Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha '02

Fyzikální týden

Sborník příspěvků

23.6-27.6

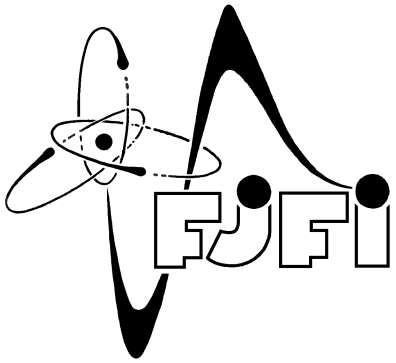
"Věda se snaží vysvětlovat věci, které dosud nikdo nezná, takovým způsobem, aby to bylo všem srozumitelné. U poezie je tomu přesně naopak."
Paul Dirac,
(100 let od narození.)

Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha '02

Poděkování za laskavou podporu

Nadační fond pro podporu teoretické fyziky

a



a

Slovo úvodem

Čtvrtým rokem pořádáme na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské CVUT 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 150 studentů z cca 60 gymnází, tito studenti zkusili své síly v 35 miniprojektech, měli možnost navštívit 11 vědeckých pracovišť a navíc mohli večer strávit v Planetáriu, Štefánikově hvězdárně či na Křižíkově fontáně.

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 jmenovat pár jmen lidí, kteří se organizačně zasloužili o uspořádání této akce: Libor Škoda, Marie Svobodová, Jirka Martinčík a Vladimír Pospíšil. Dále 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 v tomto roce podle mne vyjímečnou badatelskou atmosféru, čehož důkazem je zřetelně tento sborník.

16. září 2002 Vojtěch Svoboda

Obsah

Poděkování **3**

Slovo úvodem **5**

Program Fyzikálního týdne 2002 **8**

Příspěvky **9**

J. Paleček, J. Danihelka, O. Král, M. Pína:**Měření resistivity polovodičových materiálů** . . 9
M. Blažek, P. Pecharová, S. Solánský, J. Švarcbach:**Absorpce světla v pevných látkách** . . . 12
P. Jež, T. Lašťovička, O. Kvítek, Z. Černý, J. Lískovec:**Únavové poruchy - fraktografie** . . . 16
Pavel Rutar, Miriam Natoufová:**Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza při studiu památek** 19
M. Hubička, L. Madron, J. Rajdl, D. Šmíd:**Bezztrátová komprese dat** 23
M. Cetkovský,E. Šoltísová, V. Cupal, M. Raja, Z. Vydrová :**Millikanův pokus** 27
Jan Hošek, Jan Prachař, Lukáš Nevařil, Radim Šojdr, Václav Valeš:**Chaotická dynamika** . . . 32
T. Vychodil, V. Slimáček, P. Kuriščák a M. Kolář:**Zákon zachování energie** 35
M. Mironovová, T. Holenda, H. Havliš:**Není-li z reaktoru odveden uvolněný výkon, může nastat i výbuch** 39
B.Neumann, M.Grudzien, D.Beneš, M.Zgažar, L.Sobek:**Využití plynové chromatografie pro sledování radiační degradace chlorovaných organických látek ve vodě** 41
J.Mihulka, M. Másilko, L. Unzeitig:**Studium plasmaticky nanášených vrstev** 46
V.Tyrpekl, J.Vlček, J.Nejdl,K.Dudek:**Studium RTG spektra Cu anody** 51
E. Janská, E. Žížková, L. Srnka, L. Chvátal:**Měření radonu v jeskyních** 53
M. Zelený, J. Pavuk, J. Hlous:**Rezonanční jevy na mechanických a elektrických systémech** 57
Petr Veverka,David Šubrt, Vlastimil Kůs:**Doutnavý výboj - zápalné napětí** 59
R. Gracla, P. Novotný, M. Pilát, F. Roth, M. Slavík:**Základní experimenty s lasery** 62
Cviček, Lepík, Kresta:**Využití vědecké vizualizace ve fyzice mikrosvěta** 64
O. Honzl, J. Křivánek, P. Kupilík, J. Seifrt, J. Zůda :**Franck-Hertzův pokus** 68
J.Macků, T. Kolouch,E.Sedláčková, M.Vrňáková :**Měření dosahu elektronů na klinickém lineárním urychlovači** 71
M. Frantes, T. Hejda, L. Mach, O. Maršálek, M. Petera:**Měrný náboj elektronu** 75
D. Jalůvka, J. Staněk, M. Millerová, T. Hnyk, T. Jakoubek:**Kdy hrozí, že už koule bude kritická** 80
H.Lancová, M.Strachota, M.Holeček :**Dopplerův jev** 82
Anna Bernáthová, Jan Hudeček, Jiří Syrový:**Kryptografie** 84
T. Vansa, T. Trávníček, H. Matoušová, M. Debef:**Úvod do problematiky fraktálních množin** 88
J. Ryszawy, M. Staněk, H. Maňáková, P. Váňa, V. Gergerits:**Základní experiment fyziky plazmatu** 90
K.Zacharovová, P.Maršíková, J.Margholdová, R. Kusák a A. Pavelka:**Barvivové lasery** 92

M. Štroff, J. Cabrnoh, J. Urbář, R. Hlistová a T. Králová:**Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů** 94
V. Dufek, D. Scheirich a B. Miklasová:**Spektrometrie záření gama** 97
M. Rejman, B. Rosička, P. Mikeš, L. Kupilík a L. Kocman:**Umělé neuronové sítě** 101
M. Anděl, M. Kapusník, V. Mikeš, D. Lessner a M. Frýdecký:**Linux** 105
O. Bartošek, P. Klimeš, Z. Turický, M. Šmíd a V. Dušek:**Světelná mikroskopie v materiálovém výzkumu** 107
T. Hlaváček a T. Urban:**Spektrometrie záření alfa** 109
M. Marek, M. Široký, V. Hobza a T. Hebelka:**Difrakční jevy v optice** 113
J. Berka, J. Kraček, J. Jílek a J. Horwáth:**Pevnolátkové lasery** 115
J. Kánský, F. Látal, F. Sedlák a D. Tekverk:**Monitorování okolí jaderného zařízení** 118

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT **120**

Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha '02

Program Fyzikálního týdne 2002

- 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

  celý den Práce na miniprojektech (seznámení, rešerše, příprava, realizace)

- Úterý

  dopoledne Exkurze
  14.00-15.30 Populární přednáška RNDr. Jiří Grygar, CSc.: Nobelovy ceny za výzkum Vesmíru
  16.00-17.00 Jak presentovat

- Středa

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

- 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

Měření resistivity polovodičových materiálů

J. Paleček*, J. Danihelka**, O. Král***, M. Pína****
*Gymnázium Kladno, jpalecek@mymail.cz
**Gymnázium Plasy, Danihelkaa@volny.cz
***VOŠ a SPSE Plzeň
****Martin Pína, Gymnázium Olomouc-Hejčín,
martin.pina@paegas.vol.cz

supervisor: RNDr. Zdeněk Tomiak, katedra inženýrsví pevných látek FJFI ČVUT

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se se základními principy měření rezistivity polovodičových vzorků. Rezistivita ρ je definována jako převrácená hodnota konduktivity σ. Konduktivita vzorku je konstanta, nezávistlá na protékajícím proudu I vzorkem a platí, že

$$i = \sigma * E \qquad (1)$$

kde i je proudová hustota a E je intenzita elektrického pole ve vzorku.

Uvedený vztah je vlastně Ohmův zákon v diferenciální formě. Proto chceme-li z něj vycházet při určování σ, musíme určit oblast proudů I, respektive napětí U na vzorku, kdy je zaručena platnost Ohmova zákona. Předpokládáme, že měřený vzorek je homogenní, tj. rezistivita ρ, respektive konduktivita σ je všude ve vzorku konstantní. Dále předpokládáme, že kontakty na vzorku jsou ohmické se zanedbatelným (vzhledem k odporu vlastního polovodičového vzorku) odporem.

Ohmův zákon v integrální formě má pak známý tvar

$$U = R * I \qquad (2)$$

kde R je odpor vzorku a závisí na rezistivitě ρ a geometrických rozměrech dle vztahu

$$R = \rho * \frac{l}{s * w} \qquad (3)$$

kde l, s, w jsou délka, šířka a tloušťka vzorku. Vzorek má tvar hranolu s příslušnými rozměry.

V praktické části jsme měřili odpor R vzorku (Obr.1) v rozsahu proudů 0 až +40mA a 0 až –40 mA, tj. v oblasti, kde je odpor konstantní a na proudu I nezávisí. Změřili jsme geometrické rozměry vzorku ($l = 2{,}9 * 10^{-2}$ m , $s = 6{,}5 * 10^{-3}$ m, $w = 1{,}8 * 10^{-3}$ m) a ze vztahu (3) jsme vypočetli rezistivitu vzorku. Její hodnota byla $2{,}1 * 10^{-4}$ Ω * m.

