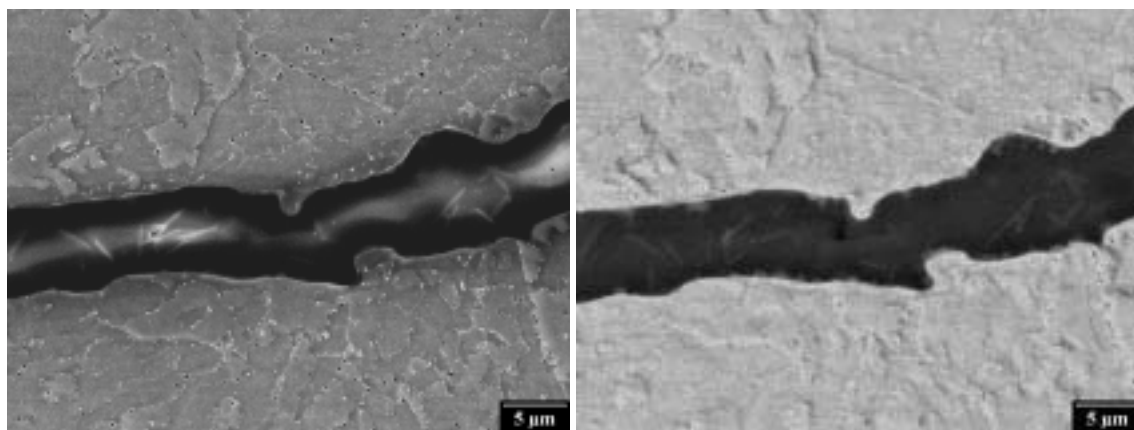
Obr.1 Schéma řádkovacího elektronového mikroskopu

Popis vzorků a pozorování

Oběma mikroskopy byl pozorován vzorek ušlechtilé oceli z potrubí rozvádějícího amoniak. Vzorek byl původně připraven pro optický mikroskop (zalit do pryskyřice, vybroušen a naleptán) a po pozorování optickým mikroskopem byl vyňat a očištěn k pozorování v elektronovém mikroskopu.

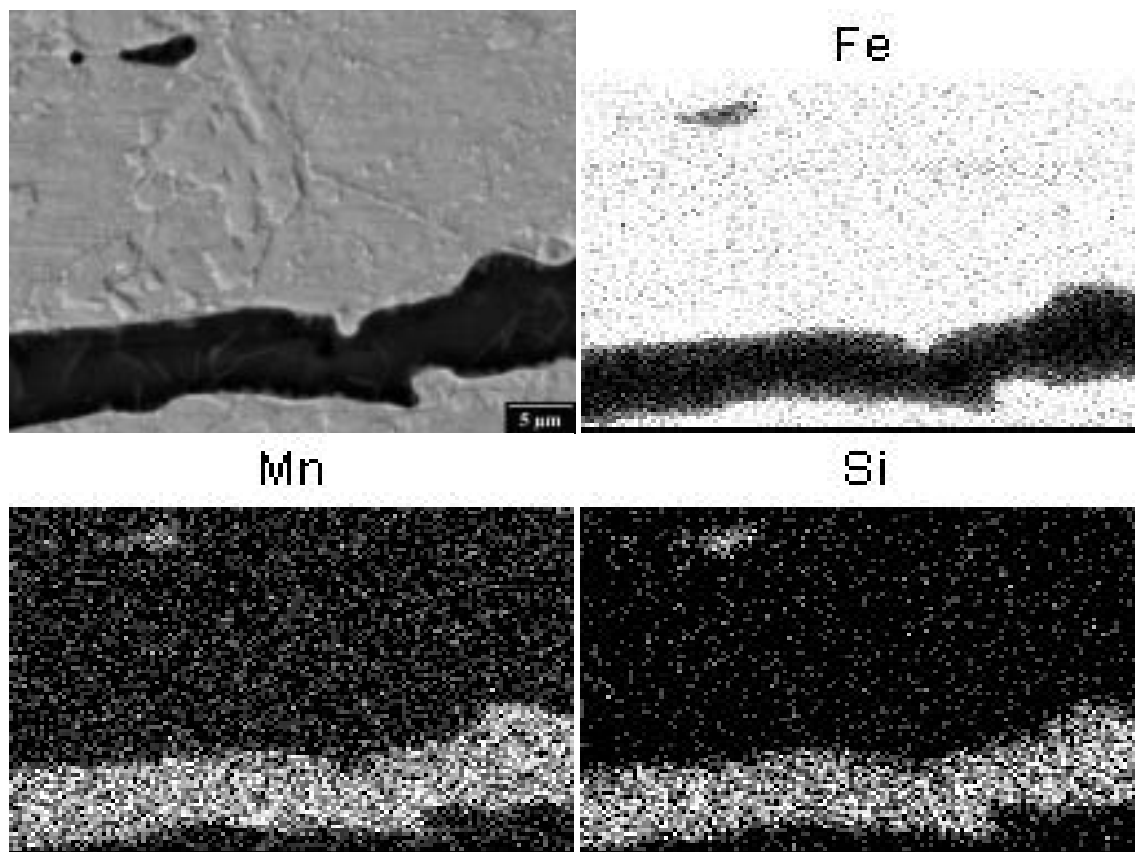


Obr.2 Snímky oceli optickým mikroskopem pořízené v světlém (vlevo) a tmavém poli



Obr.3 Struktura oceli s vměstkem pozorovaná elektronovým mikroskopem v sekundárních elektronech (vlevo) a ve zpětně odražených elektronech typu shadow

Zjištěná přítomnost vmětku nás inspirovala k provedení orientační chemické analýzy pomocí energiově-disperzního analyzátoru, který využívá emise rentgenového záření při dopadu elektronů. Výsledky jsou na obrázku 4. Z obrázku vyplývá, že ve vmětku není prakticky žádné železo, obsahuje však poměrně dost manganu i křemíku.



Obr.4 Rozložení prvků po pozorované ploše vmětku.

Shrnutí

Kombinací obou zde zmíněných pozorovacích metod je možné získat rozsáhlé informace o mikrostruktuře materiálů. Kromě vyhodnocování výbrusů se elektronový řádkovací mikroskop hodí i pro sledování lomových ploch, neboť má oproti optickému mnohem větší hloubku ostrosti, což je převedeno v práci kolegů z letecké sekce pracovní skupiny.

Poděkování

Ing. J.Adámkovi

Reference:

- [1] T. Vychodil, P. Troubil, A. Sejkorová, O. Červený: Mikroskopie a lokální elektronová mikroanalýza v materiálovém výzkumu; 2003

Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů

M. Kohout

Gymnázium Třebíč, Masarykovo náměstí 9/116,

m-voxel-k@seznam.cz

M. Kvapil

Gymnázium Brno, Vídeňská 47

kv.michal@seznam.cz

N. Hlaváčová

Gymnázium Olomouc, Čajkovského 9

NikolaHlavacova@anubis.cz

M. Klicpera

Gymnázium Čelákovice, J. A. Komenského 414

mi.klicpera@seznam.cz

P. Heidrich

Gymnázium P. Bezruče, Frýdek-Místek, ČSA 517

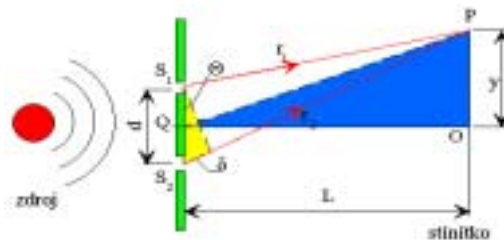
pheidrich@seznam.cz

Abstrakt:

Neustále se zvyšující požadavky na používané materiály zapříčinily masivní rozvoj transmisní elektronové mikroskopie, která se stala nedílnou součástí moderního výzkumu. Difrakci elektronů jsme studovali na materiálech napařených na tenkých fóliích pomocí transmisního elektronového mikroskopu JEOL JEM 2000FX, který pracuje s urychlovacím napětím 200kV. Hlavní náplní naší práce bylo pozorování a následná analýza difraktogramů monokrystalu zlata a polykrystalů hliníku a TiCl₃.

1 Úvod

Jedním z možných způsobů, jak proniknout do nitra samotného materiálu a dozvědět se něco více o jeho vnitřní struktuře, je využití transmisní elektronové mikroskopie. Podstatu této metody tvoří jev známý již od počátku 19. století - difrakce. První, kdo osvětlil princip tohoto dodnes hojně využívaného jevu, byl anglický fyzik Thomas Young, který provedl experiment s vlnami v roce 1801.



Obr. 1 Vlnkový pokus

monochromatických paprsků o vlnové délce λ (viz obr. 1). Tyto paprsky nechal dopadat na dvě štěrby, na kterých došlo k ohybu (difrakci). Na stínítku umístěném v dostatečné vzdálenosti od štěrbin pozoroval světlé a tmavé proužky. Po podrobné analýze zjistil, že světlé proužky odpovídají těm místům na stínítku, pro něž je splněna podmínka

$$d = r_1 - r_2 = d \sin \theta = n \lambda$$

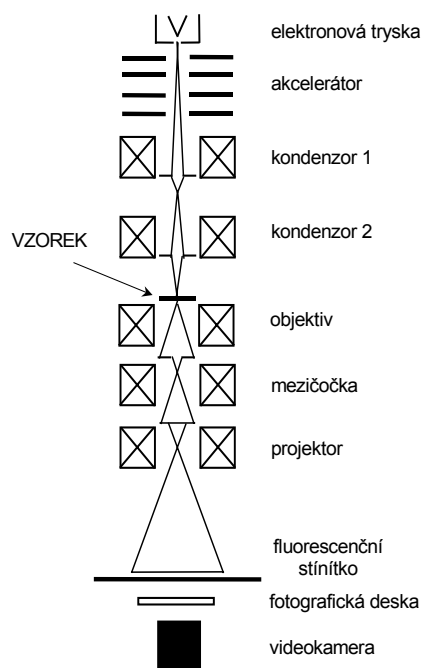
kde d je dráhový rozdíl obou paprsků vycházejících ze štěrby S_1, S_2 , jenž je roven celistvému násobku vlnové délky dopadajícího záření. Roku 1913 anglický fyzik Sir W.L. Bragg aplikoval tento jev na krystalovou mřížku (Braggův vztah), kdy d označuje vzdálenost mezi rozptylovými centry - rovinami atomů.

2 Studium vnitřní struktury krystalů

Transmisní elektronová mikroskopie

S rapidním rozvojem techniky a s tím souvisejícími požadavky na používané materiály se transmisní elektronová mikroskopie stala nedílnou součástí moderního výzkumu. Podstatou této metody je výše zmíněná difrakce urychlených elektronů na krystalové mřížce zkoumaného vzorku.

Základní schéma transmisního elektronového mikroskopu (TEM) je znázorněno na obrázku 2. Elektrony produkované elektronovou tryskou a urychlené pomocí akcelérátoru procházejí nejprve osvětlovací soustavou složenou většinou ze dvou kondenzorů, dopadají na studovaný vzorek a vstupují do zobrazovací soustavy, která zvětšuje obraz vytvořený objektivovou čočkou a promítá ho na fluorescenční stínítko, fotografickou desku či na videokameru. Celý prostor chodu elektronového svazku je soustavně čerpán na vysoké vakuum, aby elektrony nebyly rozptylovány na molekulách plynů.

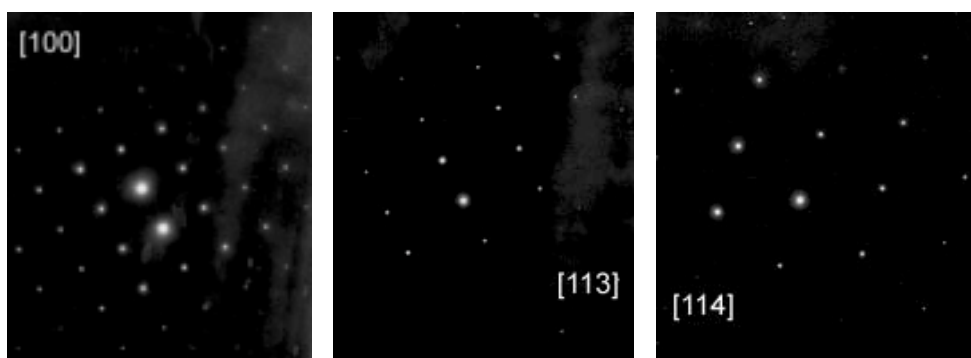


Obr. 2 Schéma transmisního elektronového mikroskopu

TEM lze použít ve dvou módech pozorování – přestřelním mezičočky na obrazovou rovinu objektivu zobrazíme difrakci a přestřelním mezičočky na zadní ohniskovou rovinu objektivu sledujeme přímé zobrazení struktury (dislokace, hranice zrn, atd.).

Určení směru dopadajícího elektronového svazku na monokrystal

Cílem naší práce bylo určit z difraktogramů monokrystalu zlata směr dopadajícího elektronového svazku (tj. natočení monokrystalu). Změřením příslušných úhlů a vzdáleností mezi nejbližšími difrakčními stopami jsme s pomocí tabulek určili odpovídající natočení mřížky monokrystalu zlata (viz obr. 3).

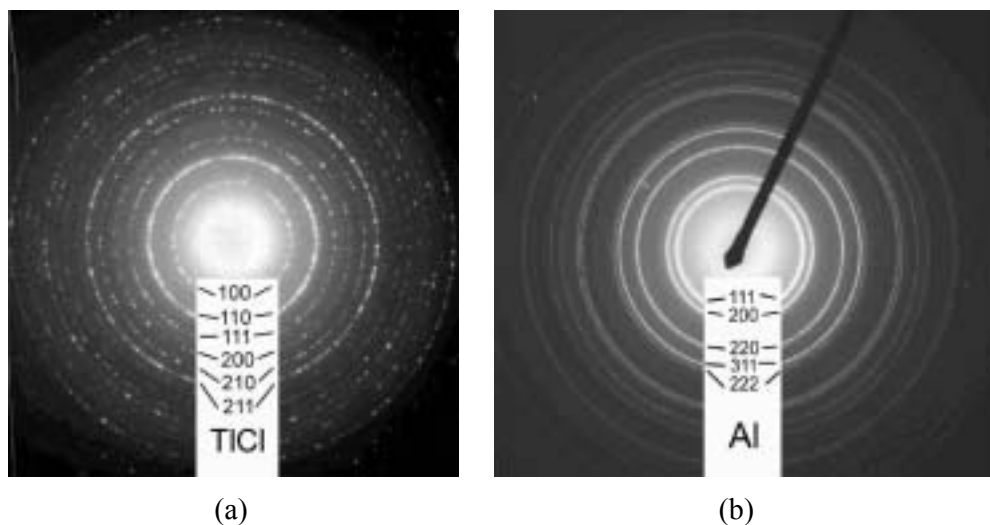


Obr. 3 Difraktogramy monokrystalu zlata

Difrakce na polykrystalu

Narozdíl od monokrystalu, kde se difrakce projevuje diskretními body, je difraktogram polykrystalu tvořen soustřednými kružnicemi. U některých krystalografických struktur dochází k zakázané reflexi v důsledku destruktivní interference. A právě tyto reflexe, které se neprojeví na difraktogramu, nám můžou pomoci k určení struktury látky.

V této části řešení úkolu jsme měli přiřadit dva neznáme difraktogramy ke dvěma látkám (TiCl₃, Al). Difraktogram primitivní mřížky TiCl₃ se lišil od difraktogramu plošně centrované mřížky Al právě v již zmíněných zakázaných reflexích. Na základě chybějících reflexí jsme správně přiřadili k jednotlivým látkám jejich difraktogramy.



Obr. 4 Difraktogramy polykrystalických vrstev (a) TiCl₃ a (b) Al

3 Shrnutí

Cílem naší práce bylo seznámit se s TEM, s jeho využitím v praxi a s vyhodnocováním výsledků pozorování. Byly nám zadány dvě úlohy, na kterých jsme si vyzkoušeli práci seriózního badatele.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze, všem organizátorům Fyzikálního týdne 2004, MFF UK v Praze a především našemu super supervizorovi Ing. Petru Homolovi.

Reference:

- [1] SMOLA, B.: *Transmisní elektronová mikroskopie ve fyzice pevných látek*, SPN Praha 1983
- [2] KITTEL, CH.: *Úvod do fyziky pevných látek*, Academia 1985
- [3] KARLÍK, M.: *Pohled na atomy: vysokorozlišovací elektronová mikroskopie*, Rozhledy matematicko-fyzikální 1995
- [4] http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/FT/2004/Difrakce/Rozhledy_TEM_iso.htm
- [5] <http://matter.org.uk/diffraction>
- [6] http://pascal.fjfi.cvut.cz/cgi-bin/toCPI250/~drska/edu/webfyz/rtg_difrakce/zuzstr1.html

Po stopách zdrojů radonu v Louňovicích

Vlastimil Košar*

Martin Paták**

Iveta Kráčmarová***

Supervizor: Ing. Zdeněk Berka

*Gymnázium Brno, Vídeňská 47

**Gymnázium Sušice

***Gymnázium Čajkovského, Olomouc

*Vlastik9a@atlas.cz

**MartinPatak@post.cz

***Heta.Heta@seznam.cz

Abstrakt:

V miniprojektu jsme se zaměřili na měření přirozené radioaktivity v oblasti gama záření a na koncentraci radonu v půdním vzduchu v oblasti Louňovice (střední Čechy). Po měření koncentrace v půdním vzduchu v prostoru vodárny jsme došli k závěru, že tento pozemek leží ve vysokém radonovém riziku. Zmapovali jsme dávkové příkony gama záření v budově vodárny a spektrometrii v blízkém okolí.

1 Úvod

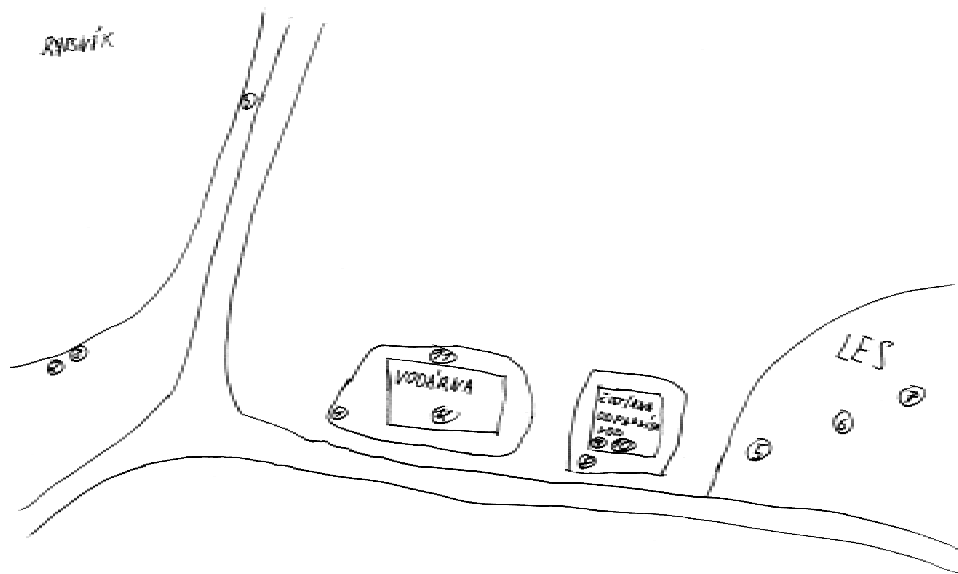
Obec Louňovice leží v oblasti s vysokou přirozenou radioaktivitou. V podloží se nachází vyvřelé horniny, které obsahují prvky s dlouhým poločasem rozpadu (uran, thorium), z nichž se při přeměně uvolňují radioaktivní prvky. Nejvýznamnější z nich pro naši problematiku je plyný radon, který se snadno rozpouští ve vodě. Vodárna v Louňovicích odebírá vodu s vysokým obsahem radonu. Naším úkolem bylo vyhodnocení radonového indexu pozemku. Dále bylo měřeno spektroskopicky záření gama u vodárny a blízkém lese.

2 Po stopách radonu

1. Měření dávky gama záření pomocí měřiče dávkového příkonu gama
2. Gama spektrometrie půdy
3. Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu

Ad 1:

K měření jsme použili dva měřiče dávkového příkonu gama záření (Tesla NB 3201 se scintilačním detektorem a Eberline FH 40F2 s G-M detektorem). V okolí jsme nezjistili žádné extrémní hodnoty gama záření.