Dále jsme se seznámili s měřící metodou dle van der Pauwa, která umožňuje měření rezistivity na vzorcích prakticky libovolného tvaru. Po obvodu destičky o tloušťce w jsou umístěny, pokud možno symetricky, čtyři bodové kontakty, označené čísly 1 – 4. Měříme odpory R_I a R_{II} vzorku (Obr. 2), definované jako

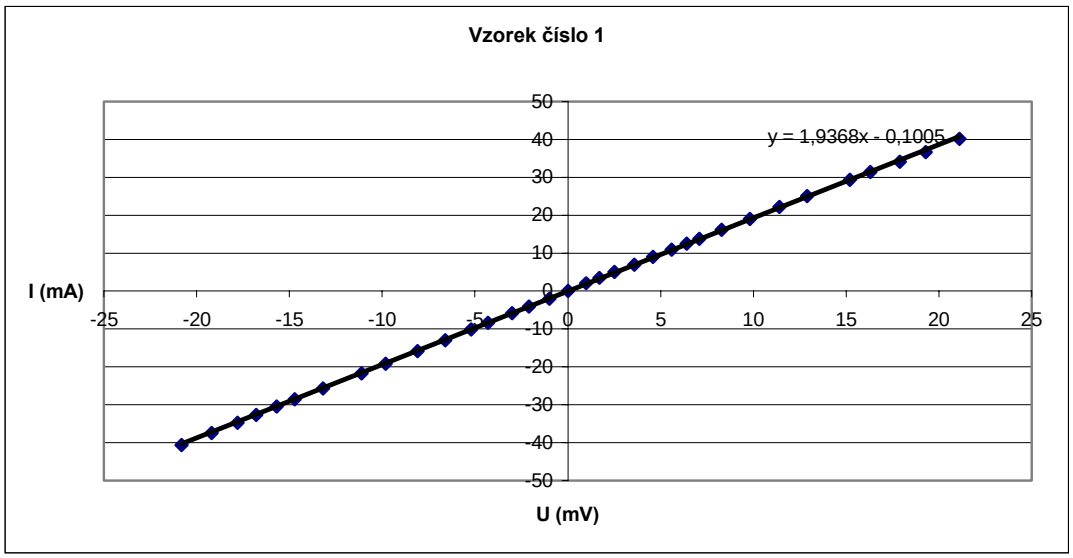
$$R_I = \frac{U_{3,4}}{I_{1,2}} \qquad a \qquad R_{II} = \frac{U_{4,1}}{I_{2,3}} \qquad (4)$$

Potom rezistivita ρ vzorku je dána vztahem

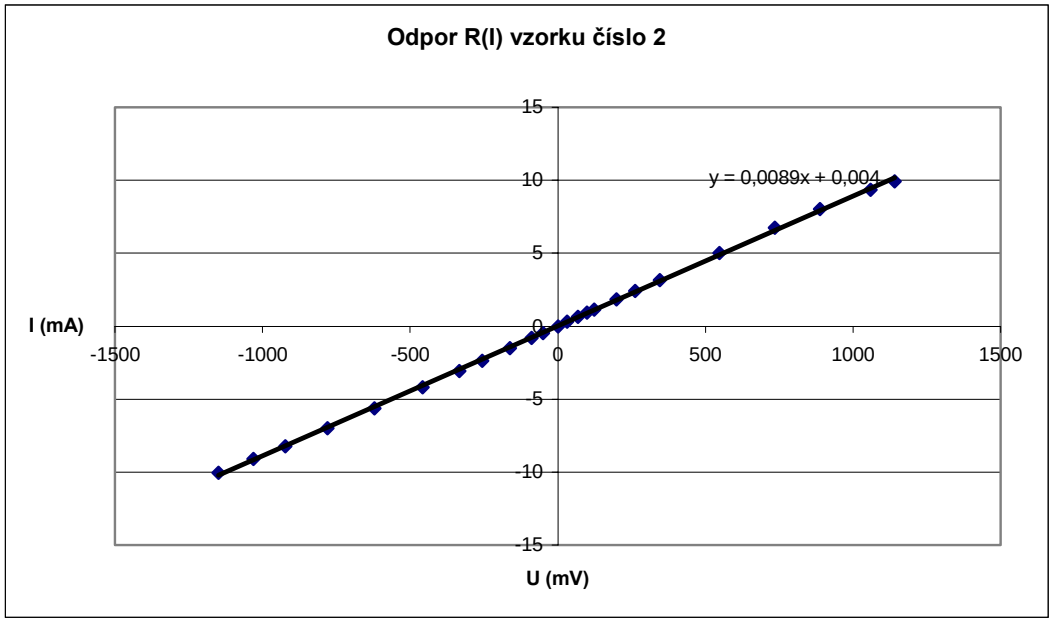
$$\rho = \frac{\pi}{\ln 2} * w * \frac{R_I + R_{II}}{2} \qquad (5)$$

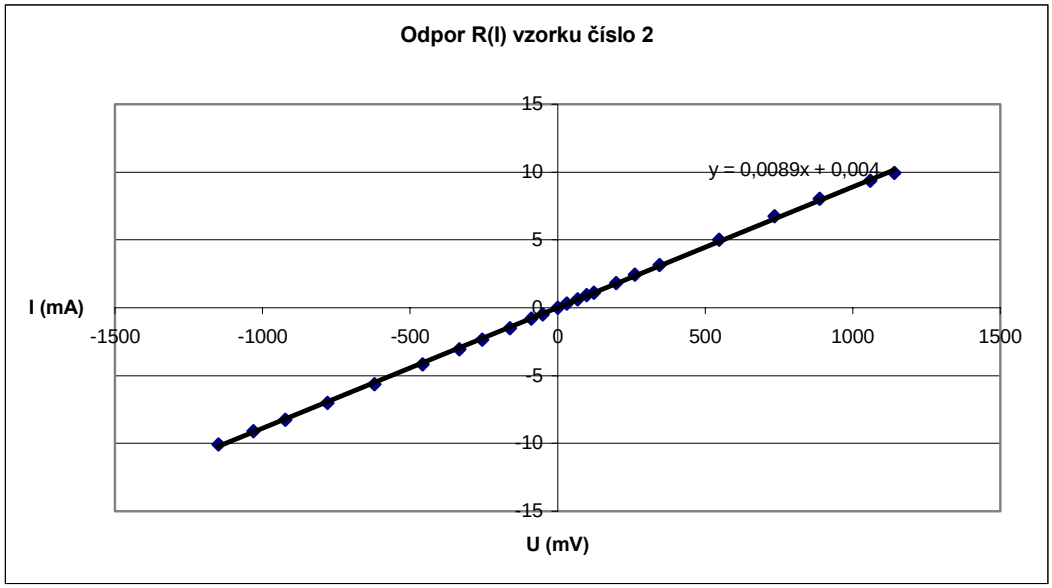
a výsledná hodnota rezistivity tohoto vzorku byla 0,71 Ω * m

Pokud srovnáme naměřené hodnoty rezistivit obou vzorků, zjistíme, že se liší o tři řády. To je názornou ilustrací toho, jak lze vodivost (rezistivitu) polovodiče výrazně měnit změnou koncentrace dotujících příměsí (donorů nebo akceptorů). Vzorek č. 2 má menší koncentraci donorů N_D než vzorek č. 1.



Obr. 1


Odpor R(I) vzorku číslo 2
y = 0,0089x + 0,004
I (mA)
U (mV)
15
10
5
0
-5
-10
-15
-1500
-1000
-500
0
500
1000
1500


Odpor R(I) vzorku číslo 2
y = 0,0089x + 0,004
I (mA)
U (mV)
15
10
5
0
-5
-10
-15
-1500
-1000
-500
0
500
1000
1500

Obr. 2

Absorpce světla v pevných látkách

M. Blažek*, P. Pecharová**, S. Solánský*, J. Švarcbach***

*Gymnázium Františka Palackého Valašské Meziříčí
**Gymnázium Christiana Dopplera Praha 5
***Gymnázium Václava Hlavatého Louny
petra.pech@post.cz

Abstrakt:
Na základě závislosti propustnosti tenkých vrstev oxidu germaničitého na vlnové délce světla byla velice přesně určena jejich tloušťka v řádu několika set nanometrů. Změřením transmise dvou hranových absorpčních filtrů OG 570 o tloušťce 2 a 3 mm byla určena závislost absorpčního koeficientu těchto filtrů v oblasti absorpční hrany. Byla posouzena propustnost tónovaných dioptrických brýlí.

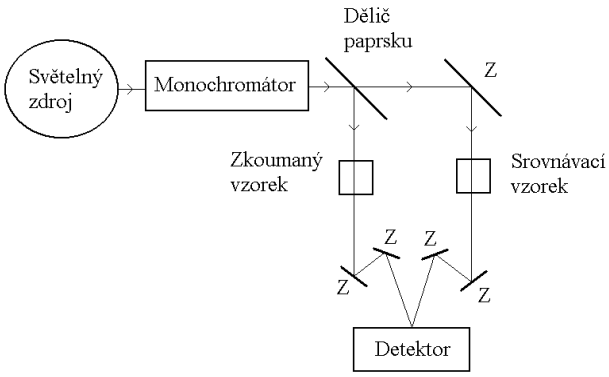
1 Úvod

Cílem našeho měření bylo zjistit závislost propustnosti různých vzorků na vlnové délce světla v blízké ultrafialové a viditelné oblasti spektra. Transmise tenké vrstvy je závislá na její tloušťce, takže pokud ji změříme, zjistíme tloušťku vrstvy. Touto metodou můžeme tloušťku vrstvy zjistit s přesností na několik nanometrů. Změřením transmise dvou vzorků o různé tloušťce je možno určit spektrální závislost velikosti absorpčního koeficientu daného materiálu bez znalosti velikosti koeficientu odrazivosti.

2 Použitá metodika měření a zkoumané vzorky

K měření transmise vzorku, která představuje poměr intenzity světla prošlého vzorkem k intenzitě světla dopadajícího na vzorek, jsme použili dvoupaprskový absorpční fotometr (viz obr. 1), který umožňuje měření ve viditelné, infračervené a ultrafialové oblasti spektra. Zdroje záření jsou dva, deuteriová výbojka (poskytuje spojité spektrum v UV oblasti spektra) a žárovka s wolframovým vláknem (výměna se provádí pootočením rovinného zrcadla). Světlo je rozloženo monochromátorem na jednotlivé barvy a prochází střídavě referenčním a měřeným vzorkem. Obě světla dopadají na detektor a jsou převáděna na digitální signál, který je dále zpracováván na PC. Odchylky od měření jsou způsobeny reflektivitou zrcadel ve srovnávacím a měřeném paprsku nebo rozdílným osvětlením fotokatody při dopadu těchto paprsků. Abychom odstranili tyto parazitní vlivy na výsledek měření, zjistili jsme nejdříve tzv. stoprocentní a nulovou linii, tj. měření bez vzorku a měření s uzavřenou štěrbinou. Jako

vzorky jsme použili dvě vrstvy oxidu germaničitého napařené na křemenné podložce, dva filtry OG 570 o tloušťce 2 a 3 mm a tónované dioptrické brýle člena skupiny.



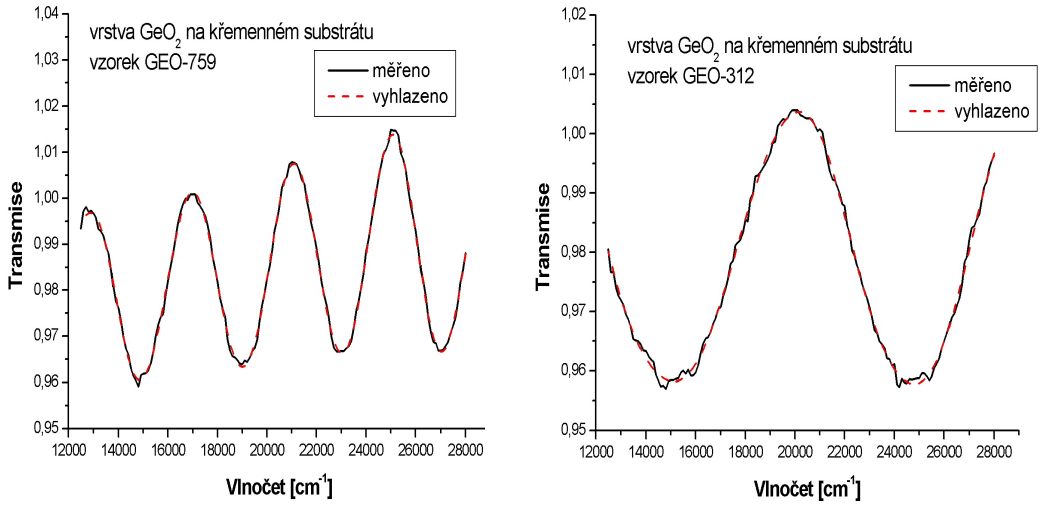
Obr.1 Zjednodušené schéma dvoupaprskového absorpčního spektrofotometru

3 Výsledky měření

V oblasti vlnočtů ν = 12500 – 29000 cm^{-1} jsme změřili transmisi dvou vrstev GeO_2 a vypočítali jsme jejich tloušťky d_1 a d_2 podle vzorce

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

kde n je index lomu oxidu germaničitého (n = 1,57) a ν_1 a ν_2 jsou dvě po sobě následující minima v závislosti transmise vrstvy na vlnové délce znázorněné na obr. 2.

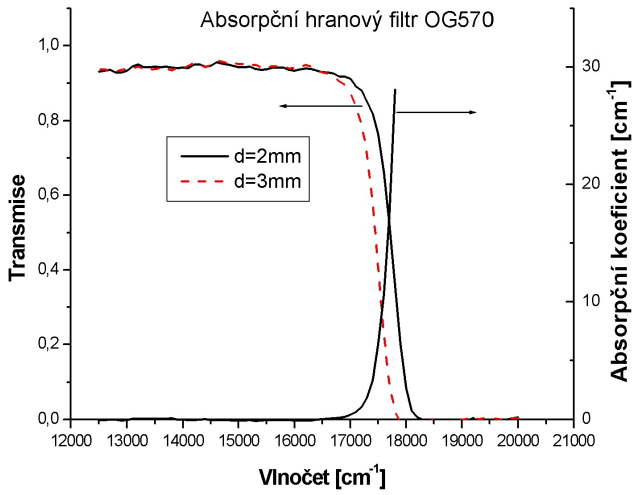


Obr. 2. Transmise vrstev GeO_2 o tloušťce 328 nm a 796 nm na křemenném substrátu.

V oblasti vlnočtů v = 12500 – 20000 cm^{-1} jsme změřili spektrální závislost transmise dvou hranových filtrů OG 570 o tloušťce 2 a 3 mm. Vypočítali jsme absorpční koeficient α ze vzorce

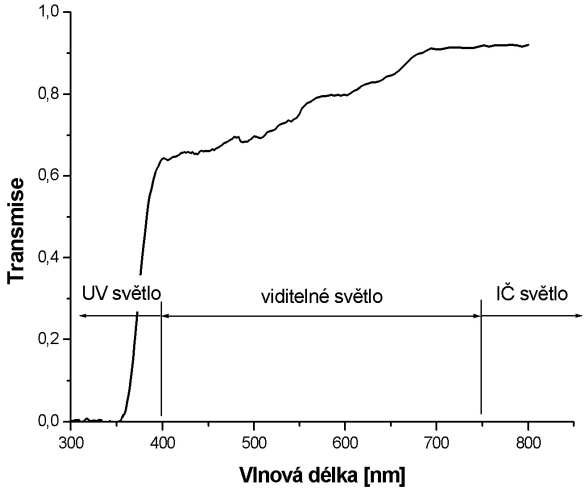
$$\alpha = \frac{1}{d_2 - d_1} \ln \frac{T_1}{T_2} \qquad (2)$$

kde T_1 je transmise filtru o tloušťce d_1 = 2 mm a T_2 je transmise filtru o tloušťce d_2 = 3 mm (viz. obr. 3).



Obr. 3. Transmise absorpčních hranových filtrů OG 570 a vypočtená závislost jejich absorpčního koeficientu v oblasti absorpční hrany na vlnočtu světla.

Podobně jako u filtrů byla změřena transmise tónovaných dioptrických brýlí znázorněná na obr. 4.



Obr.4. Závislost propustnosti tónovaných dioptrických brýlí na vlnové délce světla v různých oblastech spektra.

Z obr. 4 vyplývá, že dioptrické brýle propouští UV záření o vlnových délkách 350 nm – 400 nm a dále všechno ostatní záření (obzvlášť tepelné). Vzhledem k propustnosti v blízké ultrafialové oblasti spektra nejsou zkoumané brýle vhodné jako sluneční brýle.

4 Shrnutí

Pomocí schopnosti absorpce světla je možno velice přesně určit tloušťku tenkých vrstev o tloušťce řádově několik stovek nanometrů. Byly zjištěny tloušťky vrstev GeO_2. Po dosazení polohy minim v grafu na obr. 2 do rovnice (1) jsme dospěli k hodnotám d_1 = 328 nm (výrobce udává 312 nm) a d_2= 796 nm (výrobce udává 759 nm). Dále byla určena spektrální závislost absorpčního koeficientu filtru OG 570 znázorněná na obr. 3.

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.*

Únavové poruchy letadel – řádkovací elektronová mikroskopie

Z. Černý - SGAGY, Kladno – Sítná,
e-mail: c.zbynek@seznam.cz

P. Jež - Gymnázium Petra Bezruče, Frýdek – Místek,
e-mail: p.jez@seznam.cz

O. Kvítek - Gymnázium Hejčín, Olomouc,
e-mail: kviteko@gytool.cz

T. Lašťovička - Gymnázium Nad Alejí, Praha 6**,**
e-mail: lastovit@seznam.cz

J. Lískovec - Gymnázium Čajkovského, Olomouc,
e-mail: jan.liskovec@seznam.cz

supervisor J. Siegl - Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT,
e-mail: siegl@kmat.fjfi.cvut.cz

Abstrakt:
Cílem tohoto miniprojektu je osvětlení základů fraktorafie a jejího užití v praxi, především v leteckém průmyslu.

1 Úvod

Fraktografie je věda zabývající se morfologií lomových ploch. Hlavní využití fraktografie je v oblasti leteckého průmyslu. To je zřejmé z toho, že letadla přepravují značnými rychlostmi obrovská množství osob na velké vzdálenosti. Proto je bezpečnost leteckého provozu naprosto nezbytná. Ačkoli ne všechny letecké katastrofy jsou zaviněny únavovou materiálu, je nutné věnovat stavbě letadla pozornost už při navrhování nového typu. Už zde je totiž možné učinit zásadní chybu například v tom, že špatný tvar oken způsobí obrovské namáhání materiálu v jejich okolí a následné zkracování životnosti, což postihlo je DH-106 Comet v 50. letech. Každý prototyp musí projít náročným generálním testováním, během kterého je letadlo vystaveno silám, které na něj působí za provozu, rozdíl je pouze v tom, že ty síly, které na letadlo působí za hodinu na zkušebně odpovídají silám, které na letadlo působí za stovky hodin provozu. Každé objevené mechanické poškození je posléze vystaveno níže uvedeným metodám zkoumání, kdy fraktografové ze způsobu šíření a místa iniciace usuzují příčiny únavového lomu.
Stejný postup následuje v případě letecké havárie. Poškozené části se podrobně zkoumají ve snaze odhalit důvody mechanického selhání. Díky tomuto jsme schopni podobné nehodě pro příště zabránit, což by bez znalostí příčin únavového lomu nebylo možné.