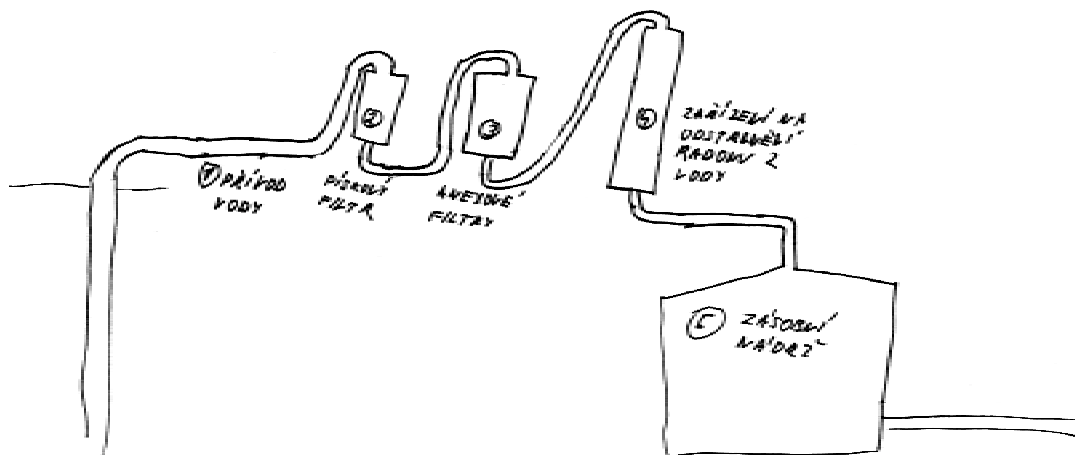
obr.1

Náčrtek sledované oblasti

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
dávkový příkon γ záření v nSv/h	143,2	155,1	170,2	150,2	170,7	215,3	215,5	161,3	150,1	134,9	176,5	176,1

Dávkový příkon gama záření

Dále jsme měřili hodnoty dávkového příkonu gama záření v budově vodárny. Do vodárny přitéká voda z hlubinných vrtů, která je zamořená radonem a nesplňuje normy pro pitnou vodu. Z tohoto důvodu se musí upravovat speciálním zařízením (radonová korona), které tento plyn z vody odstraní.



obr.2

Náčrtek vodárny

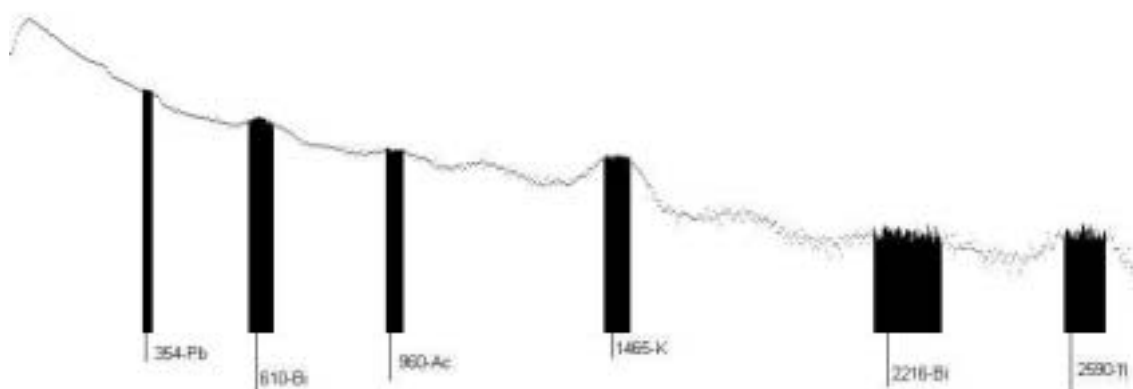
Číslo měření	1	2	3	4	5
dávkový příkon γ záření v nSv/h	210	982,8	649,4	193,7	108

Dávkový příkon záření gama je relativně vysoký zvláště u pískových filtrů, což může být způsobeno usazováním radioaktivních nečistot z vrtů.

Ad 2:

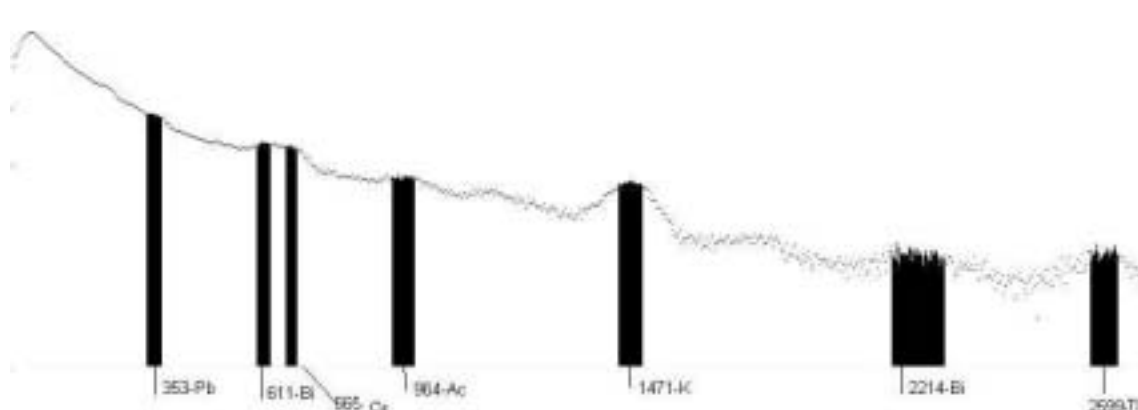
Provedli jsme spektroskopický průzkum podloží v blízkosti vodárny (obr.3) a v blízkém lese (obr.4).

Půda obsahuje nuklidy radioaktivních prvků, konkrétně se jedná o izotopy ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{228}Ac , ^{40}K , ^{208}Tl , ^{137}Cs .



obr.3

Spektroskopický průzkum podloží v blízkosti vodárny



obr.4

Spektroskopický průzkum podloží v lese

Můžeme si všimnout, že v blízkosti vodárny chybí prvek ^{137}Cs (cesium). ^{137}Cs se vyskytuje v povrchové vrstvě půdy, protože je zapříčiněno především havárií jaderné elektrárny Černobyl a následným spadem. V okolí vodárny je navážka, a proto zde cesium chybí.

Ad 3:

Koncentraci radonu v půdě jsme zjistili pomocí ionizačních komůrek. Nejprve jsme zatloukli duté tyče 80 cm do země a odčerpali půdní vzduch, který jsme po 15 min. v ionizačních komůrkách analyzovali. Ze získaných hodnot jsme vypočetli třetí kvartil : $51 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$, což zařazuje pozemek do vysokého stupně radonového rizika.

3 Shrnutí

Z měření vyplývá, že dávkový příkon je zde relativně vyšší a podloží patří do vysokého stupně radonového zatížení (půda je vysoko propustná). Ze zjištěných hodnot můžeme usuzovat, že dlouhodobý pobyt v této lokalitě není nebezpečný. Spektrometrií jsme zjistili, že v půdě u vodárny se nevyskytuje ^{137}Cs .

Poděkování

Děkujeme Ing. Zdeňkovi Berkovi, za podporu v tomto projektu Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT, Nadačního fondu teoretické fyziky, Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci Fyzikálního týdne a děkanátu FJFI ČVUT.

Reference:

- [1] ČECHÁK T.: *Základní fyzikální pojmy z oblasti radioaktivity*, ČVUT FJFI
- [2] www.sweb.cz/mereni.radonu
- [3] www.suro.cz
- [4] www.radon.com

Můžete se v Louňovicích bez obav napít?

E. Černohorská¹, Lenka Fridrichová², Jana Kaděrová³, Táňa Pokorná⁴

¹Gymnázium Karlovy Vary, ²Gymnázium Pelhřimov

³Gymnázium Komenského Havířov,

⁴Gymnázium prof. Jana Patočky Praha

¹evajs@atlas.cz, ²fridri@seznam.cz, ³j.kaderova@centrum.cz,

⁴TanaPokorna@seznam.cz

supervizor: RNDr. Lenka Thinová

Abstrakt:

Úkolem naší skupiny bylo změřit množství radonu v ovzduší, podloží a ve vodě v oblasti se zvýšeným obsahem přirozené radioaktivity, a tak stanovit nebezpečnost této oblasti. Naším pracovištěm byla vodárna v obci Louňovice a její okolí.

1 Úvod

Radon

Z fyzikálního hlediska jde o inertní plyn s atomovým číslem 86. Radon je součástí uran-radiové řady, přeměňuje se s poločasem přeměny 3,82 dne na radionuklid ^{218}Po , přičemž je emitována částice alfa s energií 5,49 MeV ($1 \text{ MeV} = 1,0622 \cdot 10^{-19} \text{ J}$). Radon a jeho dceřiné produkty se podílejí přibližně 50% na celkové efektivní dávce ozáření, kterou průměrně obdrží jedinec za život. Radon má více produktů přeměny: ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{218}Po ; jejich společnou vlastností je krátký poločas přeměny a výskyt ve formě aerosolů. Zdroje radonu ve stavbách jsou: podloží, stavební materiály a dodávaná voda. Z podloží uniká netěsnostmi do domu půdní vzduch, což je příčinou až 99% případů zvýšených koncentrací Rn. Z tohoto důvodu je nutné provádět průzkum výskytu Rn před zahájením stavby domu. Je-li radonové riziko střední nebo vysoké, je povinností stavebníka provést izolaci proti pronikání radonu z podloží. Pro různé hodnoty objemové aktivity (zjištěné nejčastěji měřením vedoucím k odhadu roční průměrné ekvivalentní aktivity Rn) jsou vhodné menší či větší zásahy, od jednoduchých – zvýšené větrání, po stavební úpravy většího rozsahu. Při překročení meze 2000 Bq.l^{-1} je nutné vyloučení pobytu osob, které by jinak byly vystaveny vysokému riziku. Pro jednotlivé stavební materiály (mohou být významným zdrojem Rn) jsou stanoveny limity a směrné hodnoty hmotnostní aktivity ^{226}Ra (z něho Rn vzniká). Obdobný systém limitů existuje pro některé radionuklidy, které smějí být obsaženy ve vodě. Pro obsah Rn ve vodě dodávané do veřejných vodovodů je dána pouze směrná (nikoli limitní) úroveň objemové aktivity – 50 Bq.l^{-1} . Ke snížení obsahu Rn přispívá provzdušňování vody, Rn se snadno uvolňuje do vzduchu. Uživatelům vody z individuálních zdrojů (studny) se doporučuje opatření ke snížení objemové aktivity Rn při překročení

200 Bq.l⁻¹, při překročení hodnoty 1000 Bq. l⁻¹ je třeba používat jiný zdroj vody. Působení ionizujícího záření na živou tkáň má 2 typy účinků – deterministické (způsobeny přímým poškozením buněk ozářeného organismu) a stochastické (vyvolané změnami v genetické informaci buňky).

2 Radioaktivita v přírodě

Radioaktivita

Radioaktivní prvky jsou součástí každého prostředí. Jejich atomová jádra jsou schopna samovolně se přeměňovat na jiná jádra. V některých případech mohou jednotlivé atomy tvořit přeměnové řady, jejichž členy jsou radioaktivní, kromě posledního - stabilního jádra.

Radioaktivní přeměna je doprovázena uvolněním určité energie a emisí některé z částic radioaktivního záření. Pravděpodobnost přeměn určitého jádra atomu je určena poločasem přeměny radionuklidu. Radionuklidy rozlišujeme podle způsobu vzniku na přírodní a umělé, dále také podle způsobu radioaktivní přeměny. Přírodní radionuklidy vznikly nebo vznikají nezávisle na lidské činnosti (²³⁸U, ⁴⁰K, ²³⁵U, ²³²Th – jejich poločas rozpadu je srovnatelný se stářím Země + jejich dceřinné produkty ²²⁶Ra, ²²²Rn; radionuklidy vznikající ze stabilních nuklidů působením kosmického záření – ¹⁴C, ³H), umělé radionuklidy vznikají lidskou činností (¹³¹I, ¹³⁷Cs). Při přeměně alfa je z jádra emitováno jádro He (alfa částice), protonové číslo dceřinného jádra se zmenší o 2, atomové o 4. Přeměnu beta charakterizuje emise elektronů nebo protonů z jádra. Při záření gama dochází k tomu, že atomy ve vzbuzeném stavu se vrací do nižšího energetického stavu vyzářením fotonu. Záření gama doprovází značnou část radioaktivních přeměn. Posledním typem radioaktivní přeměny je štěpení. Mateřské jádro se rozštěpí na dvě nebo více jader samovolně či po interakci s jinou částicí.

Určitá radioaktivní přeměna je jednoznačně charakterizována výchozím a cílovým jádrem a poločasem rozpadu – tyto skutečnosti definují veličinu aktivita (její jednotkou je Bq – Becquerel). Množství radionuklidu má aktivitu 1 Bq, dochází-li v něm průměrně k 1 přeměně za sekundu. V praxi užíváme veličiny objemová aktivita (Bq.m⁻³) a hmotnostní aktivita (Bq.kg⁻¹).

Geologická stavba

Nejvíce radonu se vyskytuje v oblastech vyvěřelin – to znamená hlavně v oblasti středních Čech, která geologicky spadá do středočeského plutonu. Středočeský pluton je třetí největší těleso v českém masívu o přibližné délce 146 km, šířce 30 km a ploše kolem 3200 km². Petrograficky patří stř. pluton k nejpestřejším masívům hlubinných vyvěřelin u nás. V oblasti Louňovic, což je severozápadní cíp plutonu, je hlavní horninou biotitický granodiorit (adamellit – říčanský typ), který je zčásti zakrytý permokarbonskými a křídovými uloženinami. Adamellit bývá považován za jednu z nejmladších intruzí plutonu. Kromě adamellitu místy zasahují do této oblasti i výběžky tzv. leukokratních žul (např. říčanská žula).

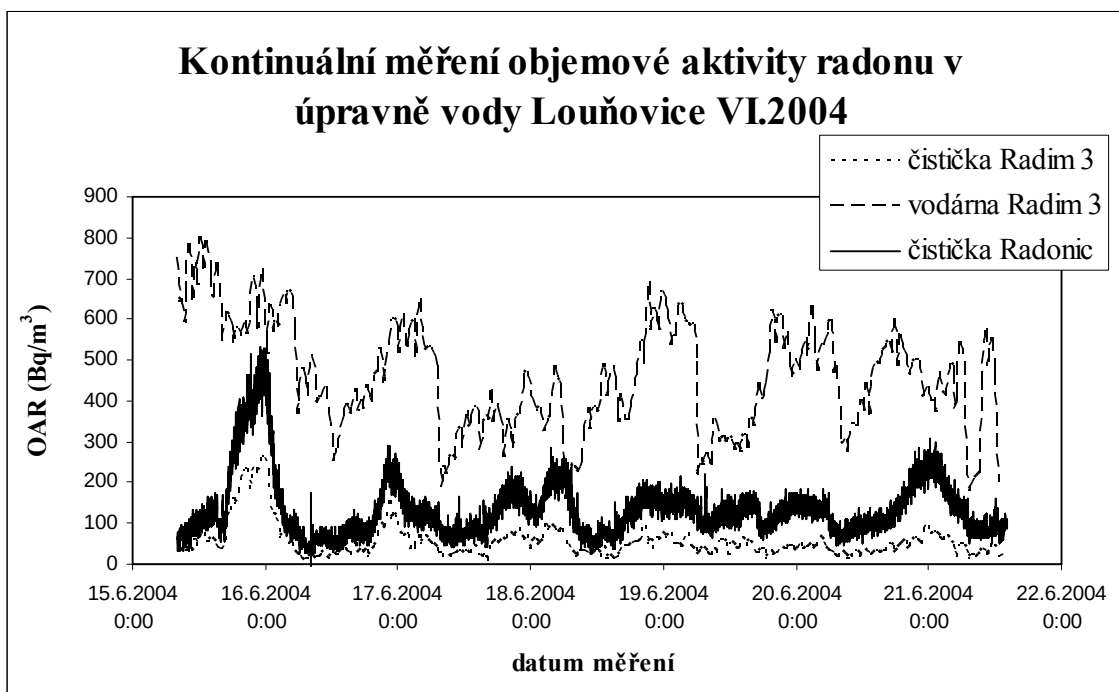
Měření

- 1) Radon ve vzduchu

Místa pro měření jsme vybíraly záměrně tak, abychom mohly určit rizikovost pracoviště pro obsluhu místní vodárny a čističky odpadních vod (od sebe vzdáleny asi 20 m). Aktivita radonu v atmosféře je skoro nulová.

K měření aktivity radonu a jeho dceřiných produktů ve vzduchu jsme používaly přístroje RADIM 3, ionizační komoru RADONIC a PSDA. Tyto přístroje zaznamenávají počet impulsů (přeměn) v určitém časovém úseku a nerozlišují nijak přeměňované prvky (kromě PSDA) na rozdíl od spektrometru.

Přístroj RADIM 3 dokáže měřit aktivitu kontinuálně, což znamená, že naměřené hodnoty si postupně zaznamenává do paměti a pokračuje v dalším měření dle naprogramování. Stejně tak i ionizační komora. Obě zařízení byla instalována již týden před naším měřením, abychom mohly získat dlouhodobější přehled aktivity radonu ve vzduchu, která se během dne mění (souvinnost s tlakem). Měření RADIMem 3 probíhalo každou půlhodinu od 15.6.2004 7:50 do 21.6.2004 13:26, měření ionizační komorou každou minutu ve stejném období. RADIM 3 navíc zaznamenával údaje o okolí (teplota, tlak, vlhkost), které jsme ale do konečných grafů nezaznamenávaly. Přístroje byly umístěny na dvou místech: v místnosti obsluhy čističky odpadních vod a v místnosti obsluhy vodárny (kdy byl však umístěn pouze přístroj RADIM 3). Z vytvořeného grafu jsme si snadno mohly ověřit, že větráním (otevíráním dveří) po ranním příchodu obsluhy vodárny do práce aktivita radonu ihned klesla.



Přístroj PSDA slouží pouze k jednorázovému určení aktivity dceřiných produktů radonu – kovy (Po, Pb, Bi). Nejdříve jsme po dobu 5-ti minut speciálním zařízením prosávaly vzduch přes filtr, poté jsme během půlminuty vložily tento filtr do PSDA a zapnuly ho na dobu 3000 s. První odečet naměřených impulsů jsme prováděly po 10-ti minutách od zahájení prosávání vzduchu, další pak ve 20-ti minutách a na konci. Dalšími výpočty jsme získaly naměřené aktivity. Měření jsme prováděly v místnosti obsluhy vodárny, v místnosti, kde voda poprvé přicházela z vrtů do vodárny a v místnosti obsluhy čističky.

prvek	koncentrace		
	obsluha	vodárna	čistička
²¹⁸ Po	54,325	722,1	9,97
²¹⁴ Pb	186,35	462,46	37,8
²¹⁴ Bi	1 110,682	1 513,73	75
²²² Rn	7 539,8	13 436,1	715,6

2) Radon ve vodě

I přesto, že je radon plyn, rozpouští se ve vodě a může se tedy s ní dostat do těla, proto je důležité sledovat jeho obsah ve vodě. Ve vodě je optimálně 50Bq/m³ a nesmí však přesáhnout 300 Bq/m³. Proto se ve vodárně v Louňovicích musí z vody odstraňovat radon probubláváním vzduchem (voda je ve vodárně vstřikována proti silnému proudu vzduchu), tím se radon uvolní do vzduchu, kde se rozptýlí a voda je nezávadná.

My jsme aktivitu měřili pomocí přístroje RADIM 4 ve vodě z různých míst z celé vesnice: z vody pro veřejnou síť před probuláním, z obecního vodovodu, ze studny dvou rodin, z nichž jedna byla povrchová a jedna hlubková a dále ze studánky v lese.

Voda, která se měřila tímto přístrojem musela být donesena v lahvích bez vzduchových bublin, aby do nich radon nevypřchal. Poté jsme ho přelily do zkumavky připojené k přístroji, který vodu probublal a pak změřil koncentraci radonu ve vzduchu nad vodou stejným způsobem jako RADIM 3.

	změřená aktivita radonu [Bq/dm ³]	přepočtená aktivita radonu [Bq/dm ³]
obec-vodovod	29	29
hlubinná studna	646	657
studánka	147	154
povrchová studna	90	105
vodárna - před čištěním	529	612

Je vidět, že voda z hlubinné studny má asi stejnou koncentraci radonu, jako voda ve vodárně před probuláním, tedy velmi vysokou a tím velmi ohrožuje rodinu, která tuto vodu dlouhodobě pije, naopak voda z povrchové studny a studánky je nezávadná.