Hlavním pracovištěm, kde dochází ke zkoumání a analýzám únavových poruch v leteckém průmyslu na území České republiky je Katedra materiálů fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického.

2 Základní informace o fraktografii

Historie

- Pravěk a Starověk: Tvarování kamenů řízenými lomy (egyptské obelisky, pravěké pazourky)
- Středověk: Zájem o strukturu kovových materiálů – odlévání zvonů
- Novověk: 1722 – první studium povrchu lomu světelným mikroskopem
- 20. století: 30.léta – teoretický popis elektronového mikroskopu
  1944 – fraktografie jako samostatná vědní disciplína
  50.léta – první použitelný elektronový mikroskop
  60.léta – první komerční elektronový mikroskop

Cíle

- Analýza způsobu a příčin vzniku poruch – hlavním cílem je získat informace o tom, jakým způsobem k poruše došlo (hledá se místo a příčina iniciace, mechanismus šíření trhliny)
- Získávání nových informací o mikromechanismech procesů porušování

Způsoby sledování lomových ploch

vizuální hodnocení
hodnocení světelným mikroskopem
hodnocení pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM)
hodnocení pomocí transmisního elektronového mikroskopu (TEM)

Srovnání parametrů různých typů mikroskopů

Parametry	Řádkovací elektronový mikroskop	Světelný mikroskop
Rozlišení [nm]	4 ÷ 10	≈ 200
Rozsah zvětšení	(5 ÷ 300 000) x	(1 ÷ 2 000) x
Použitelné zvětšení	20 000 x	1 000 x
Hloubka pole* [μm]	10 ÷ 1 000	≈ 1
* Hloubka pole se snižuje se zvětšením		

	TEM	SEM
Max.zvětšení	300 000 ×	240 000 ×
Použitelné zvětšení	30 000 ×	30 000 ×
Min.zvětšení	210 ×	5 ×
Rozlišení	25 - 50 A	70 - 100 A

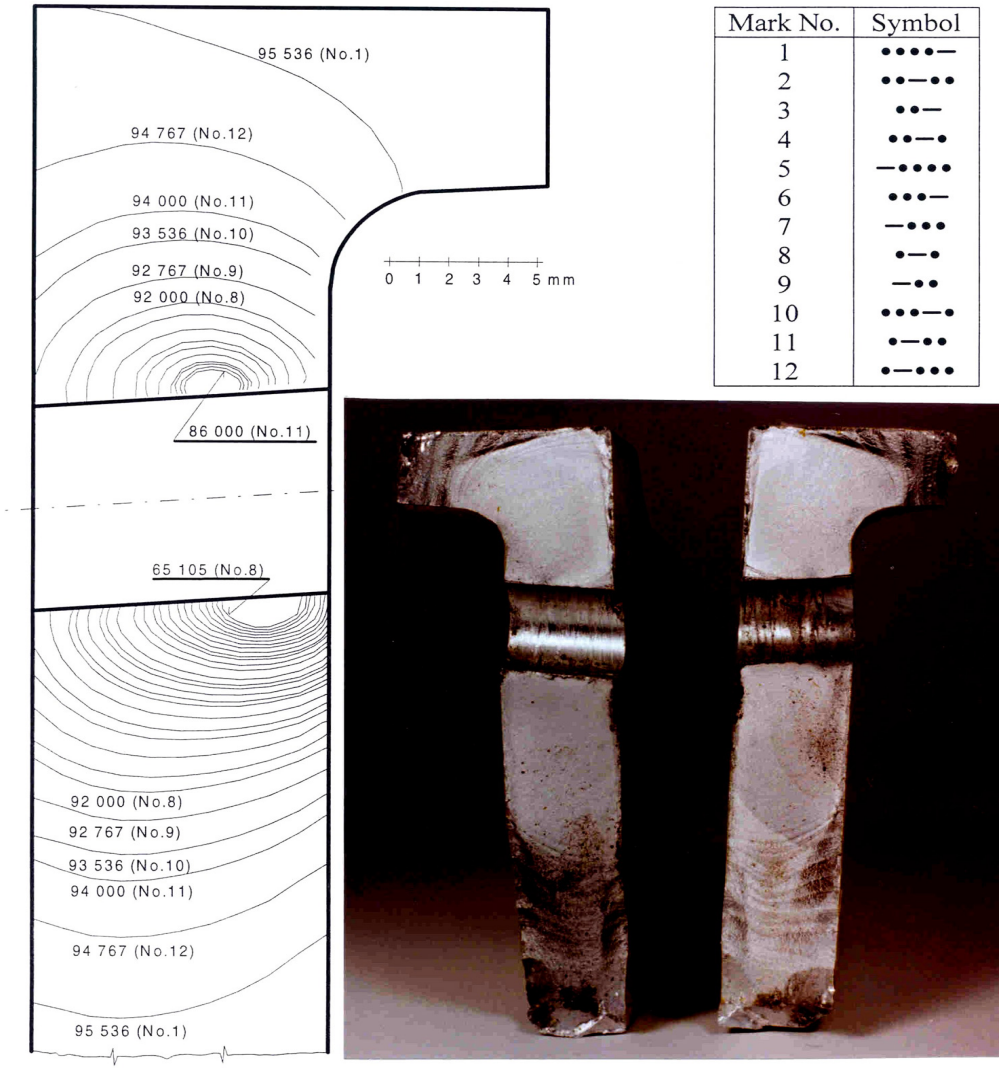
Řádkovací elektronový mikroskop – Scanning Electron Microscope (SEM)
Princip: paprsek elektronů dopadá na vzorek a na základě detekce sekundárních elektronů je na obrazovce vytvářen obraz sledovaného povrchu.

Transmisní elektronový mikroskop – Transmission Electron Microscope (TEM)
Princip: paprsek dopadá na vzorek a prochází jím, pak prochází systémem čoček a dopadá na objektiv nebo obrazovku. Zkoumaný vzorek musí být průchodný pro elektrony (tj. dostatečně tenký), takže se při sledování lomových ploch používají repliky (otisk vzorku).

3 Aplikace

Fraktorafické pracoviště FJFI-KMAT se podílí na výzkumu a vývoji spolehlivých letadlových konstrukcí. V rámci spolupráce s českým leteckým průmyslem se provádějí fraktografické analýzy poruch vznikajících během provozu a při zkouškách letadlových konstrukcí. Jako příklad lze uvést výsledky kvantitativní fraktografické analýzy poruch vzniklých v průběhu

únavové zkoušky letounu L-59. Drak letounu byl zatěžován náhodným zatěžováním typu „let za letem“ a doba zkoušky byla vyjadřována v simulovaných letových hodinách. Při zkoušce draku bylo použito speciálních zatěžovacích sekvencí pro značkování únavových trhlin. Na základě detekce jednotlivých značek na lomových plochách bylo možno rekonstruovat časový průběh porušování jednotlivých nosných prvků draku.



Obr. 1 – Výsledky kvantitativní fraktografické analýzy pravého podélníku trupu letounu L-59.

Poděkování

Tento miniprojekt byl zpracován s laskavou odbornou podporou Katedry materiálů.

Reference:

[1] METALS HANDBOOK 8^{th} *edition,* Vol.9, Fractography and Atlas of Fractographs, American Society For Metals, 1974 .

Radionuklidová rentgenfluerescenční analýza při studiu památek

Pavel Rutar, Gymnázium Broumov
Miriam Natoufová, Arcibiskupské gymnázium Kroměříž

Abstrakt:
Základní informace o principu radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy. Fotoefekt. Měření spekter dvou cihel pocházejících ze stejného místa. Porovnání jejich složení.

1 Úvod

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je analytická metoda, využívající charakteristické záření vybuzené ve vzorku ke stanovení přítomnosti a kvantity zájmových prvků. Rentgenfluorescenční analýza je založena na skutečnosti, že existuje závislost mezi energií jednotlivých čar charakteristického záření a protonovým číslem prvku, ve kterém je záření buzeno. Tento zákon objevil H.G.J. Moseley a lze ho napsat ve tvaru:

$$E \approx K(Z-b)^2,$$

kde K a b jsou konstanty, E je energie čáry v dané sérii. Této sérii odpovídá hodnota K.

2 Stať

Při měření dopadá na vzorek záření z radionuklidového zdroje, který je zabudován v měřící hlavici detektoru. Toto záření je ve vzorku zčásti absorbováno a dochází buď k tzv. fotoefektu, nebo se na atomech vzorku rozptýlí. Při fotoefektu je vyražen elektron z některé z vnitřních slupek elektronového obalu a volné místo se zaplní přeskokem elektronu z některé vnější slupky. Rozdíl vazbových energií obou slupek se zčásti vyzáří ve formě fotonového záření. Energie tohoto záření je dána protonovým číslem atomu, v jehož obalu k fotoefektu došlo. Toto záření se nazývá charakteristické rentgenovské záření. Změříme-li jeho energii, jsme schopni s jistými omezeními určit, které prvky jsou ve vzorku přítomny. Existují tabulky, v nichž je ke každému Z atomu přiřazena energie čáry, která je prvkem emitována. Tím zjistíme, jaké prvky jsou ve vzorku zastoupeny. Z hustoty toku fotonů dané energie, které dopadly na okénko detektoru, jsme schopni získat informaci o koncentraci jednotlivých prvků přítomných ve vzorku.

Hustota toku fotonů rozptýleného záření dopadlého na okénko detektoru závisí

na středním protonovém čísle Z vzorku. Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je metoda relativní. Při jejím využití se porovnávají hustoty toku měřeného záření, změřené u řady kalibračních standardů s hodnotami zjištěnými u zkoumaného vzorku. Chyba, které se přístroj dopustí při měření je závislá na řadě faktorů. Důležité je, aby byla zachována konstantní geometrie během měření a aby byly dodrženy geometrické podmínky, při kterých byla prováděna kalibrace aparatury. Dále musí být k dispozici kalibrační standardy, pokrývající celý rozsah koncentrací stanovovaných prvků.

Úkolem naší práce bylo změřit spektra dvou starobylých cihel a určit jejich prvkové složení.

Cihla 6 - 1. století n.l. z Arca di Ricarda - Triest - pochází z uzávěru vodovodního kanálu

Cihla 7 - století n.l. z Arca di Ricarda - Triest

Pomůcky:

Mnohokanálový analyzátor, polovodičový detektor Si(Li) se zabudovaným předzesilovačem a měřící hlavicí, spektrometrický zesilovač, zdroj VN, PC, budící zdroje ^{238}Pu a ^{55}Fe, kalibrační vzorky, cihly

Pracovní postup

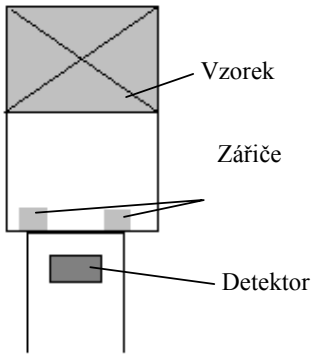
30 minut před měřením jsme spustili aparaturu, aby se zahřála. Nejprve jsme změřili spektra kalibračních vzorků se zářičem ^{238}Pu. Umístili jsme kalibrační vzorek na plexisklový nástavec nad zářič a spustili jsme měření. Výška impulsů na výstupu detektoru je úměrná energii fotonů absorbovaných detektorem. Po zpracování těchto impulsů zesilovačem a mnohokanálovým analyzátorem jsme získali spektrum impulsů(na obrazovce analyzátoru).
Po několika minutách jsme zastavili měření a k jednotlivým píkům charakteristického záření prvků jsme přiřadili jejich známá protonová čísla Z. Podle protonového čísla Z můžeme k těmto píkům, které spadají do příslušných kanálů, vyhledat jim odpovídající energii E[keV] z tabulek. Tímto jsme ke každému kanálu CH přiřadili energii E[keV]. Sestrojili jsme graf závislosti E[keV] na CH, což je přímka a vypočítali jsme kalibrační rovnici.

Kalibrační rovnici:
$E = a*CH+c$
CH…číslo kanálu
E…energie čáry [keV]
a,c…konstanty

Tím jsme provedli energetickou kalibraci a dál již můžeme měřit cihly. Každou cihlu jsme měřili 1 hodinu a použili jsme k měření zářič ^{238}Pu. Při měření jsme zachovali stejné geometrické podmínky u obou cihel. Naměřená spektra jsme vykreslili do grafů,

z energie spektrálních čar jsme určili prvky v nich obsažené a vypočítali plochy píků vybraných prvků.

schéma zařízení pro rentgenfluorescenční analýzu buzenou radionuklidy



3 Shrnutí

Měření probíhala stejnou dobu a byly zachovány stejné geometrické podmínky měření, a proto je možné je navzájem mezi sebou porovnávat.
Z naměřených spekter cihel je patrné, že cihla 6 pochází z okolí vodovodního kanálu, což dokazuje větší obsah vápníku než u cihly 7. Zato cihla 7 obsahuje mnohem více železa než cihla 6.

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza se používá v praxi při monitorování životního prostředí, také v geologii a v průmyslu. Výhodné je použití při zkoumání uměleckých děl a při rozlišování jejich pravosti. Složení barev se během století měnilo a záviselo především na volbě samotného malíře. Každý malíř si totiž barvy míchal sám, a tím všechna jeho umělecká díla nabývala individuality. Výhodou této metody také je, že nedochází ke změně či destrukci zkoumaného vzorku, což ji tvoří perspektivnější než mnohé metody chemické analýzy. Pomocí této metody se například studovaly fresky na Karlštejně, aby se mohlo zdokumentovat, které části fresek již byly dříve restaurovány.

V budoucnu se také počítá s využitím v medicíně - podle zastoupení jednotlivých prvků v orgánech by se dalo určit daný typ onemocnění.

Poděkování

Děkujeme za doprovodné konzultace Doc.Ing.Tomáši Čehákovi,Csc.

Dále děkujeme za praktickou pomoc při vypracovávání miniprojektu RNDr.Lence Černé.

Reference:

[1] MATĚJKA, KAREL A KOLEKTIV.: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí* Ediční středisko ČVUT Praha , 1989, strana151-153.

[2] MUSÍLEK, L.: *Využití ionizujícího záření ve výzkumu* ČVUT Praha, 1992, strana 23-30.

Bezztrátová komprese dat

M. Hubička[1], L. Madron[1], J. Rajdl[2], D. Šmíd[3]

1 Gymnázium T. G. M. Hustopeče
2 Gymnázium Ledeč nad Sázavou
3 Gymnazium Bučovice

amfet@wo.cz, josef.rajdl@tiscali.cz

Abstrakt:

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se se základními typy komprese a se širokými možnostmi jejich použití. Také jsme chtěli otestovat jejich efektivitu v porovnání s komerčně používanými programy. Po odzkoušení všech metod na různých souborech (opakující se znaky, struktura, velikost) můžeme konstatovat využití různého kódování na různé typy souborů.

1 Metody pro bezztrátovou kompresi dat

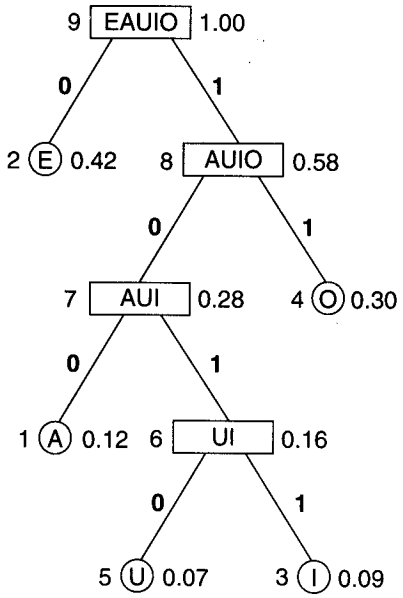
V dnešní době se prakticky setkáváme především se dvěma typy metod pro bezztrátovou kompresi dat. Jsou to:

- Statistické metody, které využívají pravděpodobností vyskytu znaků v souboru:
  - Huffmanovo kódování
  - Aritmetické kódování
- Slovníkové metody, které vytvářejí indexovaný slovník opakujících se částí kódu:
  - LZ 77
  - LZ 78, LZW

Huffmanovo kódování

Základem je nahrazení znaku (obvykle 8 bitů) kódem o určitém počtu bitů. K tomu se využívá pravděpodobnosti výskytu znaku v souboru. Vytváříme tedy schéma, ve kterém znakům s nejmenší pravděpodobností výskytu přiřazujeme kratší kódy než znakům s největší pravděpodobností. Příklad schématu je uveden na obrázku 1. Z tohoto schématu můžeme shora přečíst binární kódy nahrazující každý znak obsažený v souboru.

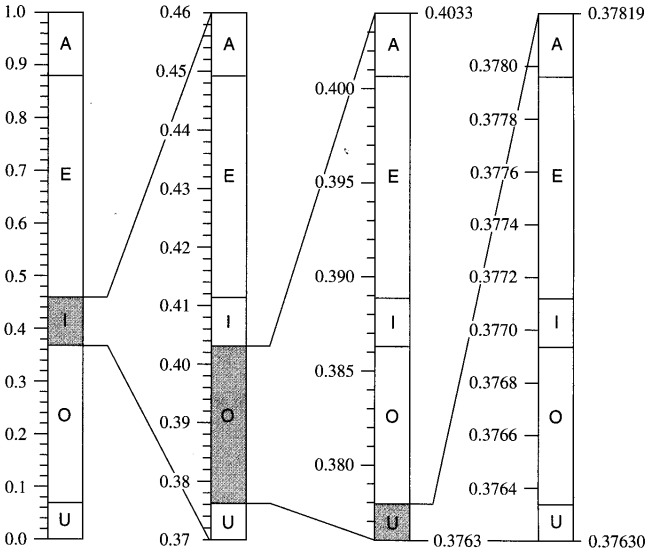
Dnes se Huffmanova komprese využívá v některých komunikačních protokolech a je součástí ztrátové komprese JPEG.