3) Radon v půdě

K určení rizikovosti oblastí se používá radonový index, který závisí na permeabilitě podloží a na dávkovém příkonu gama záření. Nejvíce závisí radonový index na obsahu radonu v půdním vzduchu, který se měří pomocí ionizačních komůrek. Tyto komůrky měří indukovaný proud, který vzniká rozpadem částic alfa uvnitř komory. Rizikovost se stanovuje podle 3. quartilu naměřených hodnot a přihlíží se k dávkovému příkonu gama záření. Při velké permeabilitě podloží je nízká rizikovost do 10, střední do 30 a my jsme naměřili 74. Dávkový příkon gama záření je 30, což je v normě, ale i přesto je riziko největší v celé České republice.

Aktivita půdního vzduchu:

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Aktivita Rn[kBq/m ³]	108	13,1	7,9	144	227	262	10,5	20,1	34,3	38	39,8	16,2	23,9	20,8	13,3

Dávkový příkon gama (pGy/s):

Číslo měření	1	2	3	4
1	31,8	32,8	31	30,5
2	32,2	33,5	30,1	29,7
3	31,5	32,9	29,4	31,4
4	32,1	33,9	30,2	31,8
5	31,9	32,1	32,7	31
průměr	31,9	33,04	30,68	30,88

Maximum: 33,9
Minimum: 29,4
Průměr: 31,625

Vzorky horniny (adamelitu) jsme prověřovaly laboratorním spektrometrem. Ten je schopen rozeznat jednotlivé radioaktivní prvky v hornině na základě energie, kterou tyto prvky vyzařují při rozpadu – tato energie je pro jednotlivé prvky specifická.

vzorek	hmotnostní aktivita [Bq/kg]			index hmotnostní aktivity
	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	⁴⁰ K	
adamelit	62	99	1419	1,175
adamelit s větším obsahem živce	43	103	1381	1,119

Pro stavební materiál musí být index hmotnostní aktivity nižší než 1, proto je adamelit z oblasti Louňovic jako stavební materiál nevhodný.

3 Shrnutí

Naším měřením jsme potvrdily již dříve známý fakt, že celá oblast Louňovic patří mezi oblasti se zvýšeným radonovým rizikem. Vodu, která je z této oblasti získávána, je nutno před vpuštěním do veřejného vodovodu speciálně upravit (naměřená hodnota aktivity je několikanásobně vyšší než stanovený limit). Stejně tak dlouhodobý pobyt a především nedostatečné větrání prostor vodárny mohou ohrožovat zdraví obsluhy. Domy v této oblasti by se měly stavět s přihlédnutím k riziku s dokonalejší izolací proti radonu. Voda z hlubinné studny u jednoho z louňovických domů je nevhodná k pití a je nutno učinit další opatření. Také by bylo vhodné zkontrolovat vodu ve všech domácnostech, které nejsou připojeny na veřejný vodovod. Již upravená voda z veřejného vodovodu je však nezávadná, proto se můžeme v Louňovicích z veřejného vodovodu bez obav napít!

Poděkování

Poděkování patří především organizátorům Fyzikálního týdne na FJFI ČVUT, dále pak obyvatelům obce Louňovice a zdejšímu Obecnímu úřadu, také panu Danešovi a civilkáři Tomášovi za provedení místní vodárny a čističky odpadních vod a za jejich ochotu. Nejvíce bychom ale chtěly poděkovat naší SUPER supervisorce Lence!

Reference:

- [1] MANOVÁ M., MATOLÍN M.: *Radiometrická mapa ČR 1:500 000*, Český geologický ústav, 1995
- [2] <http://tady.cz/potchli/sp.htm>
- [3] *Geologická mapa ČR*, ÚÚG Praha, 1966
- [4] MOUČKA L., *Zdroje a transport radonu v budovách*

Počítačové generování fraktálních množin

T. Jakoubek * (loony@seznam.cz)

O. Ševela **

J. Šotola °

P. Dlouhý °°

H. Korčák °°°

*Gymnázium a SPgŠ, Liberec

**Gymnázium Vídeňská, Brno

°Mendelovo gymnázium, Opava

°°Gymnázium Bernarda Bolzana

°°°Gymnázium T.G.M. Hustopeče

Cílem naší práce bylo zkoumat nekonečně složité geometrické útvary – fraktály a demonstrovat význam nelineární geometrie. Miniprojekt byl zaměřen na generování základních polynomických fraktálů, L-systémů a systémy afinních transformací (IFS) za pomoci PC.

1. Úvod

Fraktál je geometrický útvar, jehož jakákoli zvětšená část je zmenšená kopie celého fraktálu. Je to geometrický objekt, který po rozdělení na menší části vykazuje tvarovou podobnost s těmito částmi.

Fraktál je množina, jejíž Hausdorffova dimenze je větší než dimenze topologická.

V běžném životě se nesetkáváme s útvary euklidovské geometrie (tzv. lineární útvary) ale s útvary nelineární geometrie (tvar mraku, list kapradiny, povrch plíce aj.). Za pomoci fraktálů můžeme popisovat velmi složité systémy (populační křivky, meteorologie).

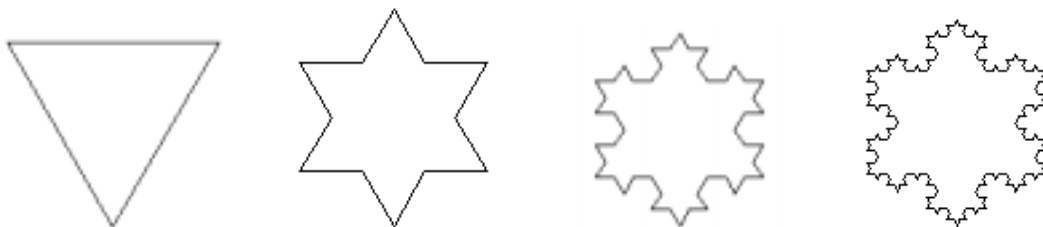
2.1 Jednoduché fraktály

Základním kamenem fraktální geometrie je tzv. Cantorovo diskontinuum, které vzniká neustálým odebráním prostřední třetiny úsečky.



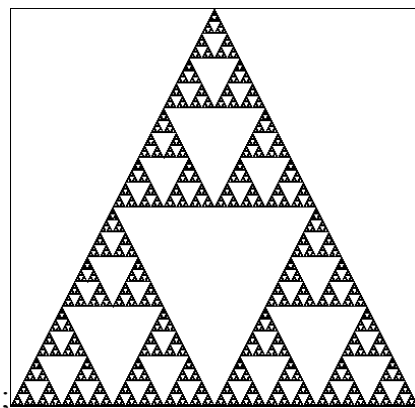
Obr.1 Cantorovo diskontinuum

Na tomto základě je postavena Kochova křivka. Vzniká úpravou rovnostranného trojúhelníku. Každou stranu rozdělíme na tři části. Nad prostřední třetinou každé strany vztyčíme další rovnostranný trojúhelník a úsečku nad kterou jsme ho vztyčovali, smažeme. Tento krok opakujeme nad každou takto nově vzniklou úsečkou. Po nekonečném počtu opakování vzniká útvar podobný sněhové vločce. Má nekonečně dlouhý obvod.



obr.2 Kochova křivka

Třetím nejzákladnějším fraktálem je Sierpiňského koberec, který vzniká když rovnostranný trojúhelník o hraně 1 rozdělíme pomocí středních příček na 4 stejné trojúhelníky o hraně $1/3$ a prostřední vyjmeme. Tento proces opakujeme nekonečněkrát, výsledek vypadá asi takto:



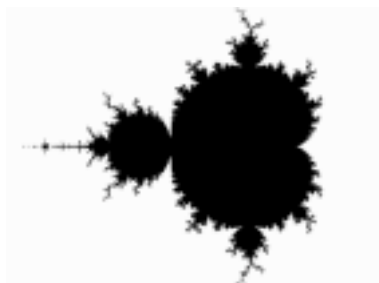
obr.3 Sierpiňského trojúhelník

2.2 Mandelbrotova množina

Nejnámějším polynomičtým fraktálem je Mandelbrotova množina. Definuje ji předpis:

$$M = \{c \mid P_c^n(0) \neq \infty \forall n \rightarrow \infty; c, z \in \mathbb{C}\}$$

Je to podmnožina bodů roviny komplexních čísel nacházející se v okolí komplexní nuly. Bod X patří do této množiny právě tehdy, když posloupnost daná předpisem $z_{n+1} = z_n^2 + c$ (kde z_0 bude například nulové a c je komplexní konstanta udávající souřadnice bodu X), nediverguje. Každým dalším krokem (iterací) se útvar stává složitějším.



obr.4 Mandelbrotova množina

Zvětšíme-li jakoukoli její část, vždy uvidíme útvar nápadně podobný původnímu obrazci. Mandelbrotova množina je pravděpodobně nejsložitější útvar, který lze v rovině vytvořit.

3. Shrnutí

Fraktály jsou velice zajímavé objekty, uplatňují se v umění, používají se pro generování textur nebo při testech rychlosti počítače. Pomocí nich se zkoumá difúze, populační křivky obyvatelstva nebo různé složité útvary, které se běžně vyskytují v přírodě – například list kapradiny:



obr.5 list kaprad'orostu

Poděkování

Za zasvěcení do teorií generování fraktálních množin děkujeme Dr. Ing. Michalu Benešovi. Za možnost účasti na Fyzikálním týdnu 2004 děkujeme FJFI ČVUT v Praze. Děkujeme celému organizačnímu týmu FT.

Reference:

- [1] Peitgen H.-O., Jurgens H., Saupe D.: ‚Chaos and Fractals of Science‘, Springer-Verlag, New York, 1992
- [2] <http://mujweb.cz/www/fraktaly>
- [3] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01022/>
- [4] <http://www.home.aonet.net.au/byzantium/ferns/fractals.html>
- [5] http://www.jjam.de/Java/Applets/Fraktale/Koch_Kurve.html
- [6] <http://giboda.aoedesign.de/Puncochar/mean.htm>
- [7] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01040/>
- [8] Peitgen H.-O., Richter P.H.: The beauty of fractals, Springer-Verlag, Berlin, 1986

Linux Lab

V. Vlkovský, SPŠE Mohelnice, vlkovsky@seznam.cz
V. Klusoň, Gymnázium Litomyšl, sio14@post.cz
J. Černý, Gymnázium Český Brod, cernycerny@quick.cz
J. Šedo, SPŠ Jihlava, hejti@tvorime.net

Abstrakt:

V našem projektu se zabýváme operačním systémem Linux, jeho využitím a ovládáním.

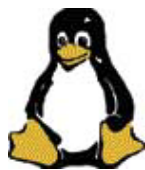
1. Co je to Linux?

Linux je volně šiřitelný, plně 32-bitový operační systém. Jedná se o klon Unixu určený původně pro počítače kompatibilní s IBM PC s procesorem Intel 80386 nebo lepším. Linux je víceúlohové, víceuživatelské síťové prostředí, což znamená, že v jeden okamžik může na jednom počítači pracovat více uživatelů a každý může spouštět na sobě nezávislé úlohy. Narozdíl od ostatních verzí Unixu je Linux volně šiřitelný a je zdarma dostupný (včetně zdrojového kódu) na Internetu.

2. Historie

V roce 1971 nastoupil jako mladý talentovaný student Cambridge university Richard Matthew Stallman do laboratoří umělé inteligence v MIT. V této době začínala éra počítačů tak, jak je zhruba známe dnes. Byly ale zatím poměrně drahé a těsně svázané se svým operačním systémem, který byl v této době v drtivé většině UNIX (a jeho varianty).

Cílem R. Stallmana bylo vytvořit operační systém, který nebude zatížen copyrightem. Za tímto účelem byla vytvořena zvláštní licence, která obrací copyright a tím měla jednu velkou výhodu, zajišťovala každému uživateli přístup ke zdrojovým kódům zdarma. Avšak jádro Linuxu vytvořil až v roce 1991 student Helsinské Univerzity Linus Torvalds. Je naprogramováno v jazyce C a v assembleru a optimalizováno pro procesory Intel 80x86. První verze (označovaná jako 0.01) vznikla v srpnu 1991. Tato verze existovala pouze ve formě zdrojového kódu a nikdy nebyla přeložena. Šlo pouze o načrtnutí kostry budoucí podoby jádra - implementace hlavních algoritmů pro správu vyrovnávacích pamětí a správu procesu. V říjnu roku 1991 se objevila první spustitelná verze (označovaná jako 0.02). Jádro bylo schopno spustit shell a překladač jazyka C. Pak začali na Linuxu spolupracovat programátoři z celého světa - vytvořila se skupina programátorů (core team), která si pomoci Internetu vyměňovala své výsledky a zkušenosti. Tímto způsobem se v průběhu dvou let podařilo vytvořit relativně stabilní a výkonný operační systém. V současné době již existuje verze jádra 2.1.xx. Nezaměnitelným logem Linuxu se stal buclatý tučňák TUX (viz. snad obrázek vpravo).



Asi každý z nás určitě slyšel už někdy i o jiných operačních systémech, než je Linux. Převážně tedy o Windows a DOSu, které se těší velké oblibě uživatelů. Avšak Linux již od verze 2.0 může směle konkurovat těmto operačním systémům nižší třídy (typu Win9x, NT, 2000 či novému XP) a od

verze 2.4 i většině komerčních Unixů. Tento systém pomalu začínají brát vážně i sami představitelé gigantického Microsoftu.

3. Linux dnes

Distribuce

Linux ale není pouze jádro - je to seskupení programů a utilit kolem jádra. Všechny tyto programy jsou soustředěny do programových balíků, kterým se říká distribuce. Jako jedna z prvních vznikla distribuce SLS. Byla vybavena jádrem L. Torvaldse a ostatními volně šiřitelnými programy. Po jejím zveřejnění vznikly další distribuce lišící se skladbou a verzemi jednotlivých programů, způsobem instalace atd. K nejznámějším patří:

- **SuSE Linux-** česká mutace, která se vyznačuje také výtečnými konfiguračními nástroji, snadnou ovladatelností a zdařilou dokumentací, vše v českém jazyce. SuSE Linux je velice objemná distribuce, najdete v ní téměř všechny programy, které běžný uživatel může kdy potřebovat.
- **Red Hat Linux-** Síla Red Hatu je především v kvalitním zázemí a pozici lídra trhu, kterou si dopřává už několik let. Je to nejrozšířenější distribuce a nabízí zřejmě také nejlepší podporu hardwaru i softwaru od třetích firem. Naopak na druhé straně je potřeba konstatovat, že v určitých oblastech - zejména co se týká konfiguračních nástrojů a asistované instalace balíčků - zůstává v leccems za svými konkurenty.
- **Debian-** Ten se vyznačuje svým velice konzervativním (pro někoho snad až příliš pomalým) vývojovým cyklem a velice zdařilým balíčkovacím systémem dpkg s nadstavbou apt. Debian bývá často instalován na servery, všude tam, kde je záhodno setkat se s co možná nejmenším výskytem provozních problémů a kde je potřeba garantovat co možná největší míru dostupnosti. Nekomerční povaha je na jedné straně někomu sympatická, ovšem v praxi uzavírá Debianu dveře ve prospěch distribucí s podporou a určitými stupni záruk.
- **Mandrake Linux-** vychází z dědictví Red Hatu a je mu také v mnoha ohledech velmi podobný. Jeho tvůrci se orientují především na přizpůsobení distribuce pro využití na desktopech a tedy pro práci v grafickém prostředí. Uživatelé jej obecně považují za pravděpodobně nejkomfortnější linuxovou distribuci vůbec.
- **Slackware-** se dříve těšil z pozic, které dnes zastává Red Hat Linux. Je jednou z nejstarších distribucí a díky tomu má celkem početnou komunitu uživatelů, kteří jsou na jeho realie zvyklí a nejsou ochotni se jich vzdát. Slackware má image Linuxu, který je nejvíce podobný komerčním Unixům.

Speciální distribuce

Kromě toho existuje celá řada jiných speciálních distribucí. Například distribuce **LEAF** je minimalistický Linux, který obsahuje pouze základ systému a nástroje pro fungování linuxového routeru/firewallu. Díky malé velikosti jej lze používat například i na bezdiskových počítačích - celý totiž může být umístěn na jediné disketě.

Další z forem speciálních distribucí jsou tzv. live verze. **Live** distribuce má tu výhodu, že se nemusí instalovat, stačí zavést bootovací CD do mechaniky a celý systém se zavede z něj. Konfigurační soubory jsou uloženy na disketě, pevném disku nebo v operační paměti.

Licence

Často ve spojení s Linuxem slyšíme o tom, že je Open source, nebo-li, že má volně přístupný zdrojový kód. Někdy se též používá označení „free“ neboli svobodný software. Neznačená to, jak si mnoho lidí mylně myslí, že je zadarmo. Jediné, co byste vždy měli dostat zadarmo, je samotný program s volně přístupným zdrojovým kódem. Pokud se rozhodnete Linux používat, musíte dokonce souhlasit s licencí, kterou specifikuje tvůrce distribuce, kterou chcete používat. Toto jsou nejběžnější používané licence:

- **GPL** - General Public Licence – je nejobvyklejší licencí, pod níž je tvořeno největší množství otevřeného softwaru. Obsahuje silnou ochranu proti komercializaci programů, respektive proti vytváření souvisejících a odvozených projektů s jinou licencí.
- **LGPL** – Lesser General Public Licence – je méně přísnou variantou GPL. zjednodušeně vzato LGPL umožňuje propojovat takto licencované programy a zejména knihovny s ostatními spíše komerčními programy, aniž by bylo nutné měnit licenci ujednaného celku, jak to vyžaduje GPL.
- **BSD Licence** – Je ještě méně striktní než LGPL. Dovoluje modifikovat program a prodávat jej dokonce i bez zdrojového kódu při zachování copyrightu původního autora.

Srovnání s Windows

Windows	Linux
Rozšířenost	Cena
Přístupnost více her, programů	Stabilita
Výhodné aplikování v kancelářích	Rychlost
Hezká krabička	Výhodné aplikování u serverů
Bohatý Boss (Bill Gates)	Rychlý vývoj

Dostupný software

Pro Linux existuje v současné době velké množství software, většina je volně dostupná a šiřitelná:

- základní Unixovské utility: ls, cp, vi, man, ...
- programovací jazyky: C, C++, Objective C, Pascal, Assembler, SmallTalk, Ada, Cobol, Modula-2, Modula-3, Perl, Java, Lisp, Prolog, Fortran, Tcl/Tk, Scheme, ...
- textové editory: emacs, joe, jed, vi, elvis, xedit, ...
- zpracování textu: groff, TeX, Metafont, ghostscript, ...
- hry: DOOM, xchess, Tetris, strategie, akční např. UT 2004, TUX Racer ...

- grafika: xv, xfig, Gimp, xpaint, fraktaly, OpenGL, ...
- matematický software: Maple V, Matlab, Simulink, Mathematica, ...
- databáze: Postgres, Ingres, mSQL, ...
- X Window System + aplikace: StarOffice, ghostview, Gimp, xfig, Netscape, ...
- emulátor DOSu a MS Windows
- další programy: tabulkový procesor, správce souborů, podpora sítě, ...
- podpora češtiny (včetně X Window, TeXu, emacs, ...) - kódování ISO 8859-2

4. Shrnutí

Touto stránkou naše povídání o Linuxu končí. Věříme, že jste se dozvěděli nové a zajímavé informace a že se je budete snažit využít při rozhodování o nasazení Linuxu ve vaší firmě či domácnosti. Budeme rádi, když nám napíšete svůj názor na tento článek nebo se svěříte s vašimi praktickými zkušenostmi s Linuxem.

Poděkování

Děkujeme především našemu supervisorovi Ing. J. Makovičkovi a celému vedení FT ČVUT Praha.