Obr. 1. Schéma kódování znaků v Huffmanově kódování
Kódy znaků čteme shora po větvích např. U = 1010 (pravděpodobnost výskytu 0.07, nejdelší kód), nebo E = 0 (pravděpodobnost výskytu 0.42, nejkratší kód).

Aritmetické kódování

Myšlenka aritmetického kódování spočívá v reprezentaci vstupního řetězce reálným číslem R pro které platí $0 \leq R < 1$. V závislosti na délce vstupního řetězce se zvyšuje počet desetinných míst, která jsou pro zakódování řetězce potřeba. Princip kódování je patrný z obrázku č. 2. Předpokládejme, že vstupní řetězec je složen pouze ze samohlásek a četnost jejich výskytu je znázorněna v prvním sloupci. Počáteční interval si rozdělíme v poměru četností výskytu znaků. Každý znak je tedy reprezentován určitým menším podintervalem. Poté v závislosti na aktuálním znaku vybereme jeden podinterval, který opět rozdělíme v poměru četností a načteme další znak. Tímto postupem se interval neustále zužuje. Z posledního intervalu vybereme jedno reprezentující číslo, jehož zápis představuje zkomprimovaný řetězec.



Obr. 2. Princip aritmetického kódování – postupné zužování intervalů

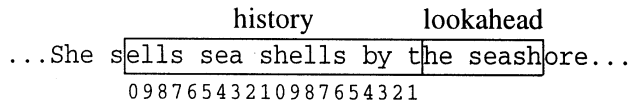
LZ77

Mezi nejznámější slovníkové metody patří metoda LZ 77, která se často používá právě u dobře známých počítačových kompresních programů (ZIP, Rar, …), které tuto metodu samozřejmě kombinují s dalšími metodami a vylepšeními čímž dosahují velmi dobrých kompresních poměrů.

Princip metody spočívá v postupném prohledávání celého souboru tak, že vždy část rozdělíme na dvě „okénka“, kde první tvoří historii kterou prohledáváme a druhým okénkem se dívám dopředu a hledám zda v něm není posloupnost znaků, která se už jednou vyskytuje v okénku historie. Pokud takovou posloupnost najdu, nahradím ji uspořádanou dvojicí:

(offset o kolik znaků jdu zpět, délka sekvence)

Např. zápis (10,2) znamená že mám jít o deset znaků zpět a vzít odsud 2 znaky – viz. schéma



Při konečném zápisu zkomprimovaných dat potom rozlišuji zápis samotného písmena a odkazu do minulosti použitím tzv. identifikačního bitu.

Identifikační bit		celkem
0	písmeno (8 bitů)	9 bitů
1	12 bitů offset + 4 bity délka	17 bitů

LZW

Slovníková metoda LZW funguje, jak už název napovídá, na principu tvorby slovníku, do kterého se ukládají opakující se znaky. Jakmile se znaky objeví v souboru znovu, jsou okamžitě nahrazeny číslem, odkazující na ony znaky ve slovníku. Důležité je ještě poznamenat, že slovníky se neukládají do zkomprimovaného souboru (jsou většinou velké a komprimace by neměla smysl), nýbrž jsou dělány tak důmyslně, že se při dekódování tvoří znovu ze zakódovaných souborů.

Zakódování textu: /wed/we/wee/web/wet

Vs	Vý	Slov.	Vs	Vý	Slov.
/	-	-	E	5	7=/wee
W	/	1=/w	/	-	-
E	W	2=we	W	6	8=e/w
D	E	3=de	E	-	-
/	D	4=d/	B	2	9=web
W	-	-	/	B	10=b/
E	1	5=/we	W	-	-
/	E	6=e/	E	-	-
W	-	-	T	5	11=/wet
E	-	-	EOF	T	-

Zakódovaný text pak vypadá: /wed(1)e(5)(6)(2)b(5)t

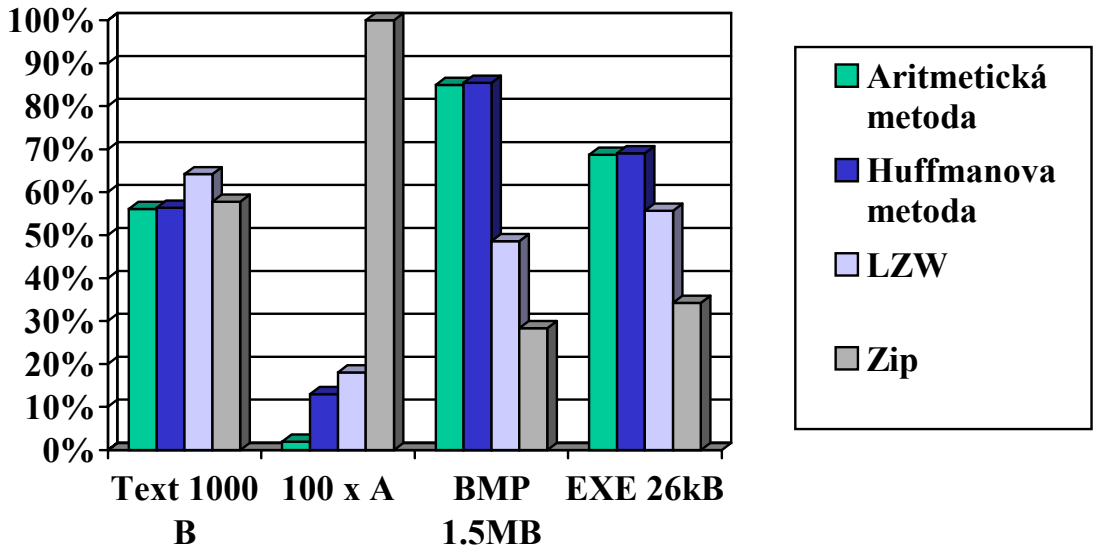
Vs-vstup, Vý-výstup, Slov.-slovník

2 Srovnání jednotlivých metod

Jednotlivé typy kompresí byly testovány na čtyřech typech souborů:

Anglický textový soubor	1000 B
Soubor s opakujícím se znakem	100 B
Obrázek formátu .BMP	1.5 MB
Spustitelný soubor	26 kB

Výsledky jsou zobrazeny v grafu.



Poděkování

Poděkování za finanční a materiální podporu Katedře matematiky FJFI, za konzultace Mgr. Františkovi Gemperlemu, Ph.D.

Reference:

[1] NELSON, M:. *LZW Data Compression* Dr. Dobb's Journal, 1989.

[2] BOZDĚCH, F. *Bezpečné zobrazování reliéfu železniční stanice* KM FJFI ČVUT, 2002.

[3] HANKERSON, D. – HARRIS, G.A. – JOHNSON, P.D.: *Introduction to Information Theory and Data Compression* CRC Press LLC, 1998.

[4] TEUKOLSKY, W.H. – VETTERLING, W.T. – FLANNERY, B.P.: *Numerical Recipes in Fortran* Cambridge University Press, 1992.

Millikanův pokus

M. Cetkovský – Gymnázium Zlín, webmaster@alikuvkoutek.cz
V. Cupal – Gymnázium Jeseník, calm@centrum.cz
M. Raja – Gymnázium Hostinné, raja@gymhost.cz
E. Šoltísová – MOG Bruntál, evulisek@centrum.cz
Z. Vydrová – Gymnázium Tanvald, sauria@email.cz
Supervisor: J. Dostál – KFE FJFI ČVUT

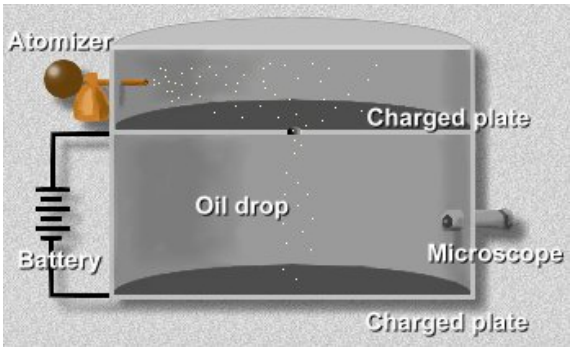
Abstrakt:
V našem miniprojektu jsme se snažili zopakovat historický pokus z roku 1913 a zkusit naměřit konstantu elementární náboj.

1 Úvod

Pokus je pojmenován po svém tvůrci, americkém vědci, Robertu A. Millikanovi (1868-1953), který ho provedl v letech 1911-1913. Za své snažení byl roku 1923 odměněn Nobelovou cenou za fyziku „za práce o elementárním elektrickém náboji a o fotoelektrickém jevu“.

Cílem experimentu je zjistit tzv. elementární náboj, který by měl být nábojem nejmenším – dále nedělitelným. Každý reálný náboj jakéhokoli tělesa je jeho celistvým násobkem (má diskrétní charakter). Náboj charakterizuje interakci elementárních částic s elektromagnetickým polem. Vyskytuje se ve dvou formách – kladné a záporné. Jeho velký význam spočívá v tom, že spojuje makroskopicky měřitelné a atomární veličiny.