Reference

- I. <http://www.linux.cz>
- II. http://www.root.cz/tutorials/vyber_distribuce
- III. časopis Linux+ 03/2004
- IV. <http://www.nasehlava.cz>

Poškození DNA vlivem ionizujícího záření

Ondřej Malý

Gymnázium Jeseník, a.petit@centrum.cz

Karla Procházková

Gymnázium Písek, karlaprochazkova@seznam.cz

Pavla Martincová

Gymnázium Broumov, pavla.martincova@centrum.cz

Abstrakt:

Cílem naší práce bylo určit výtěžky jednoduchých a dvojných zlomů plasmidové DNA v závislosti na dávce. K tomu jsme použili metodu horizontální agarózové elektroforézy. Vzorky byly ozářeny ^{60}Co v intervalu 0 až 10 Gy. Vyhodnocení jsme provedli pomocí softwaru Luthien. Pro jednoduché zlomy jsme ověřili lineární závislost jejich počtu na dávce, u dvojných zlomů nebyl v daném rozsahu dávek jejich počet nijak významný.

1 Úvod

Buněčné jádro obsahující DNA je nejvýznamnějším terčem účinků ionizujícího záření. Pro ionizující záření je typická produkce zlomů DNA, a to jak jednoduchých (SSB – *single strand breaks*), tak dvojných (DSB – *double strand breaks*). Výzkumy prováděné na plasmidové DNA v roztoku umožňují studovat přímý účinek záření, neboť narozdíl od buňky se zde neuplatňují reparační mechanismy. Používá se tzv. „smotaná“ (*supercoiled*) DNA. Když je indukován jednoduchý zlom, plasmid změni svůj tvar na kruhový. Pokud je způsoben dvojný zlom (definován jako zlomy řetězců, jejichž vzdálenost je menší než 10-15 řázových párů), změni plasmid svou formu na lineární. Tyto tři formy lze rozlišit metodou horizontální agarózové elektroforézy, protože v elektrickém poli migrují různou rychlostí ⁽¹⁾.

2 Materiály a metody

Experimenty jsme prováděli na plasmidech *pCDNA3*, jednom z nejčastěji používaných plasmidů v molekulární biologii. Plasmidy, kruhové molekuly DNA nacházející se mimo buněčné jádro, jsou izolovány z bakterií. Přítomnost DNA v poskytnutém vzorku jsme ověřili pomocí spektrofotometru *Genesys 6*, sloužícím pro kvantitativní analýzu v rozsahu vlnových délek 190-1100 nm.

Zkoumaný vzorek obsahoval vždy 100 ng zmíněné plasmidové DNA v 10 mM pufru; celkový objem vzorku činil 10 μl . Vzorky byly následně ozářeny v polypropylenových tubičkách (Eppendorf; 1,5 ml) ve vzduchu kobaltovým zdrojem ^{60}Co v Ústavu jaderné fyziky (Oddělení dozimetrie záření) v intervalu 0 až 10 Gy. Následně jsme připravili 0,8% agarózový gel s přidáním fluorescenčního barvivem Sybr Green I, které se specificky váže na DNA. Jednotlivé formy DNA jsme odseparovali metodou agarózové elektroforézy: vzorky

jsme pipetou deponovali do gelu a nechali je migrovat po dobu 3 hodin při napětí 100 V. Výsledkem byl vznik proužků, viditelných pod UV lampou, představujících migrace jednotlivé formy DNA, které domigrovali do různé vzdálenosti. Gel byl vyfotografován digitálním fotoaparátem za použití speciálního želatinového filtru propouštějící jen určité vlnové délky tak, aby výsledný obraz byl co nejkvalitnější.

Analýzu vzorku jsme provedli pomocí softwaru Luthien, jenž byl vyvinut v již zmiňovaném Ústavu jaderné fyziky. Takto jsme zjistili procentuální zastoupení lineární, kruhové a smotané DNA. Počet jednoduchých a dvojných zlomů na jeden plasmid jsme vypočetli pomocí vztahů ⁽²⁾:

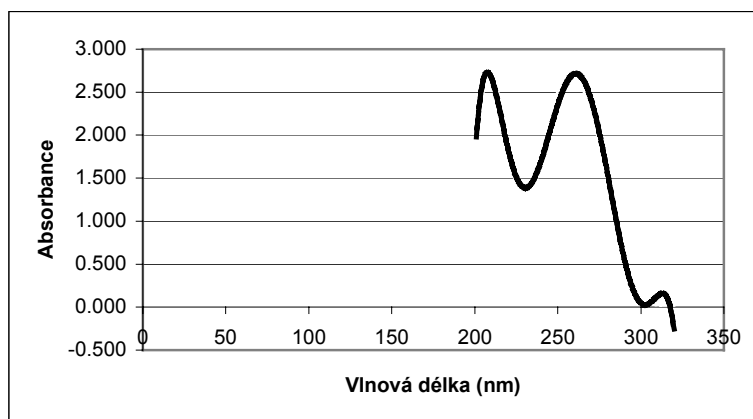
$$\bar{x} = \ln[(1 - L')/S'] \text{ a}$$

$$\bar{y} = L'/(1 - S'),$$

kde $\bar{x}$ je střední hodnota počtu jednoduchých zlomů, $\bar{y}$ je střední hodnota počtu zlomů dvojných, L' je zastoupení lineární formy DNA a S' je zastoupení smotané formy DNA. Každý z nás si připravil, deponoval a vyhodnotil sadu 6 vzorků, výsledky jsou jejich průměrem.

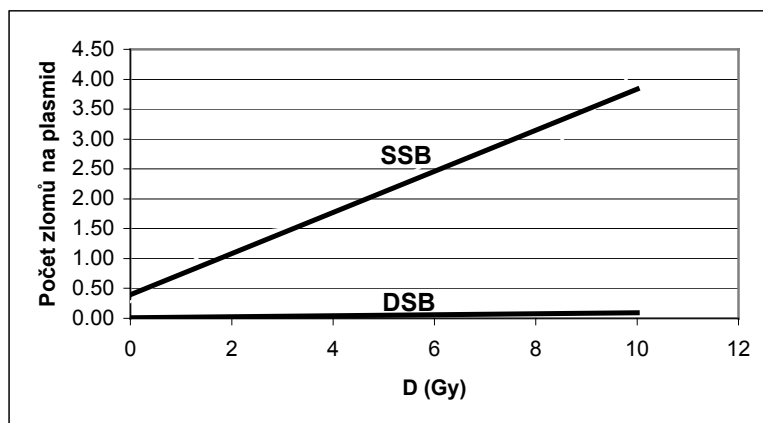
3 Výsledky a diskuse

Z grafu získaného spektrometrem (Graf 1) vyplývá, že se DNA ve vzorku opravdu vyskytuje. Množství DNA ve vzorku se určuje z absorbance (A) při vlnové délce 260 nm; je známo, že $A=1$ odpovídá množství DNA $50 \text{ ng} \cdot \mu\text{l}^{-1}$. ⁽³⁾ V našem vzorku bylo tedy 137,5 ng DNA.



Graf 1: Závislost absorbance na vlnové délce.

Ověřili jsme, že s rostoucí dávkou roste výtěžek jednoduchých a dvojných zlomů DNA. V grafu 2 jsou zaneseny hodnoty počtu zlomů na plasmid v závislosti na dávce; tyto hodnoty jsou průměrem hodnot našich měření.



Graf 2: Závislost počtu zlomů v plasmidu na dávce.

4 Shrnutí

Zjistili jsme, že počet jednoduchých zlomů roste lineárně s dávkou, což neplatí u zlomů dvojných, kde ozáření tohoto plasmidu relativně malými dávkami ještě nedochází k významnější tvorbě těchto zlomů. Vyhodnocování je navíc zatíženo lidským faktorem.

Poděkování

Náš dík patří především naší ochotné supervisorce Viktorii Štísově, dále Ústavu jaderné fyziky za poskytnutí přístrojů a materiálu a organizačnímu týmu Fyzikálního týdne 2004 v čele s Vojtěchem Svobodou.

Reference:

- [¹] KOL. AUTORŮ: *Principy a praxe radiační ochrany*. Azin CZ, 2000, s. 156-158.
- [²] SPOTHEIM-MAURIZOT, M.: *DNA radiolysis by fast neutrons (Int. J. Radiat. Biol., Vol. 57, No. 2)*. Taylor & Francis, 1990, s. 301-313.
- [³] SAMBROOK, J – RUSSELL, D. W.: *Molecular Cloning*. CSHL Press, 2001.

Rozhodovací stromy a lesy

Lenka Matoušová, Radka Uhlířová, Jakub Opršal, Pavel Palát, Daniela Šollerová

Gym. Aloise Jiráska Litomyšl, Gym. Dr. K. Polesného Znojmo,

Gym. tř. Kpt. Jaroše Brno, SPŠE Kounicova Brno, Gym. Mozartova Pardubice

lenka9@centrum.cz, sagi-ta@email.cz, snek@centrum.cz, harry_x@babylon5.cz

Abstrakt

Rozhodovací stromy a lesy jsou jedněmi ze základních metod strojového učení dneška. Nalézají své použití např. při řešení klasifikačních problémů či AI (umělá inteligence).

1 Přehled algoritmů a technik

V současné technické/vědecké praxi neustále narůstá potřeba algoritmů strojového učení, popř. AI. Tyto metody řeší rozličné kategorie problémů, nejčastějším řešeným problémem je klasifikace určitých objektů do daných tříd, kterým se budeme zabývat. Velký význam má též použití těchto algoritmů v AI, kde se často využívá expertních systémů (většinou reprezentovaných pomocí rozhodovacích stromů) a/nebo neuronových sítí používaných na speciální problémy AI, kde běžné metody nejsou efektivní (typickým příkladem je např. algoritmus řízení auta). Další možnou aplikací jsou aproximace funkcí, kde jsou nejefektivnější neuronové sítě.

Obecně rozlišujeme dva druhy strojového učení:

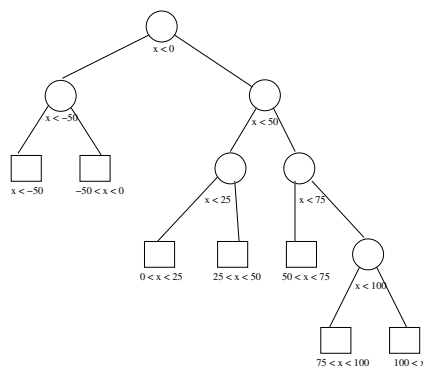
- Učení s učitelem
- Učení bez učitele

Odlišnost spočívá především v tom, že učící množina je přítomna jen v případě učení s učitelem.

Při klasifikování objektu je nutné objekt popsat několika proměnnými (parametry). Tyto vstupní proměnné můžeme rozdělit do několika kategorií, např.

- Numerické
- Kategoriální (např. barva - černá, hnědá,... - jedná se o konečnou množinu)

V problémech klasifikace do tříd je často používán též algoritmus zvaný *Nearest neighbour*, který spočívá v tom, že si měří vzdálenosti vstupního bodu k prvkům trénovací množiny v N (kde N je počet vstupních proměnných) rozměrném prostoru a v případě, že dostane nová vstupní data, snaží se nalézt jeho nejbližší možný bod. K tomu může používat euklidovskou vzdálenost nebo jinou metriku. Existuje několik modifikací tohoto algoritmu -



Obrázek 1: Rozhodovací strom

např. K - NN - kde se provádí hledání K nejbližších sousedů daného bodu. Takovýto algoritmus je přesnější, jelikož je méně náchylný k šumu. Algoritmus může též provádět vlastní učení, kdy při úspěšné klasifikaci objektu provede jeho přidání do trénovací množiny, ale nejedná se o příliš používanou techniku. NN má problém v případě narůstání počtu dimenzí (tzv. prokletí dimenzionality).

Další používanou technikou je LDA (Linear Discriminant Analysis) - která je vhodná v případě, že data jednotlivých tříd mají Gaussovské rozdělení. Metoda vyžaduje lineární separabilitu vstupních dat.

Dále se pak používá též neuronových sítí, které poskytují velmi velké možnosti, nicméně problémem je složitost vytrénování dané sítě.

Poslední metodou, kterou se budeme zabývat, jsou právě rozhodovací stromy. Mezi jejich výhodu patří především menší složitost učení (než je tomu např. u neuronových sítí), jednoduchá reprezentace a možnost sestavování pravidel z naučených dat, jelikož tyto rozhodovací stromy nejsou nic jiného než souborem hierarchicky řazených podmínek a fakt, že metoda nevyžaduje lin. separabilitu dat.

2 Rozhodovací stromy

2.1 Struktura rozhodovacího stromu

Rozhodovací strom se skládá z kořenového uzlu stromu (nejvyšší uzel na stromu). Dále pak každý uzel může obsahovat dvě nebo více větví vedoucích na další takovýto uzel, popř. na *leaf node*, který neobsahuje žádnou další větev.

Nejtypičtějším rozhodovacím stromem je binární strom, jež má u každého svého rozhodovacího uzlu danou podmínku závisící na jedné vstupní proměnné (je možno samozřejmě mít u uzlu i složitou funkci, ale tento postup se v praxi neosvědčil) a podle jejího výsledku (0,1) se vybere následující uzel, který se vyhodnotí identicky. Tak algoritmus pokračuje až do doby, než narazí na tzv. *leaf node*, který je zároveň jeho výsledkem.

Skutečným problémem je ovšem vytvoření binárního stromu a stanovení jednotlivých podmínek u jeho uzlů. K tomuto je používáno několik algoritmů, jimiž se budeme zabývat. Vstupními daty je množina uspořádaných dvojic vstupní proměnné a třídy (tzn. množina prvků se známou klasifikací). Podle těchto vstupních dat algoritmus stanovuje strukturu rozhodovacího stromu.

2.2 Algoritmy pro vytváření struktur rozhodovacích stromů a lesů

2.2.1 Principy algoritmů rozhodovacích stromů

Nejčastěji algoritmy používají techniky "Rozděl a panuj". Základní operací, kterou tyto algoritmy provádějí je rozdělování trénovací množiny v N -rozměrném prostoru (kde N je počet vstupních proměnných) na dvě podmnožiny (ve vizualizaci se to projeví jako hyperkvádry). Základem je postup, kde se využívá poznatků z teorie informace, konkrétně entropie (míra neuspořádanosti systému), podle níž provádí výběr nejlepšího rozdělení, algoritmus se snaží nalézt takové rozdělení množiny M , aby entropie byla co nejnižší (=velká rozdílnost podmnožin množiny M). Dále se rozdělení rekurzivně provádí na obou takto vzniklých podmnožinách až do doby, než vzniklé množiny obsahují pouze prvky jedné třídy. Místo entropie se taktéž může používat gini index.

Takovýto postup má řadu problémů, např. přeučení, kdy se strom naučí s téměř stoprocentní jistotou rozpoznávat prvky z dané vstupní množiny, ale pro jiné prvky je velmi nepřesný a dává chybné výsledky. Tento problém se řeší prořezáváním stromu, kde jsou odstraňovány některé listy ze stromu pomocí např. metody *error based* - používaný např. u algoritmu C4.5 a C5.0, kde se odřezávají větve podle toho, jak se zvětšuje chyba stromu při jejich odstranění (tzn. odstraňují se větve, jejichž absence se na výsledku projeví minimálně). Další metoda, *cost complexity*, zároveň zohledňuje počet uzlů každého stromu.

2.3 Rozhodovací lesy

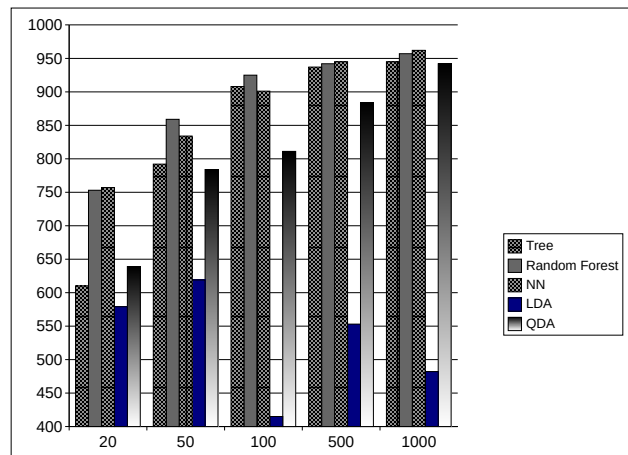
V některých případech je použití jednoho rozhodovacího stromu nevýhodné, a proto přichází ke slovu jiná technika - a to rozhodovací lesy. Rozhodovací lesy nejsou nic jiného než množina rozhodovacích stromů, v nichž každý určí výsledek z daných vstupních dat, a následně je prováděn výběr nejdůvěryhodnějšího výsledku. Používá se např. většinového hlasování stromů, ale častější je jeho obměna, kdy každému stromu je přiřazena váha jeho hlasu.

Samostatnou kapitolou je vytvoření rozhodovacích stromů pro daný les, jelikož je nutno zajistit, aby stromy nebyly identické. Nejčastějšími technikami jsou:

- Bagging - v němž se provádí náhodný výběr prvků z trénovací množiny, kde pomocí každé takto vzniklé podmnožiny je vytvořen jeden rozhodovací strom.
- Randomizace - u ní se např. provádí náhodný výběr několika vstupních proměnných a na nich je prováděn nejlepší split (tuto metodu používá např. algoritmus *Random Forest*).
- Boosting - u něhož se provádí stanovení vah jednotlivých prvků - prvky špatně klasifikované dostávají větší váhu - příkladem použití je alg. *CART* a *C5.0*.

2.4 Porovnání některých nejpoužívanějších algoritmů

V tomto srovnání byla daným algoritmům dána trénovací množina od 20 do 1000 prvků a do grafu bylo promítnuto, v kolika případech byl později po natrénování algoritmus schopen provést správnou klasifikaci při ověřování. Velmi dobře si v testu vedl algoritmus NN, což bylo ovšem velkou měrou dáno charakterem testovacích dat, v nichž existovaly dvě třídy - první přibližně vyplňovala kruh a druhá tvořila jeho okolí. Naopak zde naprosto selhává algoritmus LDA, což je dáno tím, že tato data nejsou lineárně separabilní.



Obrázek 2: Porovnání algoritmů

3 Shrnutí

Problematika strojového učení a AI je v současné době velmi rozvíjející se oblastí, která neustále nabývá na významu a jenž nachází své uplatnění v širokém spektru problémů. Rozhodovací stromy představují poměrně jednoduchou, ale velmi mocnou metodu pro řešení těchto problémů.

Poděkování

Autoři by tímto chtěli poděkovat především našemu supervizorovi (Ing. Emilu Kotrčí), fakultě FJFI ČVUT za organizaci Fyz. týdne a Janu Havlíkovi za zapůjčení fotoaparátu pro praktické studium stromů.

Reference

- [1] Leo Breiman, Jerome Friedman, Charles J. Stone, R. A. Olshen, *Classification and Regression Trees*, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 1998
- [2] Devroye Luc, Györfi Laszlo, Lugosi Gabor, *A Probabilistic Theory of Pattern Recognition*, Springer-Verlag, New York, 1996
- [3] J. Ross Quinlan, *C4.5: programs for machine learning*, Morgan Kaufman Publishers, San Mateo, 1993

Zkoumání památek pomocí záření X

M. Otava, Gymnázium F.X.Šaldy, Liberec, lubomir.o@tiscali.cz
O. Šupčík, SPŠS Josefa Gočára, Praha 4, ondra.supcik@seznam.cz
E. Zadinová, Gymnázium Nad Alejí, Praha 6, eva.zadinova@email.cz

Abstrakt:

Rentgenfluorescenční analýza je široce rozšířená metoda používaná v mnoha oborech. My jsme pomocí této metody zkoumali brýle, prsteny a staré mince. Na konci práce jsou naměřené výsledky diskutovány.

1 Úvod

Rentgenfluorescenční analýza je analytická metoda vhodná k měření atomového složení mnoha druhů vzorků, mimo jiné i historických a kulturních objektů. V našem případě se jednalo o vzorky evropských mincí, dvou prstenů a „pacičky“ brýlí. Její princip spočívá v buzení charakteristického záření X ve vzorku, a to buď zdrojem záření X nebo nízkoenergetického gama.

2 Princip metody

Rentgenfluorescenční analýza (RFA) využívá jednoho typu interakce ionizujícího záření s hmotou, konkrétně fotoefektu. Při něm dochází k tomu, že foton ionizujícího záření předá veškerou svoji energii elektronu v atomu zkoumaného materiálu a tento elektron následně atom opouští. Vzniklá vakance je záhy „zaplněna“ elektronem z vyšší hladiny. Při tom se uvolní energie, a to buď ve formě Augerova elektronu nebo charakteristického záření X. Energie fotonu tohoto záření závisí na protonovém čísle a typu přechodu (např. z hladiny L na hladinu K – tomu odpovídají $K\alpha$ linie). Právě toto charakteristické záření je nositelem informace o složení vzorku.

Fotoefekt však není jediným typem interakce, kterou budící foton může podstoupit. Převážně se jedná o Comptonův jev a koherentní rozptyl. Koherentní rozptyl není příliš na závadu měření, neboť při něm energie fotonu zůstává stejná a nehrozí interference s fotonem charakteristického záření. U Comptonova jevu tomu tak bohužel není. Comptonův jev představuje nejdůležitější zdroj pozadí v RFA. Toto pozadí je třeba nějakým způsobem vyloučit.

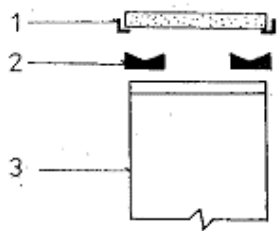
Bohužel závislost mezi počtem naměřených fotonů dané linie a množstvím prvku ve vzorku není přesně vzato lineární. Ve skutečnosti odezva závisí i na množství dalších prvků ve vzorku, nikoli jen na množství prvku, kterému ona linie odpovídá. Tento efekt nazýváme maticový jev. Je způsoben absorbcí budícího (odstraňuje ze spektra budícího záření ty fotony, které by jinak vybudily daný prvek) i charakteristického záření (charakteristické záření je absorbováno a nepřispívá k signálu, navíc se zesiluje signál prvku, který absorbuje).

Eliminace matricového jevu (resp. jeho matematické podchycení) je samozřejmě možná, ale vyžaduje složitou kalibraci se standardy, případně naprostou znalost a stálost geometrie. To je jeden z důvodů, proč jsme prováděli pouze kvalitativní a nikoli kvantitativní analýzu. Druhým důvodem je pak nutnost znalosti velmi mnoha fyzikálních konstant a složitost výpočtu.

3 Instrumentace

Jako budící zdroj jsme použili plutonium 238. Jedná se o běžný prstencový zdroj od firmy Amersham. Energie záření Pu238 se pohybuje mezi 12-20 keV. To je energie vhodná k buzení charakteristického záření v podstatě celé Mendělejevovy tabulky, a to buď linií K či L. Aktivita zdroje byla 10 mCi, to jest 37 MBq.

Charakteristické záření jsme měřili pomocí běžného polovodičového Si/Li detektoru od firmy ORTEC. Tento druh detektoru má dobrou rozlišovací schopnost (FWHM asi 180 eV na energii Fe55 – 5.9 keV), která je u RFA velmi důležitá. Bohužel okénko detektoru není možno vyrobit libovolně tenké, proto není možno měřit charakteristické záření prvků se $Z < 15$. Energie jejich charakteristického záření je příliš nízká na to, aby záření okénkem prošlo. Navíc pravděpodobnost vybuzení charakteristického záření je u lehkých prvků tak jako tak nízká. Nevýhodou je rovněž nutnost chlazení tekutým dusíkem (zvláště pak při měření v terénu). Detektor je výrobcem konstruován pro napětí -1500V.



Obr. 1 . Schéma koaxiální geometrie s prstencovým zdrojem
1 - vzorek
2 - zdroj
3 - detektor

Zvolená geometrie měření vzhledem k použitému přístrojovému vybavení a charakteru vzorků byla koaxiální, jak vidíme na obr.1.

Signál z detektoru je zesílen a veden do multikanálového analyzátoru, kde se shromažďuje a rozděluje do kanálů podle energie. Po změření celého spektra je výsledek načten do počítače k dalšímu zpracování pomocí programu QXAS.

Program QXAS umožňuje provést snadnou identifikaci jednotlivých píků a následný fit naměřeného spektra. Jeho výstupem jsou plochy píků s odchylkami, fitované spektrum a tvar pozadí.

4 Měření

Nejdříve jsme provedli energetickou kalibraci. Postup je vcelku jednoduchý, nejdříve změříme spektrum vzorku o známém složení a pak píkům přiřadíme hodnoty energií z tabulky. Výpočet pak provede program QXAS sám. My jsme použili kalibrační destičku obsahující V, Fe, Zn, As, Br a Sr. Energií jsme přiřadili kanálům, kde byly vrcholy píků V $K\alpha$ a Sr $K\alpha$. Pomocí ostatních píků jsme se přesvědčili, že energetická kalibrace byla provedena správně.

Poté jsme přistoupili k vlastnímu měření vzorků. Konkrétně se jednalo o:

Mince1: Rakousko-Uhersko, 1872 , 10 krejcarů	Mince2: Francie, 1840, 5 franků
Mince3: Belgie, 1873, 5 franků	Mince4: Rakousko-Uhersko, 1800
Mince5: Rakousko-Uhersko, 1907, 5 korun	Mince6: Rakousko (Wroclaw),
Mince7: Rakousko-Uhersko, 1879, 1 Fl	Mince8: Rusko, 1899, 50 kopějek
Mince9: Lucembursko, 1972, 10 franků	Mince10: Rak.-Uhersko, 1890, 1 Fl

Mince11: Rakousko-Uhersko, 1916, 1 koruna
Prsten2: výrobcem udáváno bílé zlato

Prsten1: výrobcem udáváno stříbro
Brýle: udávána slitina titanu

Naměřená spektra jsme zpracovali pomocí programu QXAS.

5 Výsledky měření a diskuse

Výsledky měření jsou zpracovány do následujících tabulek:

vzorek	Ti	Fe	Ni	Zn
Brýle	2480	259	16615	128

Z uvedené tabulky vyplývá, že brýle jsou opravdu vyrobeny ze slitiny titanu. Nicméně nejvíce obsaženou složkou je nikl. Objevili jsme ještě stopy železa a zinku.

vzorek	Fe	Cu	Ag
Prsten1	388	3090	557

Prsten je slitinou mědi a stříbra, je otázkou, která složka je významnější. Současně jsme naměřili určité množství železa. Další prvky jsme nezjistili, možná protože účinnost měření byla v tomto případě velmi nízká.

vzorek	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Au
Prsten2	90	468	7691	11112	4060	17949

Skutečně se jedná o zlato. Dalšími podstatnými složkami jsou zinek a nikl, které jsou přidány zřejmě pro dosažení bílé barvy. Kromě toho je s nimi srovnatelný ještě obsah mědi. Chrom a železo jsou obsaženy v minimálním množství.

vzorek	Ca	Cr	Fe	Ni	Cu	Pb
Mince4	212	339	1672	1519	663930	1022

Jedná se o téměř čistou měď. Ostatní jsou pravděpodobně pouze nečistotami.

vzorek	Cr	Fe	Ni
Mince9	244	2690	427867

Tato mince je vyrobena z téměř čistého niklu.

vzorek	Ca	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Ag	Pb
Mince1	0	0	553	0	64720	557	1103	764
Mince2	0	58	388	0	26978	200	3054	931

Mince3	189	54	721	107	19464	326	2787	1147
Mince5	114	75	690	150	25523	601	2860	1634
Mince6	0	76	656	144	101148	467	751	1783
Mince7	0	69	417	73	26840	333	2410	601
Mince8	134	45	631	110	18631	304	2168	400
Mince10	0	0	386	0	18759	190	2313	663
Mince11	0	0	521	0	18324	181	1965	1233

Při analýze mincí jsme neuvažovali obsah Ca, Cr, Ni a Zn, každý z jiných důvodů. Ca je velmi často přítomen díky povrchovému znečištění, obsahy Cr a Ni jsou příliš nízké, tudíž zatíženy velkou experimentální chybou. Rovněž měření obsahu Zn je zatíženo velkou experimentální chybou. Důvodem chyby je interference s píkem Cu, která činí hodnotu plochy píku Zn bezcennou.

Vzhledem k tomu, že drahým kovem obsaženým v mincích je Ag, je jejich ryzost udána poměrem Ag k celku. Ryzost všech mincí je tedy zhruba stejná s výjimkou mincí 1 a 6, kde je výrazně nižší. Mince 1 i 6 měly ve své době malou nominální hodnotu. Ve všech případech se jeví jako fakt, že stříbro je skutečně nositelem hodnoty a Cu sloužila ke znehodnocování. Nelze jednoznačně tvrdit, zda se ostatní prvky dostaly do vzorku s mědí nebo stříbrem. Vzhledem k pestrému původu mincí nebylo možné vysledovat další závěry.

6 Závěr

Během této práce jsme zjistili, jak široké použití má tato metoda ve výzkumu kulturních a historických památek. Jediné čeho litujeme, že se jí nemůžeme dlouhodoběji věnovat.

Poděkování

Chtěli bychom vyjádřit svůj vřelý dík ing. Petru Průšovi za neocenitelnou pomoc při měření, přípravě prezentace a ochotné zodpovězení všech dotazů. Jsme až do konce života zavázáni též Doc. ing. Tomáši Čechákovi za neskutečně přelaskavé zapůjčení mincí z jeho vzácné osobní sbírky.

Reference:

- [1] Toelgyessy, J. a kol.: *Rádionuklidová roentgenfluorescenční analýza zložiek životného prostredia*, VTEL, 1983, Bratislava
- [2] *QXAS (Quantitative X-ray Analysis System)*, IAEA 1995-96
- [3] Janssens, K.H.A.; Adams, F.C.V.; Rindby, A.: *Microscopic X-ray Fluorescence Analysis*, Wiley, 1999, Chichester
- [4] Dziunikowski, B.: *Energy Dispersive X-ray Fluorescence Analysis*, PWN, 1987, Warszawa

Neutronová aktivační analýza

M. Tesař, Gymnázium Mariánské Lázně
V. Ovečka, Gymnázium Vrchlabí
O. Široký, Mendelovo gymnázium Opava
J. Bastl, Gymnázium Vídeňská, Brno
L. Kalik, Gymnázium Boskovice

Abstrakt

Práce spočívá v zjištění kvalitativního a kvantitativního zastoupení jednotlivých prvků v daném vzorku. Vzorek je ozářen neutrony a následně je zkoumána jeho emise gama záření. Podle energií a počtu kvant tohoto záření zjišťujeme přítomnost jednotlivých prvků a jejich množství.

1 Úvod

Nejprve vstřelíme zkumavku, v níž je uzavřen testovaný vzorek, do aktivní zóny jaderného reaktoru, kde je vystaven neutronovému záření. Zde jej ponecháme po přesně stanovenou dobu. Vlivem neutronového záření ze zkoumaný objekt aktivuje a stává se radioaktivním. Po transportu potrubní poštou do laboratoře, dozimetrem změříme aktivitu vzorku a pomocí polovodičového detekčního systému, který je spolu s testovaným vzorkem umístěn v olověném stínění pro snížení vlivu radioaktivního pozadí. Měření probíhá po přesně stanovený časový úsek. Detekční systém je napojen na počítač, který vyhodnotí energie gama fotonů emitovaných vzorkem a zpracuje je.

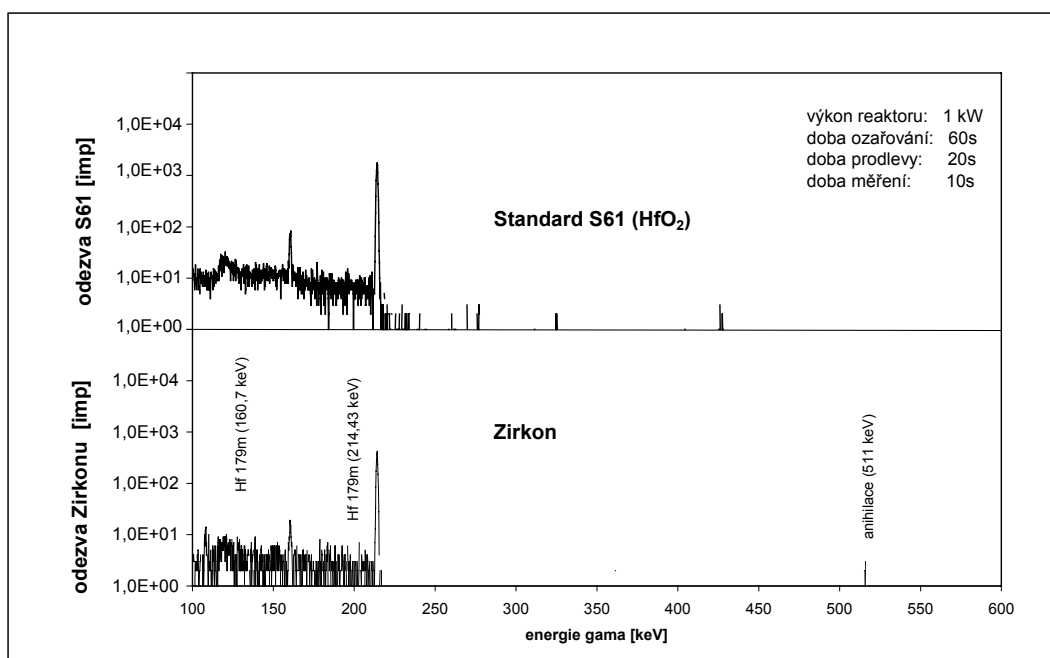
2 Aktivační analýza

Experiment

Neutronová aktivační analýza umožňuje stanovit obsah prvku v materiálu. Zařízením, které nám umožňuje měřit gama záření emitované zkoumaným materiálem je HPGe detektor. Ten je pro snížení vlivu pozadí umístěn v olověném stínícím boxu, který je kvůli potlačení vlivu záření olova z vnitřní strany vyložen měděným stíněním. HPGe detektor je připojen k mnohakanálovému amplitudovému analyzátoru ACCUSPEC B. Tuto měřicí soustavu musíme nejdříve zkalibrovat vložením zářiče o známé odezvě: ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu . Kalibraci a měření provádíme pomocí programového vybavení ASAP.

Pro experiment máme připraveny standardy, jedná se o vzorky se známým složením blízkým ke složení zkoumaného biologického materiálu a minerálů, a vzorky určené k analýze. Vzorky jsou umístěny HPDE polyethylenových ampulích.

K získání vyhovujícího neutronového toku ($10^9 \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$) v aktivní zóně reaktoru VR-1 musí toto zařízení dosahovat výkonu 1kW. Do vertikálního suchého kanálu uvnitř aktivní zóny reaktoru dopravíme pomocí podtlakové potrubní pošty ampuli se vzorkem.



Obr. 2 Spektrum standartu HfO_2 (S61) a zirkonu

Výpočty

Pro výpočet hmotnosti daného prvku ve vzorku používáme srovnávací metodu. Tuto hmotnost lze vyjádřit vztahem:

$$m_X = \frac{N_X}{N_{ST}} \cdot m_{X,ST}$$

- m_X - hmotnost sledovaného prvku v neznámém vzorku
- $m_{X,ST}$ - hmotnost sledovaného prvku ve standardu
- N_X - počet impulsů zaznamenaných z neznámého vzorku
- N_{ST} - počet impulsů zaznamenaných ze standardu

Pro výpočet koncentrace použijeme hmotnost m_X získanou z předchozího výpočtu. Koncentrace je dána vztahem:

$$c_X = \frac{m_X}{m_{VZ}}$$

- c_X - koncentrace sledovaného prvku v neznámém vzorku
- m_X - hmotnost sledovaného prvku v neznámém vzorku
- m_{VZ} - hmotnost neznámého vzorku

Výsledky

	Štítná žláza			Zirkon	
Měřený prvek	Jód			Hafnium	
Označení vzorku	S48 (standard)	45	46	S60 (standard)	R1
Doba ozařování [s]	300			100	
Doba manipulace [s]	60			60	
Doba měření [s]	300			60	
Celková hmotnost vzorku [g]	-	1,965	2,551	-	1,966
Aktivita po ozáření [$\mu\text{Sv/h}$]	10	2,5	3,5	5	63
Počet impulsů	13131	7437	9072	4152	6731
Hmotnost hledaného prvku [mg]	-	11,77	14,36	-	6,28
Koncentrace prvku ve vzorku [mg/g]	-	5,99	5,63	-	3,19

3 Shrnutí

Pomocí neutronové aktivační analýzy jsme zjistili výše uvedené zastoupení jódu ve štítné žláze. Taková měření nejsou samoučelná, protože množství jódu ve štítné žláze má zásadní vliv na vývoj člověka, a to zejména v dětství. Jeho nedostatek může u dětí způsobit vážné poruchy v intelektuálním a fyzickém vývoji. Z těchto důvodů je důležité tyto parametry sledovat. Pro zjištění hodnot koncentrace v živé tkáni by bylo nutno výše uvedené koncentrace přepočítat na původní hmotnost štítné žlázy, protože námi zkoumaná štítná žláza byla lyofilizována (vysušena).

Zirkonium je jedním z materiálů nezbytných při stavbě jaderných zařízení, používá se např. jako obal palivových článků. K tomuto účelu musí být použito jedinečně ve zcela čisté podobě. V přírodě se však vyskytuje ve formě minerálu zirkonu, který obsahuje různé příměsi. Hafnium je z nich nejvíce nežádoucí, je totiž velmi afinní k pohlcení neutronů, čímž by zásadně ovlivnilo průběh štěpné reakce v reaktoru. Proto zkoumáme jeho koncentraci v zirkonu.

Náš experiment je zároveň důkazem, že i na reaktorech s malým výkonem a neutronovým tokem lze aktivovat vybrané prvky a na nich provádět neutronovou aktivační analýzu.

Poděkování

Poděkování ing. Kolrosovi za s námi strávený čas, ochotu a trpělivost, dále všem technikům od reaktoru a v neposlední řadě FJFI za zorganizování tohoto krásného FT.

Reference:

- [1] Matějka K., Kolros A., Kropík M., Sklenka L.: *Školní reaktor VR-1 Vrabec – Experimentální úkoly* (připravované skriptum 2004)
- [2] T.M.Ostrovnya: *Table for identification radionuclides formed in nuclear reactors*
- [3] G. Erdtmann: *Neutron activation tables*

Měření dosahu elektronů na klinickém lineárním urychlovači

Helena Maňáková, Gymnázium Benešov
helenamanakova@post.cz

David Nešpor, Gymnázium Vídeňská 47 Brno
nespord@seznam.cz

František Sedlák, Gymnázium Elišky Krásnohorské
frased@seznam.cz

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

Supervisor: Ing. Jan HRBÁČEK

1 Úvod

Základním cílem plánování léčby v radioterapii je zajištění rovnoměrně rozložené vysoké dávky do přesně určeného objemu, s cílem zničit nádor, při minimálním poškození okolních zdravých tkání.

V radioterapii se uplatňují různé druhy ionizujícího záření: Rentgenovo-X, gama, těžké nabitě částice, neutrony a elektrony.

Pro léčbu se využívají metody vnějšího a vnitřního ozařování (brachyterapie) části těla pacienta. Při brachyterapii dochází k zavedení zdroje záření přímo k místu nádoru. Využívá se zejména při léčbě uterovaginálních tumorů. Vnější terapie probíhá pomocí kobaltových ozařovačů nebo lineárních urychlovačů produkujících záření potřebné k narušení DNA. V radioterapii vždy ozařujeme spolu s nádorovou tkání i tkáň zdravou, proto dodáváme danou dávku záření ve větším časovém úseku a ve větší četnosti (frakcionace). Jinak by mohlo dojít nejen k mutaci samotných buněk nádoru, ale i k dysfunkcím okolních tkání. Za obvyklou aplikovanou dávkou pro jednu frakci jsou považovány 2 Gy (J/Kg).

Jednotlivé typy záření pronikají do odlišných hloubek v tkáni a liší se i relativní rozložení dávky. Elektronové záření se používá k poškození buněk nádoru ležícího blíže k povrchu těla, protože elektrony poměrně rychle ztrácejí energii v jednotlivých interakcích při průchodu tkání. Schopnost elektronů proniknout hlouběji do tkání závisí na počáteční energii, kterou jsou urychleny. Cílem našeho projektu tedy bylo, sestavit grafy pro dosah elektronového svazku ve vodním fantomu, který simuluje lidskou tkáň (tkáňový ekvivalent) - a určit extrapolovaný dosah, který je definován jako x-ová souřadnice průsečíku tečny procházející inflexním bodem gradientní části PHD (procentuální hloubková dávková křivka) a tečny konečné části PHD křivky odpovídající odezvě detektoru od kontaminujících fotonů brzděného záření.