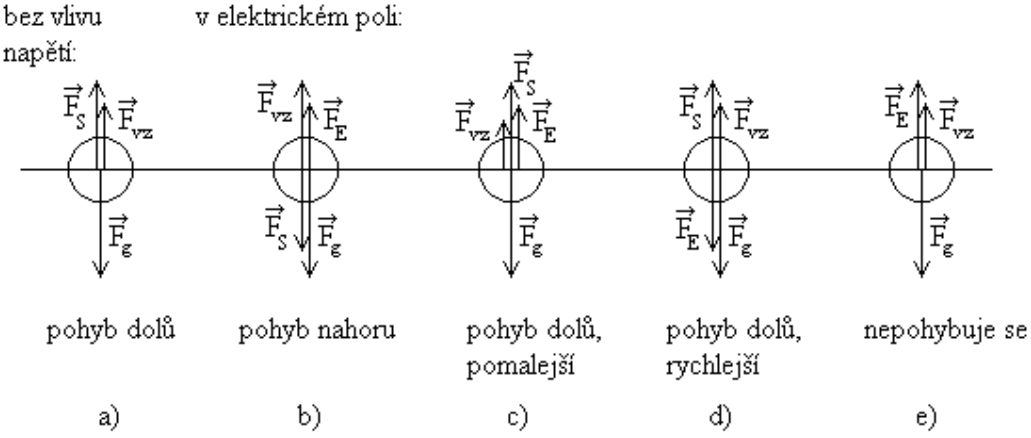
2 Princip pokusu



Obr. 2

Aparatura:
Základem je kondenzátor se dvěma deskami, do něhož směřuje vstřikovač oleje. Pro pozorování pohybujících se kapek slouží mikroskop. K němu jsme přiložili kameru napojenou na projektor – pro jednodušší pozorování. Ke kondenzátoru je připojen zdroj napětí (500V). Na plátně jsme si vyznačili dráhu, na které jsme měřili dobu pohybu kapek oleje. K tomu jsme potřebovali dvoje stopky.

Princip tohoto pokusu spočívá v porovnávání sil, kterými působí elektrostatické a gravitační pole na malá nabitá tělíska. Tělíska jsou drobné olejové kapičky, nabijí se třením při rozstřikování mezi desky kondenzátoru. Měříme konstantní rychlost jejich vertikálního pohybu bez přítomnosti a poté s přítomností elektrického pole.



Obr. 3

Pokud na kondenzátor není připojeno napětí, budou se kapičky pohybovat dolů pod vlivem tíhová síly $F_G = m.g$, vztlakové síly $F_{VZ} = m'.g$, odporu prostředí – ten popíšeme Stokesovou silou
$F_s = 6\pi\eta r v$. Pohyb charakterizuje rovnice (viz obr. 3a):

$$mg - m'g - 6\pi\eta r v_g = 0. \qquad \text{(I)}$$

Pokud v kondenzátoru vytvoříme elektrické pole, změní se rychlost kapičky. Může dojít ke čtyřem možnostem:

1. kapička mění směr, pohybuje se vzhůru k opačně nabité desce kondenzátoru
   platí pro ni vzorec (viz obr. 3b): $mg - m'g + 6\pi\eta r v_e - EQ = 0$, (II a)
   Z rovnic I a IIa se vyjádří vzorec pro hodnotu náboje pro daný případ:
   $$Q = \frac{6\pi\eta r(v_g + v_e)}{E} \qquad \text{(III a)}$$
2. kapička se pohybuje stejným směrem a sníží rychlost
   platí rovnice (viz obr. 3c): $mg - m'g - 6\pi\eta r v_e - EQ = 0$, (II b)
   Z rovnic I a IIb se vyjádří vzorec pro hodnotu náboje pro daný případ:
   $$Q = \frac{6\pi\eta r(v_g - v_e)}{E} \qquad \text{(III b)}$$
3. těleso nemění směr a zrychlí
   platí rovnice (viz obr. 3d): $mg - m'g - 6\pi\eta r v_e + EQ = 0$, (II c)
   Z rovnic I a IIc se vyjádří vzorec pro hodnotu náboje pro daný případ:
   $$Q = \frac{6\pi\eta r(v_e - v_g)}{E} \qquad \text{(III b)}$$
4. těleso se zastaví, síly se vyruší (viz obr. 3e): $m'g + EQ - mg = 0$, (II d)
   Z rovnic I a IIa se vyjádří vzorec pro hodnotu náboje pro daný případ:

$$Q = \frac{6\pi\eta r v_g}{E} \qquad \text{(III d)}$$

- m´… hmotnost vytlačeného vzduchu
- m… hmotnost kapičky
- η … dynamická viskozita vzduchu ($1{,}81.10^{-5}$ Ns.m^{-2})
- r … poloměr kapičky
- v_e … rychlost částice s nábojem při zapnutém el. poli
- v_g … rychlost částice s nábojem bez el. pole
- E … intenzita E=U/d (d….vzdálenost desek kondenzátoru)
- g …tíhové zrychlení (9,81 m.s^{-1})
- σ …hustota oleje (875,3 kg.m^{-3})
- ρ …hustota vzduchu (1,29 kg.m-3)

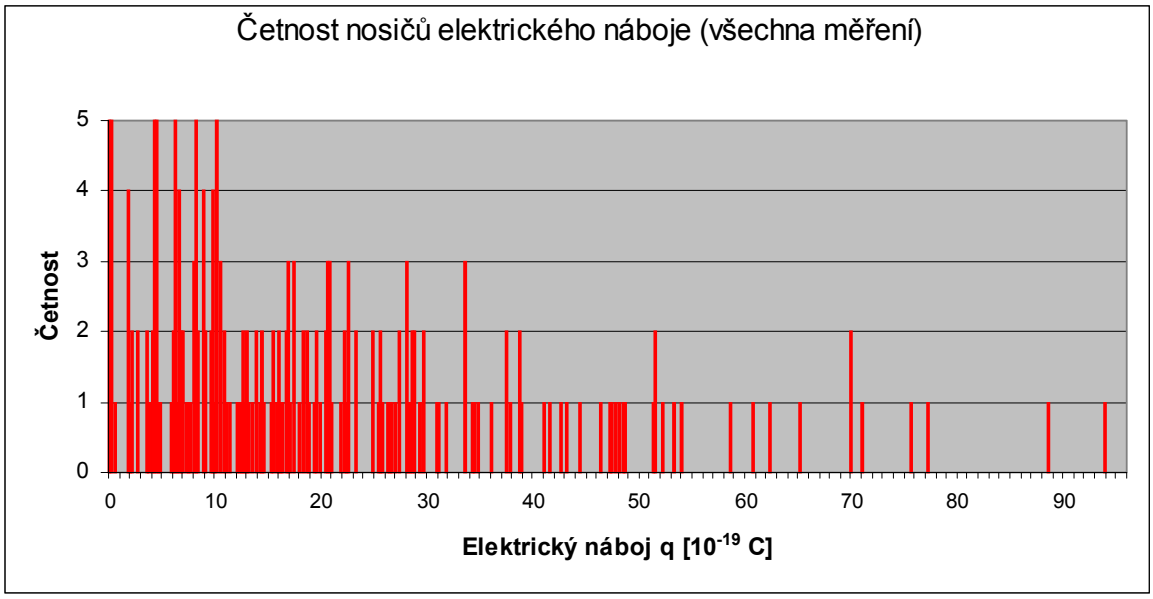
Změna směru závisí na polaritě náboje kapičky oleje.
Z platné rovnice (I) navíc platí pro poloměr kapičky oleje:

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

(IV)
Jediné neznámé jsou rychlosti, které vypočítáme pomocí vzorce pro rychlost rovnoměrného pohybu: $v = s/t$ (s … dráha pohybu, t …čas pohybu)

Výsledky:

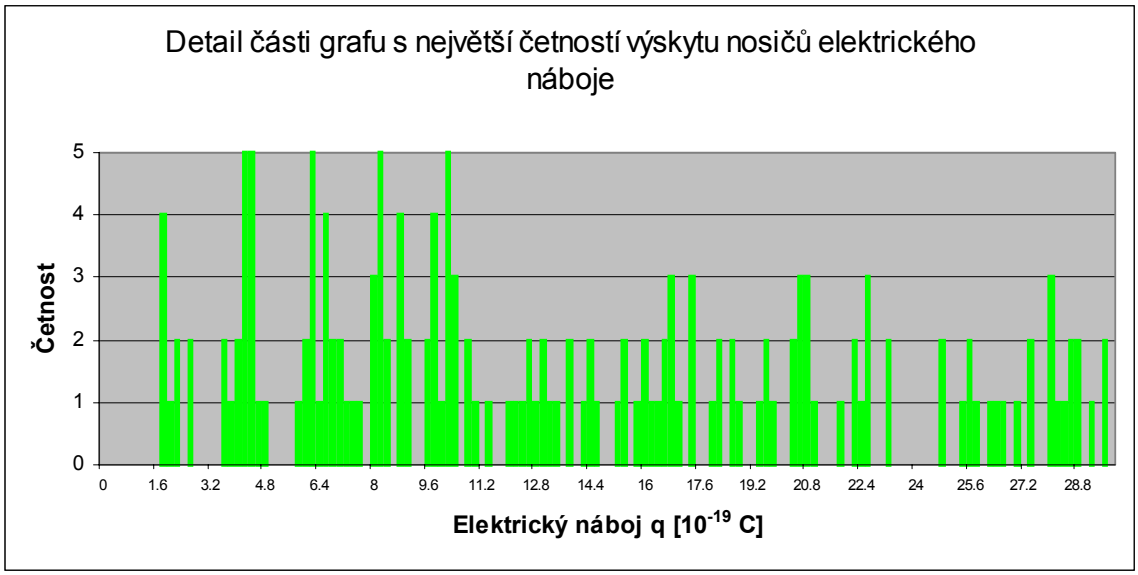
Provedli jsem celkem 250 měření. U každé kapky jsme změřili čas pohybu po dráze bez působení elektrického pole i během působení elektrického pole. Náboj každé kapky jsme vypočítali podle vhodné rovnice (III a-d). Podle hodnot nábojů jsme vytvořili graf – histogram, který ukazuje četnost naměřených nábojů o dané naměřené hodnotě (Graf 1, 2)



Graf 1

Graf 2 zobrazuje tu část grafu 1, ve které se vyskytují statisticky dostatečné četnosti měřených nábojů. Navíc byly vyloučeny hodnoty s nábojem blízkým 0 C. Z měření rychlostí

bylo patrné, že tyto částice nereagovali změnou rychlosti při připojení napětí – částice nenabité.