2 Experimentální část

Pro naše měření jsme používali klinický lineární urychlovač elektronů Varian CLINAC 2100C umístěný ve FN Motol umožňující dodávat elektronové svazky záření o nominálních hodnotách 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 16 MeV, 20 MeV. Dále jsme použili dozimetrický systém Welhöfer obsahující vodní fantom, dva polovodičové detektory Scanditronix, elektrometr, řídicí počítač a software, který nám umožnil naměřit a zaznamenat hodnoty záření a aktuální polohu detektoru. Konečné výsledky pozorování jsme zpracovali v programu MS Excel.

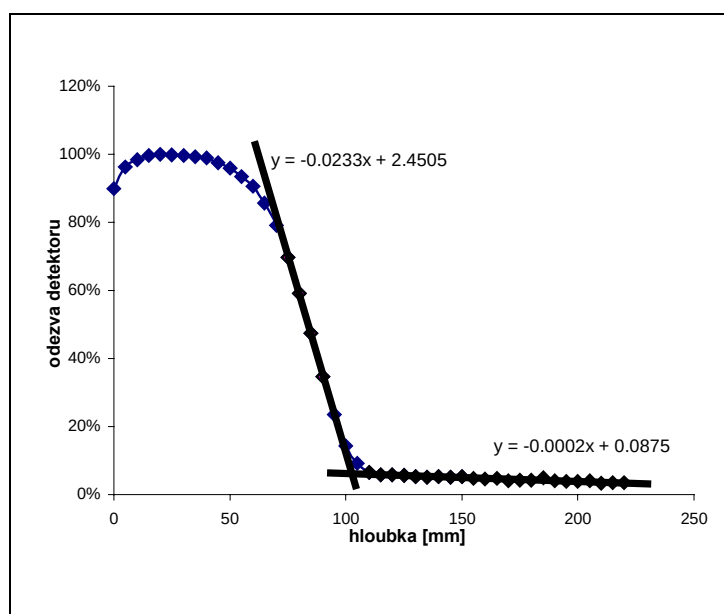
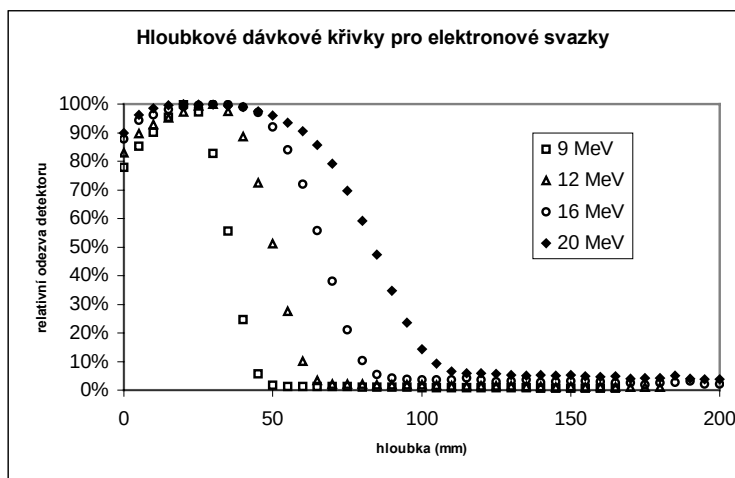
Jeden z polovodičových detektorů se pohyboval po dráze centrální osy svazku, tedy měřil hodnoty energie záření po celé délce nadefinované hloubky. Druhý detektor byl v referenční poloze v konstantní vzdálenosti od hlavice urychlovače (gantry). Software odečítal nejen hodnoty hloubky u prvního a intenzity energie u obou, ale navíc porovnáváním naměřených hodnot odstraňoval fluktuace vzniklé kolísáním příkonu urychlovače a tedy umožňoval přesnější vyhodnocení.

<i>energie</i>	<i>hodnota určená systémem</i>	<i>naše hodnoty</i>
6 MeV	28,6 mm	28,3 mm
9 MeV	43,7 mm	44,1 mm
12 MeV	60,1 mm	61,4 mm
16 MeV	78,9 mm	79,0 mm
20 MeV	101,0 mm	102,3 mm

Extrapolovaný dosah byl stanoven pomocí výrobcem dodaného software a také manuálně. Naměřené rozdíly jsou v řádu milimetrů. Manuální výpočet hodnoty extrapolovaného dosahu je ovlivněn relativně malým počtem bodů, které byly použity ke stanovení rovnic tečných přímk. Signál z detektoru by bylo vhodnější odečítat po menších krocích, než po 0,5 mm, jak bylo provedeno v tomto případě.

3 Shrnutí

Úloha demonstruje jednu ze základních činností lékařských fyziků, pomocí kterých kontroluje správný chod urychlovače. Technologie v tomto oboru se stále vyvíjejí a již dnes existují přístroje IMRT s multileaf kolimátorem, které nabízejí daleko lepší možnosti doručení dávky do cílového objemu s maximálním ohledem na okolní zdravé tkáně.



Poděkování

Děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci Fyzikálního týdne, sponzorům za poskytnutí finančních prostředků na jeho program a také radioterapeutickému oddělení FN Motol, které nám umožnilo provést potřebná měření. Zvláštní poděkování pak patří Ing. Janu Hrbáčkovi za obětavý přístup při realizaci projektu.

Reference:

- [1] DOBBS, J. PRAKTICKÉ PLÁNOVÁNÍ RADIOTERAPIE Anomal 1992
- [2] [HTTP://WWW.VARIAN.COM/](http://www.varian.com/)
- [3] VAN DYK J. The MODERN TECHNOLOGY OF RADIATION ONCOLOGY Medical psychic publishing 1999

Počítačové algebraické systémy a jejich aplikace ve fyzice

Supervisoři: Dr. Ing. Milan Šiňor, Magdaléna Kettnerová

M. Kozel	Gymnázium Benešov	-
M. Ježek	Gymnázium Jeseník	-
Z. Bělehrádek	SPŠE Brno	zdenek.belehradek@seznam.cz
T. Javůrek	Gymnázium Jeseník	jaworda.t@seznam.cz
J. Černý	Gymnázium Vrchlabí	cerny.honza@centrum.cz
L. Dvořák	Gymnázium Šumperk	-
M. Veselý	Gymnázium Český Brod	majkl.west@centrum.cz
S. Kozina	Gymnázium tř. Kpt. Jaroše Brno	ersin@post.cz

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s některými zástupci počítačových algebraických systémů, jejich možnostmi a využít je při řešení některých fyzikálních úloh. Podrobněji jsme se zabývali programem *Mathematica 5*, který jsme pak použili na výpočty z oblasti difrakce na štěrbině a na mřížce.

1 Úvod

Cíl projektu byl jasný – zjistit, co všechno je nyní v možnostech moderních počítačových algebraických systémů. Pro pochopení tohoto problému si ale nejprve musíme ujasnit základní pojmy, které se nachází již v názvu projektu – co je to vlastně počítač? A co je to ta algebra?

2 Základní pojmy

Počítač je samočinný stroj, schopný v dnešní době velmi rychle vykonávat triviální operace – sčítat, odčítat, a pokud mu řekneme jak, je schopen pomocí těchto operací vykonávat i některé klasické funkce. Pokud tedy známe přesný algoritmus výpočtu, není již velký problém pomocí počítače tento výpočet vykonat. Konkrétní příklad – jak dlouho by člověk počítal například faktoriál sta? Řekl bych, že to bude doba v řádu dnů... A jak dlouho by to počítal průměrný dnešní počítač? Maximálně v řádu vteřin...

Nyní rozdíl mezi algebraickými a numerickými výpočty. Numerický výpočet se pokouší problém vyřešit přímo s hodnotami – a díky tomu je nucen například periodické hodnoty zaokrouhlit. Zvolíme si požadovanou přesnost a výsledek spočítáme. Oproti tomu jsou algebraické výpočty přesné. Problém se pokusíme formulovat nějakými obecnými vztahy a teprve na konci výpočtu se pokusíme dostat k nějakým konkrétním hodnotám. A ani to není nutné – i obecný výsledek se dá považovat za úspěch. Algebra je stále jakousi výsadou intelligence – vymyslet postup, jak se dobrat k výsledku s obecnými hodnotami není

jednoduché. Počítač sice může vše spočítat, postup ale stále musí vymyslet člověk. Základní rysy algebraických výpočtů jsou zřejmé:

- přesnost
- bez zaokrouhlování
- používání různých symbolů a proměnných
- možnost řešit numericky náročné problémy obecně

Nejlépe vyplynou rozdíly z této tabulky:

Numericky	Symbolicky
$2/6 \rightarrow 0.333333$	$2/6 \rightarrow 1/3$
$2 + 3 \rightarrow 5$	$x + 2x \rightarrow 3x$
$\cos(3.14159) \rightarrow -0.999999$	$\cos(\pi) \rightarrow -1$
	$\sin(2x) \rightarrow 2 \sin x \cos x$
	$\frac{d x^2}{d x} \rightarrow 2x$
$\int_0^{1/2} \frac{x}{x^2-1} dx \rightarrow 0.1438$	$\int \frac{x}{x^2-1} \rightarrow \frac{\ln x^2-1 }{2}$
	$a^2 - b^2 \rightarrow (a+b)(a-b)$
Numerické zhodnocení	Algebraické zjednodušení

Obecně vše můžeme shrnout definicí “Algebraické výpočty neboli operace se symboly neboli počítačová algebra jsou oblastí vědeckých výpočtů, které zkoumají, analyzují, realizují a využívají algebraické algoritmy.”

3 Konkrétní algebraické systémy

Jednotlivé algebraické systémy jsou si v zásadě velmi podobné. Mezi jejich hlavní funkce patří různé algebraické výpočty a vizualizace funkcí ve 2D i 3D grafech. Velkou výhodou je, že algebraické systémy pracují se symboly a ne s čísly, což zaručuje přesnost výpočtů.

Asi nejznámějším algebraickým systémem je Maple (www.maplesoft.com). Jeho výhodou je široká uživatelská podpora, vysoká rozšířenost (přes 5 mil. uživatelů) a tím i dostupnost např. zdrojových kódů některých programů nebo návodů a příruček. Velkou nevýhodou je zvláště pro případné domácí uživatele cena, která dosahuje asi 2000 \$.

Dalším velmi rozšířeným algebraickým systémem je Mathematica (www.wolfram.com), který jsme používali my. Oproti Maplu je trochu více „user friendly“, ale obsahuje o něco méně doplňkových funkcí. Podobně jako u Maplu může řadu potencionálních uživatelů odradit vysoká cena.

Z komerčních algebraických systémů můžeme zmínit ještě program MathCAD (www.mathcad.com), který umí v podstatě totéž, co Maple a Mathematica.

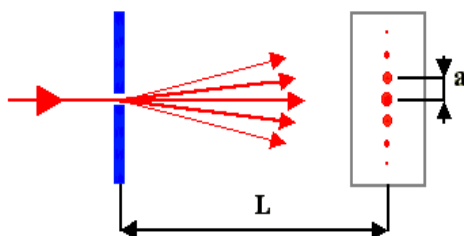
Nepřilíš movité uživatele jistě potěší existence freeware algebraických systémů jako třeba MuPAD (www.mupad.de) nebo Maxima (maxima.sourceforge.net), které se funkčností takřka vyrovnají komerčním programům.

4 Difrakce světla na štěrbinách a na difrakční mřížce

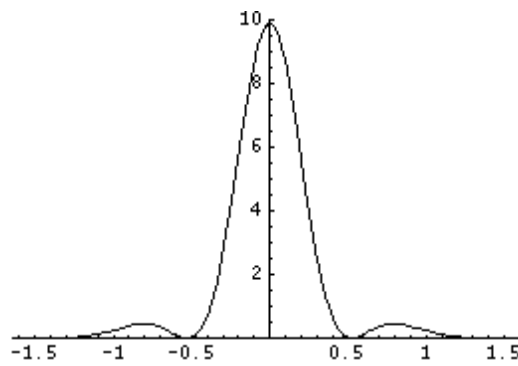
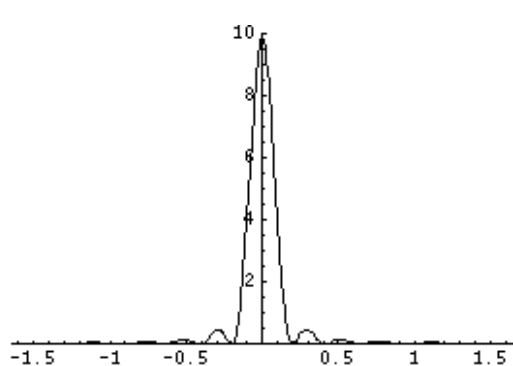
Programu Mathematica jsme užili k simulaci průchodu světla skrz štěrbinu a optickou mřížku. Zjišťovali jsme velikost intenzity světla při dopadu na stínítko po průchodu difrakční mřížkou. Zde jsou hlavně ukázky výstupů z programu, rovnic a grafů, které je možno vytvořit.

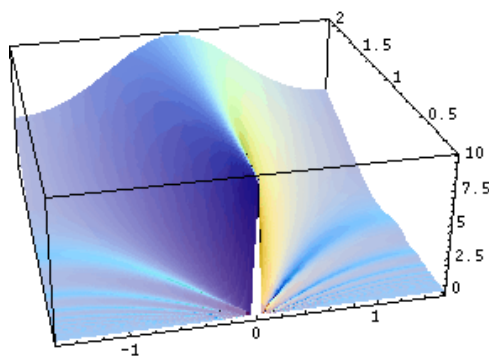
Difrakce na jedné štěrbině

Obrázek znázorňuje difrakci světla na jedné štěrbině. Světlo procházející velmi úzkou štěrbinou, jejíž šířka je srovnatelná s vlnovou délkou světla se po průchodu štěrbinou začíná šířit všemi směry (vyplývá z vlnové podstaty světla). Na stínítku se vytváří tzv. difrakční obrazec, jehož podobu lze matematicky modelovat.



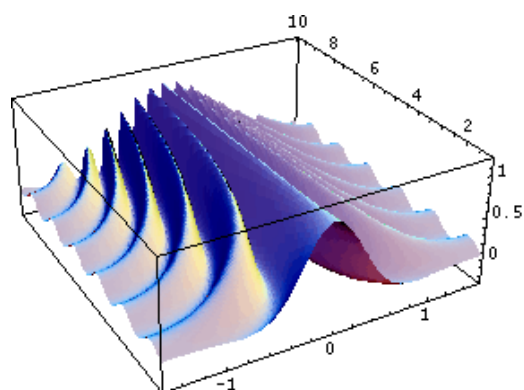
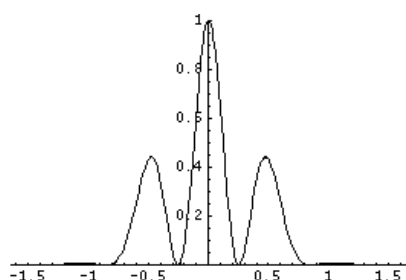
A tady je 2D i 3D graf z programu mathematica. Dvourozměrné grafy se liší velikostí štěrbin, kterou světlo procházelo. 3D graf znázorňuje závislost na velikosti štěrbin a úhlu dopadu světla, vpředu je štěrbina největší, směrem dozadu se zmenšuje.





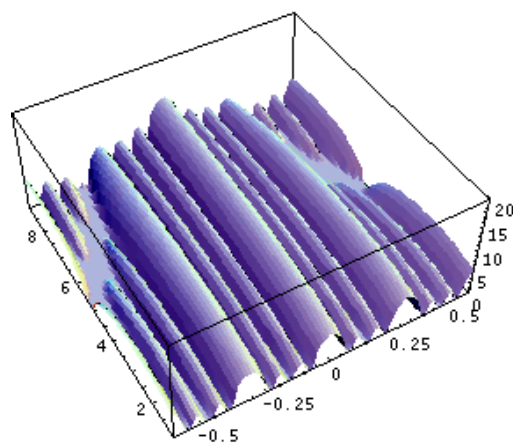
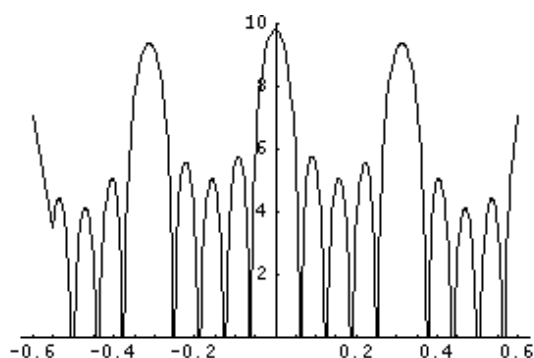
Difrakce na dvou štěrbinách

Na dvou štěrbinách dochází k podobnému jevu, ale světlo z jednotlivých štěrbin spolu vzájemně interferuje, tudíž je vniklý obrazec mnohem složitější. Trojrozměrný graf znázorňuje závislost intenzity světla na šířce štěrbině a úhlu dopadu světla na stínítku. Vzadu jsou štěrbiny nejširší.



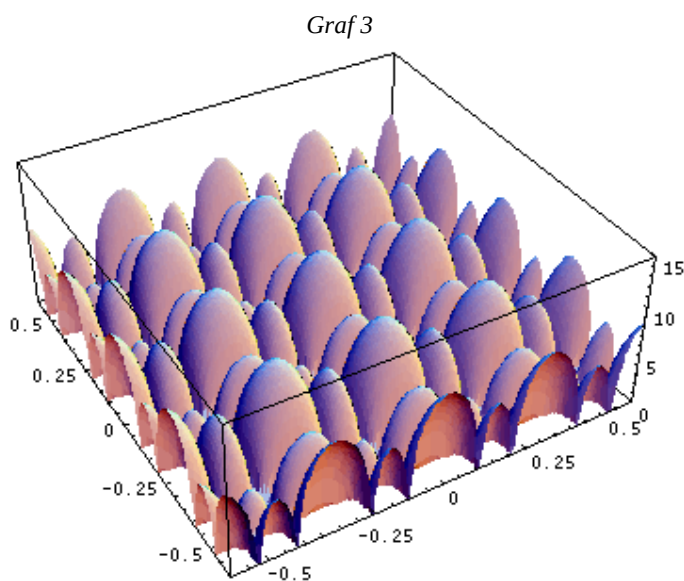
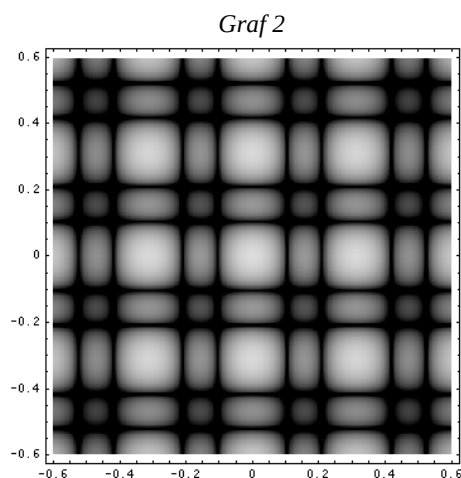
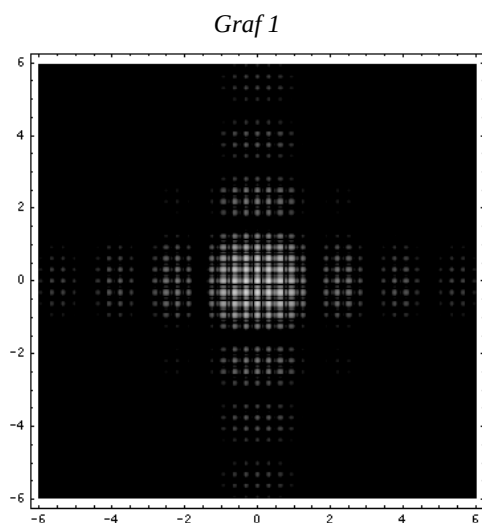
Difrakce na horizontální mřížce

Na horizontální mřížce je několik štěrbin vedle sebe, takže interferenční obrazec je v závěru ještě složitější, 3D graf pak reprezentuje závislost intenzity na šířce štěrbině a poloze obrazce na stínítku. Měřítko osy y (na 2D) a osy z (na 3D) je zlogaritmováno logaritmem o základu 2.



Difrakce na dvourozměrné mřížce

Dvourozměrná mřížka je tvořena čtvercovou sítí štěrbin, grafy jsou závislost intenzity na úhlu šíření světla z mřížky. Graf 1 je vlastní interferenční obrazec, graf 2 je detail středové části, graf 3 je trojrozměrné znázornění intenzity světla ve středové části.



5 Shrnutí

Výpočetní systém Mathematica je mocným nástrojem využitelným při matematické simulaci fyzikálních jevů. Ovládání programu je poměrně složité, ale jeho základy lze zvládnout pomocí desetiminutové výukové lekce.

6 Poděkování

Děkujeme našim supervizorům za jejich velikou trpělivost a obětavost s níž nám byli k dispozici při řešení našeho úkolu.

7 Reference

- [1] D.Halliday, R.Resnick, J.Walker – Fyzika, část 4.
- [2] Eric Weisstein's world of science – <http://scienceworld.wolfram.com>
- [3] Katedra fyzikální elektroniky FJFI – <http://kfe.fjfi.cvut.cz/~liska/ca/all.html>

Od difrakce a interference světla k holografii a difraktivní optice

Z. Safernová¹, M. Šiška², M. Daněk³, D. Renát⁴, P. Paták⁵

¹Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec

²Gymnázium Vídeňská, Brno

³SPSŠ Josefa Gočára, Praha

⁴SPŠE Kounicova, Brno, ⁵Gymnázium Sušice

¹ZSafernova@seznam.cz, ²wyvern@skypost.cz, ³deepsky@quick.cz

⁴xardas.mail@seznam.cz, ⁵PPatak@seznam.cz

Abstrakt

Cílem této práce je seznámení se se základními projevy vlnového charakteru světla, tedy difrakcí a interferencí a využití těchto jevů při tvorbě transmisních a reflexních hologramů a nastínění možností jejich uplatnění v praxi.

1 Světlo a jeho vlastnosti

Světlo je elektromagnetické vlnění, které se dá charakterizovat vlnovou délkou, amplitudou a fází. Vlnová délka viditelného spektra je 400–800 nm. Přírodním zdrojem bílého světla¹ je Slunce. Zdrojem monochromatického² světla jsou především lasery, které se vyznačují koherentností – tj. všechny vlny ve svazku kmitají se stejnou fází.

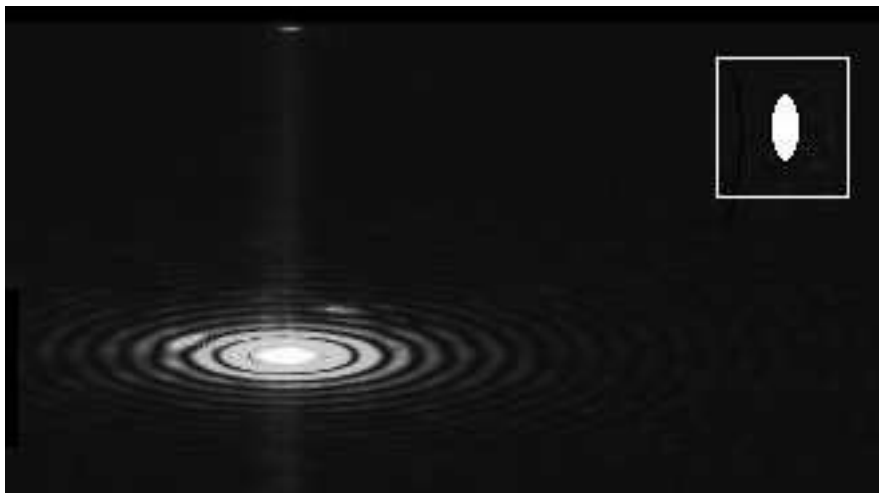
2 Difrakce a interference

Interferencí rozumíme skládání vln, které funguje na principu superpozice. Setkají-li se dvě vlny s nulovým fázovým rozdílem, hovoříme o interferenci konstruktivní, je-li rozdíl π , jedná se o interferenci destruktivní (tzn. vzájemný účinek se vyruší). Vzájemným překrýváním vln vznikají světlé a tmavé proužky (minima a maxima) neboli interferenční pole.

Pojem difrakce označuje ohyb světla, který vzniká na překážkách s velikostí srovnatelnými s vlnovou délkou. V první části našeho experimentu jsme laserovému paprsku stavěli do cesty různé překážky a na stínítku jsme ve vzdálené (Fraunhoferově) zóně pozorovali vznikající difrakční obrazce. Ohyb vlny rovněž závisí na velikosti překážky, přímý přepočet je dán Fourierovou transformací, což v praxi znamená, že čím je štěrba užší, tím víc se světlo ohne. Toto je demonstrováno obrázkem 1:

¹bílé světlo – složené ze všech vlnových délek viditelného spektra (další zdroj např. žárovka)

²monochromatická – světlo září pouze na jedné, přesně stanovené vlnové délce a není složeno z více barev



Obrázek 1: Difrakční obrazec eliptické apertury

Difrakci můžeme pozorovat i na složitějších strukturách např. na difrakčních mřížkách, což je soustava N identických ekvidistantních³ štěrbin.

3 Holografie

Holografie je metoda zachycování a zpětného promítání objektů využívající principu difrakce a interference. Tyto metody zaznamenávají i fázi přicházejícího světla, což u fotografie není možné. V důsledku toho lze pomocí holografie zachytit i perspektivu a trojrozměrnost objektu. Tento princip byl poprvé popsán roku 1948 Denisem Gaborem⁴. Všiml si, že vlna odražená od předmětu zaznamenaná s jinou tzv. referenční vlnou doplní jak informace o amplitudě vlnění tak o její fázi. Neboť záznamové prostředí dokáže reagovat pouze na intenzitu světla není možné vlnu s její fází zaznamenat přímo.

Princip holografického záznamu spočívá v tom, že na zaznamenávaný objekt posvítíme signální vlnou, která se od objektu odrazí na destičku s halogenostříbrnou emulzí, kde zároveň interferuje s referenčním svazkem. Zpětné vyvolání hologramu se nazývá rekonstrukce. V jejím průběhu je nutné osvětlit hologram referenční vlnou se stejnými parametry jako v době expozice, čímž dostaneme vlnu signální. Další možností je použít konjugovanou vlnu, jejíž křivost je obrácená. Při jejím použití vzniká reálný obraz, na rozdíl od referenční vlny, kdy vzniká obraz virtuální.

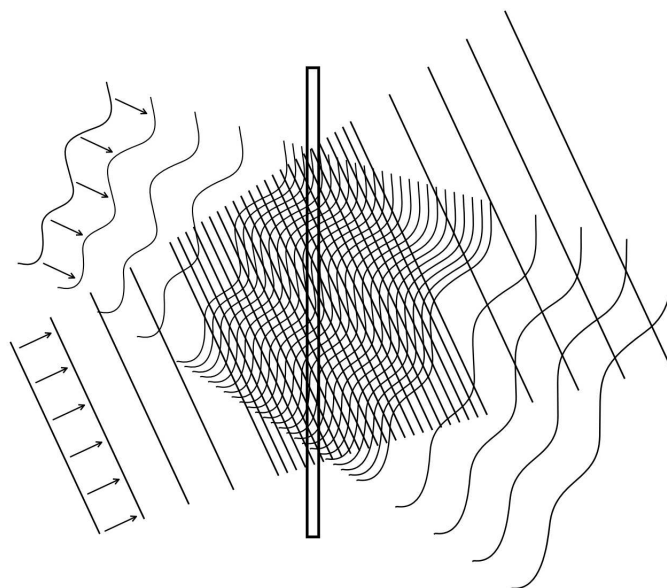
V rámci našeho miniprojektu jsme dostali možnost sami si tento princip vyzkoušet. Vytvořili jsme transmisní hologram vázičky zaznamenaný na halogenostříbrné emulzi.

4 Shrnutí

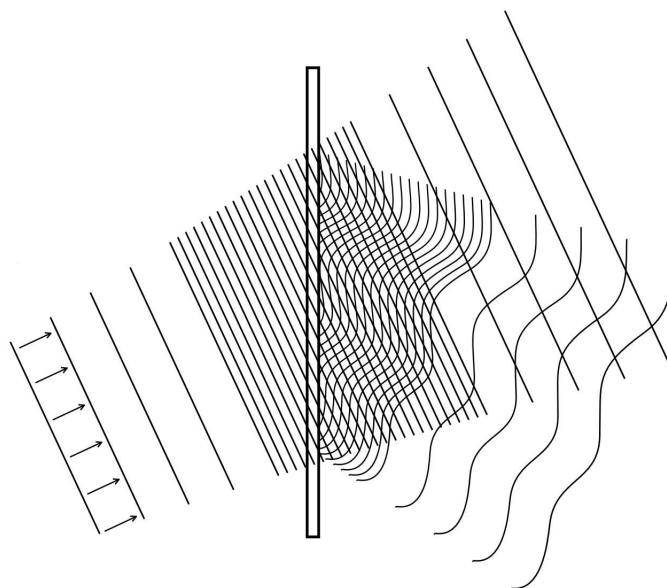
V této práci jsme se zabývali různými světelnými efekty souvisejícími s ohybovými jevy. Zkusili jsme si výrobu vlastního hologramu, přičemž jsme zjistili, že je to docela nákladná záležitost a navíc ne až tak jednoduchá. Přesto je její praktické využití ohromné, používá se např. na výrobu ochranných prvků na cenných dokumentech. Mimoto se vyvíjí nezávislá oblast snažící se prosadit holografii do zábavního a komerčního průmyslu. Uchovávání dat

³ekvidistantní – se stejnou vzdáleností (rovnoběžné)

⁴Denis Gabor *1900 – † 1979 – maďarský fyzik; r. 1971 Nobelova cena za holografii



Obrázek 2: Záznamové schéma transmisního hologramu



Obrázek 3: Rekonstrukce transmisního hologramu

prostřednictvím holografické paměti je další alternativní směr, kterým by se mohl vývoj v dalších letech ubírat.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat svým supervisorům Dr. Ivanu Richterovi, Ing. Milanu Květoňovi a Ing. Davidu Najdkovi za jejich ochotu, trpělivost a čas, který nám věnovali během práce na tomto miniprojektu.

Reference

- [1] P. Fiala: Základy fyzikální optiky, vydavatelství ČVUT, Praha 1999.
- [2] M. Vrbová a kol.: Lasery a moderní optika, Prometheus, Praha 1994.

Měření spektrálních vlastností klasických a laserových zdrojů

Tereza Klimošová, Gymnázium Lanškroun
Milan Byčan, Gymnázium Havířov
Václav Vondruška, Gymnázium Vrchlabí
Vojtěch Molda, Masarykovo gymnázium Vsetín

Abstrakt:

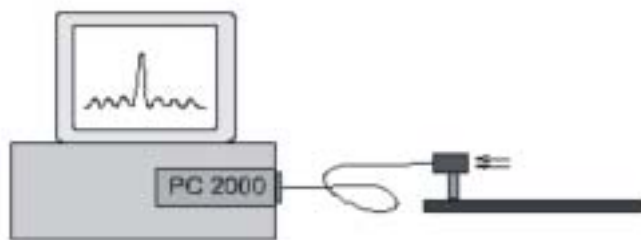
Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se se základy spektroskopie, naučit se pracovat se spektrometrem a zkusit si změřit a porovnat spektra některých zdrojů optického záření.

1 Úvod

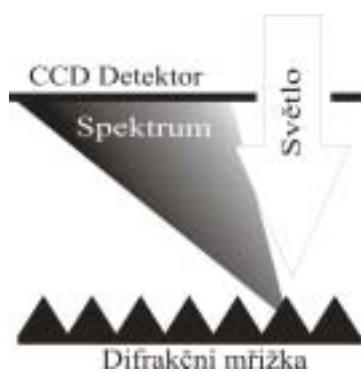
Spektroskopie je obor, zabývající se studiem spektra, což je soubor frekvencí harmonických složek elektromagnetického záření, které vzniká při interakci s látkou. Každá látka má své jednoznačně určené spektrum, které se skládá ze spektrálních čar. Pomocí spekter se dají získat například informace o vnitřní struktuře látky. V našem miniprojektu jsme se snažili změřit a porovnat spektra zdrojů optického záření, jako například laseru, žárovky, slunečního záření a jiných.

2 Spektrometr a zdroje záření

K měření jsme používali aparaturu sestávající z čočky zachycující záření zkoumaného zdroje, optického vlákna, jímž se záření přenášelo do vlastního spektrometru a počítače, který naměřené údaje vyhodnocoval a zpracovával do grafu.

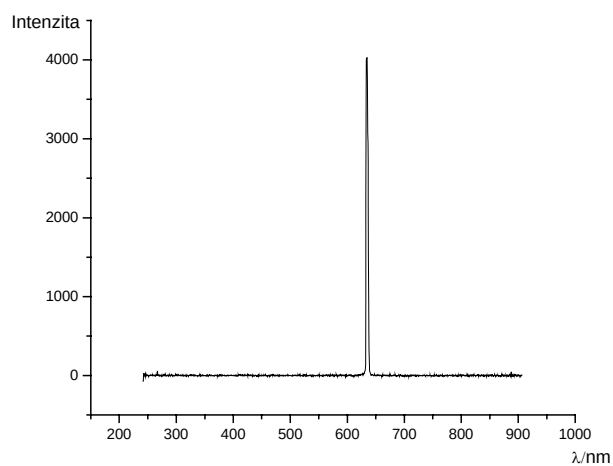


K rozložení záření dochází na odrazné difrakční mřížce, což je destička pokrytá miniaturními vrypky (v našem případě 1 200 čar/mm). Světlo se od ní odráží, jako by bylo tvořeno mnoha bodovými zdroji záření, které spolu interferují. Změřením intenzity osvětlení v jednotlivých místech detektoru lze zjistit spektrum zdroje.



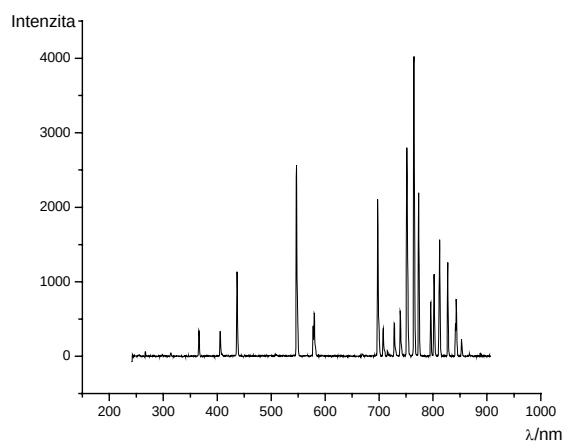
Námi používaný spektrometr měl rozsah měření 250 – 900 nm, optické rozlišení asi 2 nm.

Výsledky:
Spektrum laseru



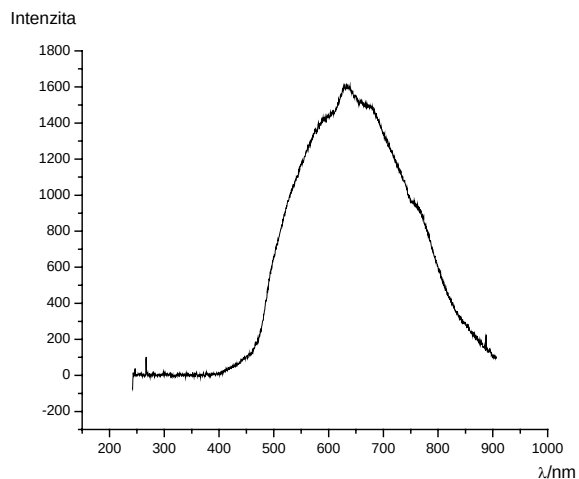
Helium-neonový laser má čárové spektrum. Jeho záření je monochromatické, s vlnovou délkou 633nm.

Kalibrační lampa



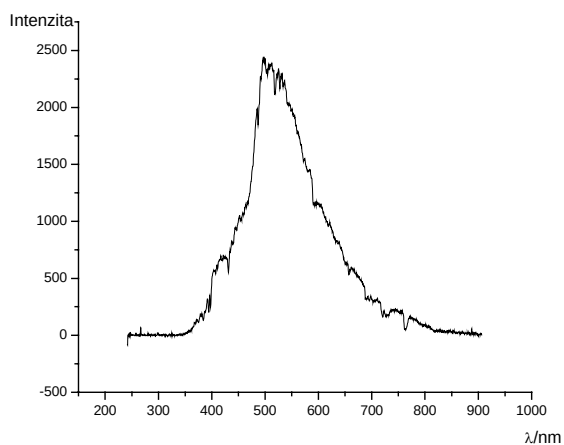
Kalibrační lampa se používá k nastavení spektrometru před počátkem měření. Funguje jako výbojka – světlo vzniká díky elektrickým výbojům uvnitř výbojky naplněné parami rtuti a argonem. Její spektrum je rovněž čárové, ale září na více vlnových délkách.

Žárovka



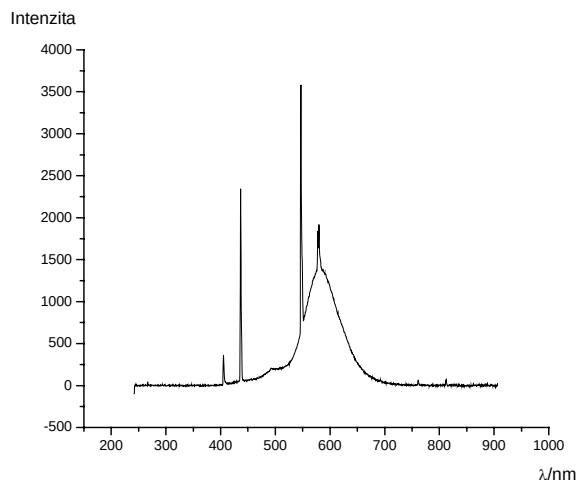
Spektrum žárovky je spojité.

Sluneční záření



I sluneční záření má spojité spektrum. Protože pokus byl proveden přes sklo, je intenzita UV záření snížena.

Zářivka



Spektrum zářivky je spojitě i čárové. Čáry odpovídají spektru rtuti, kterou zářivka obsahuje.

3 Shrnutí

Na základě provedených měření jsme byli schopni rozdělit spektra zdrojů na spojitá, čárová a na taková, která svou strukturou zasahují do obou skupin.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Alexandru Jančárkovi, CSc., ostatním organizátorům Fyzikálního týdne, FJFI ČVUT.

Reference:

- [1] Doc. Ing. VRBOVÁ, M. CSc., a kol.: *Lasery a moderní optika* Prometheus, 1994
- [2] *Měření spektrálních vlastností klasických a laserových zdrojů – zadání lab. úlohy*
- [3] ENGST, P. – HORÁK, M.: *Aplikace laserů* SNTL, 1989

Měření transmise optických a laserových materiálů

I. Havlová, Gymnázium Nad Alejí, Praha 6, *iriss_h@email.cz*

Š. Mohylová, Gymnázium Ostrava, *S.Mohylova@seznam.cz*

L. Severa, Gymnázium Benešov, *l.severa@seznam.cz*

V. Sirotek, Gymnázium L. Píka, Plzeň, *vlada.sirotek@seznam.cz*

Abstrakt:

Měření transmise je významné pro výběr materiálů při konstrukci nejrůznějších optických přístrojů a též pro kontrolu kvality těchto materiálů. Na základě „propustnosti“ záření o určité vlnové délce lze zvážit vhodnost použití pro danou aplikaci. Naším úkolem bylo naopak z chování materiálu určit její účel.

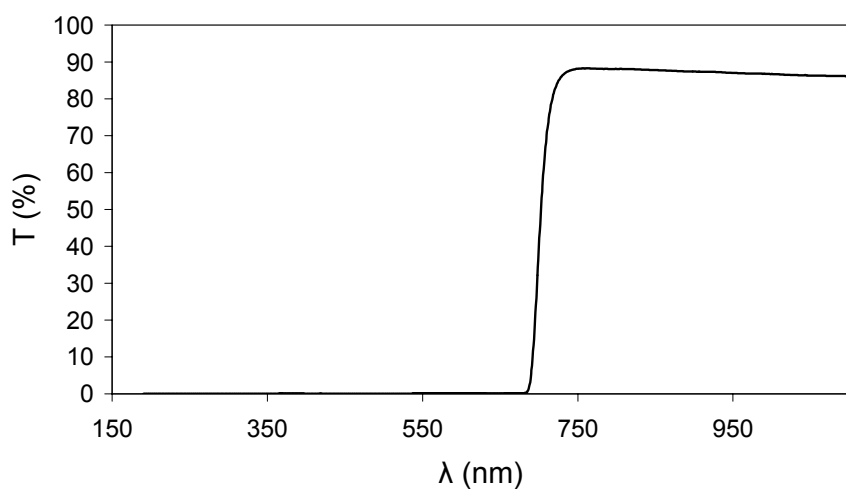
1 Úvod

Pro výrobu optických zařízení (např. lasery) je nutné vědět, zda použité materiály mají požadované optické vlastnosti. Jedním z přístrojů, kterým lze analýzu provést, je spektrofotometr. Tento přístroj měří, kolik záření daný vzorek propustí v závislosti na vlnové délce. Naším úkolem bylo změřit transmissi, tedy poměr záření, které materiálem projde, a vstupujícího záření. Dostali jsme sedm neznámých vzorků, u nichž jsme pak na základě výsledků měli co nejpřesněji odhadnout jejich možnosti využití. Např. zrcadlo pro rubínový laser by mělo propouštět jen určitou část intenzity generovaného záření. Ochranné brýle by měly maximálně absorbovat světlo v oblasti poškozující zrak.

2 Měření

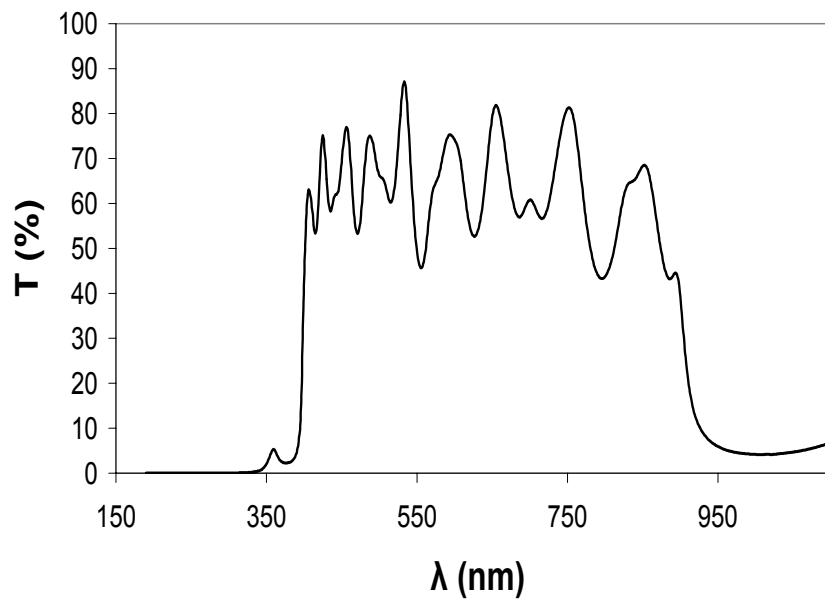
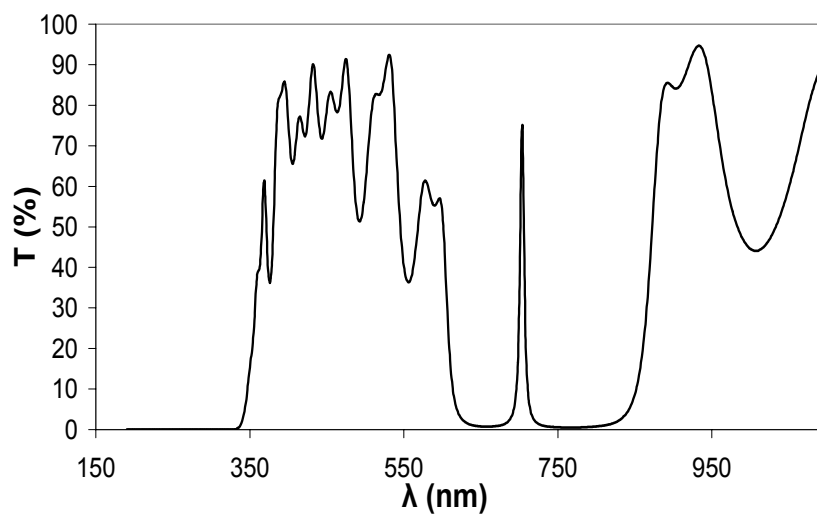
K měření jsme použili již zmiňovaný spektrofotometr. Spektrofotometr je přístroj k měření spekter optického záření a zaznamenávající poměr intenzity záření absorbovaného měřeným vzorkem k intenzitě referenčního záření v závislosti na vlnové délce záření dopadajícího na vzorek. Takto lze stanovit relativní intenzity jednotlivých spektrálních čar (obvykle je záznam v měřítku 1 až 100 %). Každý spektrofotometr se skládá v podstatě z fotometru a monochromátoru. Jako zdroje záření slouží elektrická žárovka s wolframovým vláknem (viditelná oblast), vodíková výbojka (ultrafialová oblast) a Nernstova tyčinka nebo různé zářiče (infračervená oblast). Obvykle polychromatické záření zdroje se hranolem nebo mřížkou monochromátoru rozloží na spektrální složky, z nichž se pak záření žádoucí vlnové délky izoluje štěrbinou. Šířka štěrbiny určuje spektrální čistotu záření. Neabsorbované záření se měří fotoelektrickými články, fotonásobiči (ultrafialová a viditelná oblast) a bolometry, termočlánky (infračervená oblast). Nejmodernější spektrofotometry jsou registrační, tzn. že v několika minutách zakreslí automaticky celé absorpční spektrum.

Do spektrofotometru jsme postupně vkládali sedm vzorků. Jak světlo určité vlnové délky procházelo vzorkem, počítač vykresloval graf závislosti transmise (v %) na vlnové délce.

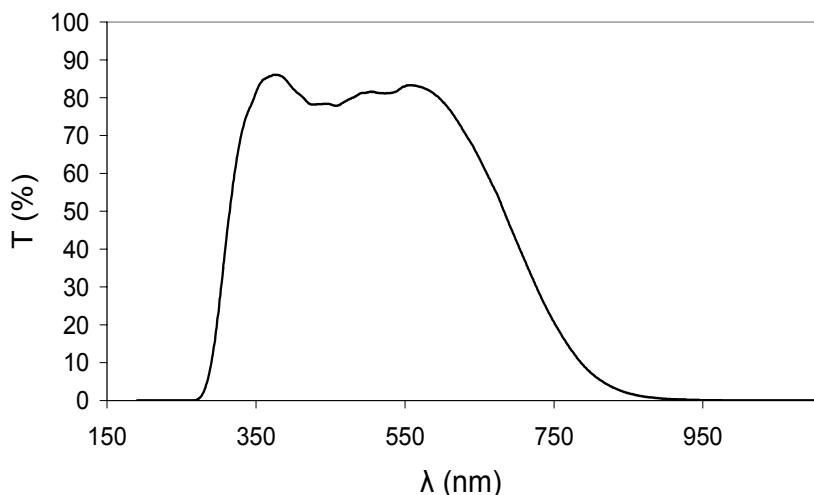


Filtr RG8 – tento filtr nepropouští záření od vlnové délky 680 nm

Výstupní zrcadlo pro rubínový laser – hlavní maximum na hodnotě 694 nm odpovídající vlnové délce rubínového laseru



Výstupní zrcadlo pro laser Nd:YAG – o vlnové délce 1060 nm



Sklo z ochranných brýlí
– chrání zrak proti
záření nebezpečnému
pro lidské oko

3 Shrnutí

Závěrem jsme podle jednotlivých grafů přiřadili k neznámým vzorkům způsob jejich užití. Výstupní zrcadla z laserů propouštějí částečně záření vlnové délky odpovídající generovanému záření, filtry laserů naopak zabraňují jeho průchodu, ochranné brýle nepropouštějí část spektra nebezpečnou lidskému zraku.

ÚKOL BYL ÚSPĚŠNĚ SPLNĚN!!!

Získali jsme zkušenosti s laboratorní prací, zahráli jsme si na studenty FJFI, kteří takovéto úkoly řeší při svých laserových praktikách, a dozvěděli se spoustu zajímavých věcí z oblasti laserové techniky.

Poděkování

A na úplný závěr ještě neopomenutelné poděkování. Děkujeme samozřejmě FJFI ČVUT v Praze, že pořádá pro středoškolské studenty tuto úžasnou akci, jíž jsme se mohli zúčastnit. Pak nezapomeňme na všechny sponzory a přátele akce. A největší dík bychom rádi věnovali „týmu“ supervisorů, který se v průběhu akce trošičku rozrostl: Ing. Petr Gavrilov, CSc.; Ing. Alena Zavadilová, Ing. Michal Němec Bc. a spousta dalších milých lidí z katedry fyzikální elektroniky...

Reference:

[1] <http://space.fjfi.cvut.cz/web/blazej/bigfiles/ul13.pdf>

**Matematické
modelování**

**Fyzika
v medicíne**

**Laserová
fyzika**

**Informatika
a software**

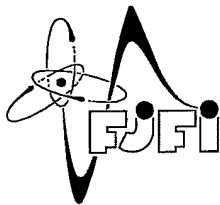
**Fyzikální
vlastnosti
materiálu**

**Elementární
částice**

**Jaderná
chemie**

Optoelektronika

**Jaderná
bezpečnost
a ekologie**



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Ceského vysokého učení technického v Praze

Vysokoškolské vzdělání v moderních oborech
s tradicně vysokou úrovní

Charakteristika studia na FJFI

- ♣ velmi široké spektrum studijních zamerení
- ♣ spoluúcast studentu při řešení výzkumných úkolů (již od 2. ročníku)
- ♣ široká nabídka studijních pobytů na zahraničních univerzitách
- ♣ studium dvou cizích jazyků (A, N, F, R, Šp)
- ♣ možnost souběžného pedagogického studia k získání učitelské způsobilosti pro vyučování na středních školách

Profil absolventa FJFI

- ♠ má velmi dobrou znalost matematiky a fyziky a je schopen ji uplatnit
- ♠ má 2-3 letou zkušenost s vědeckou prací včetně veřejné obhajoby
- ♠ umí aktivně minimálně jeden světový jazyk
- ♠ ovládá výpočetní techniku a nebojí se jí
- ♠ je schopen velmi rychlé orientace v mezioborové problematice a připraven pro týmovou práci
- ♠ ví, že nic v životě není zadarmo a že bez práce nejsou koláče

Uplatnění absolventa FJFI

- ♦ absolvent FJFI nemá problém s uplatněním - může měřit laserem vzdálenost od Měsíce či propojovat počítačové sítě mezi mrakodrapy; využít teorie grafu v bankovních operacích, na burze či při mariáši; řídit jadernou elektrárnu; určit příčiny havárií letadel, lodí či plynovodu; 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 CVUT
pedagogické oddělení
Brehová 7, 115 19 Praha 1
tel. 222 310 277, fax: 222 320 861
<http://www.fjfi.cvut.cz>**

Zájemce o studium zveme k návštěvě tradicně konaných Dnu otevřených dveří (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F k přijímacím zkouškám na VŠ technické (od listopadu do března). Uzávěrka pro podání příhlášek ke studiu je vždy 31. března, přijímací zkoušky pak v polovině června (případně druhé kolo na konci srpna).

STUDIUM NA FJFI

Fakulta poskytuje vysokoškolské vzdělání formou rádného denního strukturovaného studia (bakalářské studium - titul bakalár, 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 + magisterský program během peti let. Návažný 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 (trileté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků. Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecko-výzkumná práce. V mnoha vědeckých směrech existuje úzká spolupráce s ústavami Akademie věd a s dalšími institucemi, vysokými školami a průmyslovými podniky v České republice i v zahraničí (např. MFF UK, SÚJV Dubna, CERN Ženeva, Université de Montréal, Université de Paris, apod.). 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.

BAKALÁŘSKÉ STUDIUM

V prvních dvou ročnících posluchači absolvují základní kurs matematiky, fyziky, informatiky a chemie, který je základem celého studia. Na něj navazují další předměty podle studijních plánů jednotlivých zaměření. Pro obor Jaderne-chemické inženýrství je základní kurs modifikován se zvýšením důrazu na chemii. Bakalářské studium je na fakultě pojato i jako univerzální vzdělání v informatice s rozšířenou výukou jazyků, plným přístupem k Internetu a možností získat European Computer Driving Licence® (uznávanou ve státech EU).

Po dokončení bakalářského studia lze na FJFI pokračovat v 3-letém navazujícím magisterském programu. Studijní plány většiny zaměření bakalářského studia umožňují pokračovat v navazujícím magisterském studiu daného zaměření plynule a dokončit ho již v průběhu dvou let.

OBOR MATEMATICKÉ INŽENÝRSTVÍ

Studium oboru Matematické inženýrství vychází z matematicko-fyzikálního základu, prohlubuje znalosti studentů v matematice a učí je aplikovat matematiku na fyzikální, přírodovědné, inženýrské a další problémy. Absolventi oboru jsou teoreticky připraveni pokračovat v magisterském studiu v matematických a teoreticko-fyzikálních oborech na všech světových univerzitách. Studijní obor obsahuje zaměření: Softwarové inženýrství v ekonomii, Matematické modelování, Matematická fyzika.

OBOR INŽENÝRSKÁ INFORMATIKA

Absolventi oboru získají solidní vzdělání v informatice, a to jak v teoretických partiích, tak v praktické oblasti. Vedle společného základního vzdělání (matematika, fyzika, jazyky) bude posluchačům v rámci specializovaného studia umožněno nahlédnout do moderních aplikací informatiky. Zaměření: Praktická informatika, Přístroje a informatika, Softwarové inženýrství, Tvorbě softwaru, Informatická fyzika.

OBOR FYZIKÁLNÍ INŽENÝRSTVÍ

Fyzikální inženýrství je zaměřeno na přenášení nových fyzikálních poznatků do praxe. Posluchači jsou seznámeni s podstatou vztahu mezi strukturou látek, materiálu v různých skupenstvích a jejich mechanickými, elektrickými, magnetickými a optickými vlastnostmi. Absolvent získá základ pro další studium. Zaměření: Laserová technika a optoelektronika, Stavba a vlastnosti materiálu, Fyzikální elektronika a Inženýrství pevných látek.

OBOR JADERNÉ INŽENÝRSTVÍ

Absolvent získá solidní základ pro technické, přírodovědné a další aplikace jaderných věd, zvláště jaderné fyziky, tak jak souvisí s využíváním jaderné energie, radioaktivních látek a ionizujícího záření v průmyslu, biologii a medicíně. Absolvent nahlédne do problematiky jaderné a radiací bezpečnosti jaderných elektráren, ochrany životního prostředí a souvisejících experimentů. Studijní obor obsahuje zaměření: Jaderná zařízení, Radiací ochrana a životní prostředí, Teorie a technika jaderných reaktorů, Dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Experimentální jaderná fyzika.

OBOR JADERNE CHEMICKÉ INŽENÝRSTVÍ

Učební plán poskytuje absolventům dostatečně široký základ v matematice, fyzice a teoretickou i praktickou přípravu v základních chemických oborech, tj. ve fyzikální, anorganické, analytické a organické chemii a v biochemii. Možnosti uplatnění bakaláře tohoto oboru jsou tedy stejné jako v případě bakaláře jiných chemických oborů. Absolventi jsou však výrazně lépe připraveni k práci na výzkumných a dalších pracovištích, kde se využívá radionuklidů a ionizujícího záření. Zaměření: Jaderne chemické inženýrství.

NAVAZUJÍCÍ MAGISTERSKÉ STUDIUM

Po úspěšném absolvování bakalářského studia a po vykonání přijímacího řízení lze na FJFI CVUT dále studovat v 3-letém navazujícím magisterském programu. Tento program je otevřen i bakalářům z jiných škol a univerzit. Pro studenty naší fakulty mohou být přijímací zkoušky do navazujícího magisterského studia součástí státní závěrečné bakalářské zkoušky. Absolventi většiny ze zamerení bakalářského studia mají navíc možnost dokončit magisterské studium již v průběhu dvou let. Závěrečná fáze bakalářského studia těchto zamerení se totiž skladbou predmetu jen málo odlišuje od prvního roku studia v odpovídajícím magisterském zamerení.

OBOR MATEMATICKÉ INŽENÝRSTVÍ

Studium oboru Matematické inženýrství vychází z matematicko-fyzikálního základu, prohlubuje znalosti studentu v matematice a učí je aplikovat matematiku na fyzikální, přírodovědné, inženýrské a další problémy. Studenti si prohlubují své znalosti v disciplínách potřebných pro vytváření matematických modelů s využitím počítačů k numerickým a symbolickým výpočtům a simulacím procesu nejruznější povahy pro nejruznější oblasti techniky a výzkumu. Získávají široké vzdělání ve fyzice, zvláště teoretické a kvantové, rozhled v matematických metodách včetně moderních partií algebry, diferenciální geometrie a algebraické topologie. Absolventi oboru se stávají mostem mezi matematikou a tradičním inženýrstvím. Studium se dělí do zamerení: Matematické modelování a Matematická fyzika.

OBOR INŽENÝRSKÁ INFORMATIKA

Absolventi oboru získají solidní vzdělání v informatice, a to jak v teoretických partiích (matematika s důrazem na diskrétní a stochastické oblasti, fyzika s akcentem na vztah reality a teorie, dále teorie informace, rozhodování, algoritmu, výpočtu a formálních jazyků), tak v praktické oblasti (programování, počítače a jejich architektura, softwarové inženýrství, programovací techniky, operační systémy, databáze, počítačové sítě). Ve specializované části studia bude posluchačům umožněno hlubší poznání moderních aplikací informatiky (věda, technologie, ekonomika, administrativa, zdravotnictví atp.). V rámci oboru lze studovat zamerení: Informatická fyzika, Softwarové inženýrství, Informační technologie a Tvorba softwaru.

OBOR JADERNÉ INŽENÝRSTVÍ

Obor se zabývá aplikacemi jaderných věd, zvláště jaderné fyziky, v souvislosti s využíváním jaderné energie, radioaktivních látek a techniky ionizujícího záření. Posláním oboru je zajištění jaderné a radiací bezpečnosti provozu jaderných elektráren, rozvoj aplikací radionuklidu a ionizujícího záření v průmyslu, ekologii, biologii a medicíně a minimalizace dopadu na životní prostředí. Dále je též orientován na výzkum struktury hmoty a interakcí mezi elementárními částicemi. Důraz se klade na metody získávání experimentálních dat a jejich zpracování pomocí výpočetní techniky. Studijní obor nabízí pět zamerení: Teorie a technika jaderných reaktorů, Jaderná energie a životní prostředí, Dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Radiologická fyzika v medicíně a Experimentální jaderná fyzika.

OBOR FYZIKÁLNÍ INŽENÝRSTVÍ

Fyzikální inženýrství se zabývá fyzikálními vlastnostmi hmoty, různých typů záření, interakcí mezi nimi apod. a přenášením těchto nových poznatků do praxe. Posluchači jsou vychováváni k porozumění vztahům mezi strukturou pevných látek a jejich elektrickými, magnetickými a optickými vlastnostmi, sledují podstatu procesu porušování ve vazbě na mechanické a strukturní vlastnosti materiálu, životnost výrobku i nové technologie. Osvojí si poznatky o svazcích nabitých částic a plazmatu, koherentních svazcích, elektromagnetickém záření, optoelektronice a laserové technice. Naučí se je aplikovat nejen v různých oblastech techniky, ale i např. medicíny (lékařské lasery, biomateriály, apod.). Obor zahrnuje tři zamerení: Inženýrství pevných látek, Stavba a vlastnosti materiálu a Fyzikální elektronika.

OBOR JADERNE CHEMICKÉ INŽENÝRSTVÍ

V oboru Jaderne chemické inženýrství jsou vychováváni odborníci pro základní a aplikovaný výzkum a praxi v oblasti jaderné chemie, užití jaderné chemie a chemie životního prostředí. Na širokém základe v matematice a fyzice a teoretické i praktické příprave v základních chemických oborech (fyzikální, anorganická, analytická a organická chemie a biochemie) je rozvíjeno studium jaderne chemických disciplín, přičemž důraz je položen na aplikaci získaných poznatků ve výzkumu a inženýrské praxi. Absolventi oboru nalézají uplatnění ve výzkumných ústavech, zdravotnických zařízeních, v jaderné energetice a chemickém průmyslu, v projekčních ústavech a v řízení výzkumu i provozu. Obor se dělí do dvou zamerení: Aplikovaná jaderná chemie a Chemie životního prostředí