Graf 2

Z grafů jsou patrné zhuštěné oblasti s většími četnostmi a naopak oblasti s malou koncentrací částic s daným nábojem. Největší četnost, tedy vrcholy, jde vidět u násobků element. nábojů. K tomuto nárůstu dochází periodicky (s periodou odpovídající hodnotě elementárního náboje). Nejspolehlivější jsou výsledky v místech, kde je větší počet měření. Podle vzdálenosti vrcholů můžeme určit námi naměřený elementární náboj.

3 Shrnutí

Měření ukázalo diskrétní povahu elementárního náboje – hodnota náboje může být pouze násobkem elementárního náboje.

Vzdálenost maxim zhuštění odpovídá hodnotě elementárního náboje, který naměřil pan Millikan a v řádu odpovídá hodnotě $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. Ne úplně přesná shoda vyplývá z nedostatku při měření, která měření ovlivnila: malý počet měření, lidský faktor (měření času stopkami), odklonění dráhy částic od svislého směru.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat pořadatelům Fyzikálního týdne, zejména panu Vojtěchu Svobodovi. Dále našemu supervisoru Janu Dostálovi, který s námi bojoval při našem experimentu až do pozdního odpoledne a ochotně nám se vším pomáhal. A samozřejmě panu R. A. Millikanovi bez něhož bychom tento pokus nemohli provést.

Reference:

[1] Leaybold – Heraeus: New Physics Leaflets for Colleges, 1986

[2] Štoll, I.: Elektřina a magnetismus. FJFI ČVUT, 1998
[3] Haynie,T.: Measuring e using The Millikan apparatus.
[4] Garcia, F. A.: Medida de la unidad fundamental de carga

Chaotická dynamika

Jan Hošek[1], Jan Prachař[2], Lukáš Nevařil[3], Radim Šojdr[3], Václav Valeš[4]
[1]Gymnázium J. K. Tyla,
[2]Gymnázium F. M. Pelcla,
[3]Arcibiskupské gymnázium Kroměříž,
[4]Gymnázium Brno tř. Kpt. Jaroše

supervisor: Ing. Vojtěch Svoboda

26.6.2002

Abstrakt

Zabývali jsme se dvěma fyzikálními systémy: dvojitým kyvadlem a elektrickým obvodem s nelineárním prvkem. Tyto systémy se na středních školách běžně nepopisují. Našim cílem bylo podrobněji popsat chování těchto systémů. Zjistíme nějaké pro nás neočekávané chování?

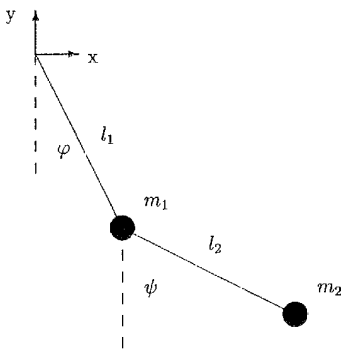
1 Úvod

Máme-li zadány přesné počáteční podmínky, můžeme dopočítat, jak se soustava bude vyvíjet. V mechanice k tomuto účelu máme Newtonovy pohybové rovnice $m\ddot{\vec{r}} = \vec{F}$. Podle naší zkušenosti je přirozené, že změníme-li nepatrně počáteční podmínky, změní se nepatrně i koncový stav soustavy. Existují ovšem soustavy, které se při nepatrně odlišných počátečních podmínkách dostanou do úplně jiných koncových stavů. Dokonce můžeme dostat různě koncové stavy pro různou přesnost výpočtu. Těchto jevů si poprvé všiml Edward Lorenz. Naprostá většina soustav se dvěma stupni volnosti se pro určité počáteční podmínky chová chaoticky. My jsme se zabývali dvěma soustavami a zjišovali, kdy se chovají chaoticky.

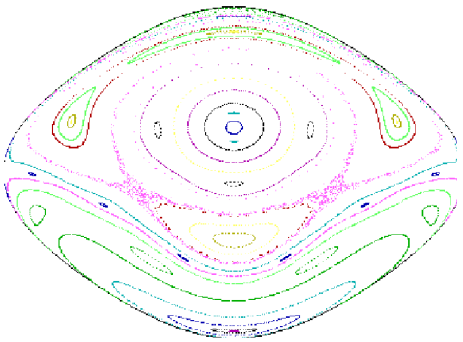
2 Dvojité kyvadlo (Double pendulum)

Dvojité kyvadlo je znázorněno na obrázku 1. Pohyb kyvadla popíšeme dvěma parametry: úhly φ a ψ. Při simulacích na počítači jsme měli $m_1 = m_2 = 1\,\mathrm{kg}$ a $l_1 = l_2 = 1\,\mathrm{m}$. Fázový prostor je čtyřrozměrný (osy φ, ψ, $\dot{\varphi}$ a $\dot{\psi}$). Pohyb kyvadla reprezentuje pohyb bodu ve fázovém prostoru. Vzhledem k tomu, že se čtyřrozměrný prostor nelze na papíře znázornit, znázorňujeme průmět do jedné ze 6ti možných rovin určených osami φ, ψ, $\dot{\varphi}$ a $\dot{\psi}$. Další možností je znázornit řez tímto fázovým prostorem, to jsou tzv. Poincarého řezy. My jsme vzali jeden speciální Poincarého řez. Zafixovali jsme hodnotu celkové energie soustavy a úhel $\psi = 0$, zbyli nám tedy dva stupně volnosti φ a $\dot{\varphi}$. Pohyb kyvadla potom znázorníme

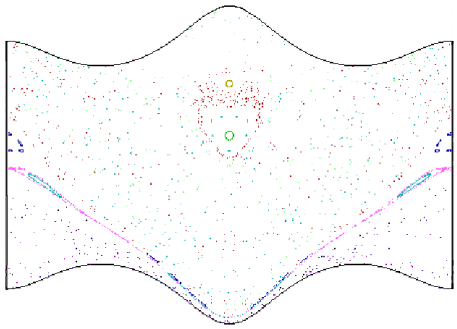
v souřadnicích $(\varphi, \dot{\varphi})$. V okamžiku, kdy trajektrorie bodu předsta-vující pohyb kyvadla protne tuto rovinu, zaznamáme v grafu bod. Význam tohoto Poincarého řezu je, že vynášíme hodnoty φ a $\dot{\varphi}$ v okamžicích, kdy spodní kyvadlo prochází rovnovážnou polohou. Grafy pro různé hodnoty energie jsou znázorňeny na obrázcích. Různé barvy teček odpovídají různým počátečním podmínkám Pohyb kyvdla pro různé počáteční podmínky vytváří ovály, v jejichž středech se nacházejí tzv. atraktory. Pro určité počáteční podmínky neobíhá bod ve fázovém prostoru kolem jednoho určitého atraktoru, ale atraktory, kolem kterých obíhá, se různě mění (to je vidět na obrázcích). To odpovídá chaotickému chování. Stačí totiž malá změna počátečních podmínek a bod ve fázovém prostoru se bude pohybovat úplně jinak než předtím.



obr 1. dvojité kyvadlo



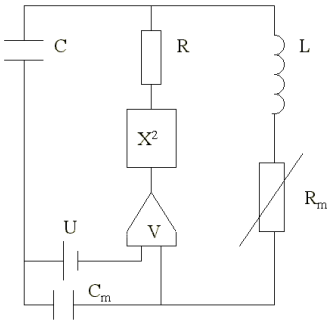
obr 2. $E = 10\,\mathrm{J}$



obr 3. $E = 100\,\mathrm{J}$

3 Nelineární elektrický obvod

Měli jsme oscilační elektrický obvod, který je znázorněn na obrázku 4. V obvodu byly zapojeny součástky s následujícími parametry: $v = 1,2\,\mu\mathrm{V}$, $R = 3300\,\Omega$, $C = 47\,\mathrm{nF}$, $C_m = 47\,\mathrm{nF}$, $L = 0,1\,\mathrm{H}$ a $U_0 = 4\,\mathrm{V}$. Je možno si všimnout, že v obvodu je zapojena součástka x^2, která má na výstupu čtverec vstupního napětí. Tato součástka zapříčiňuje chaotické chování obvodu pro určité hodnoty R_m. Tento obvod jsme také simulovali pomocí počítače (v programu Chaosgen). Měnili jsm odpor R_m a měřili napětí U na tomto odporu. Podle [1] pro U platí rovnice

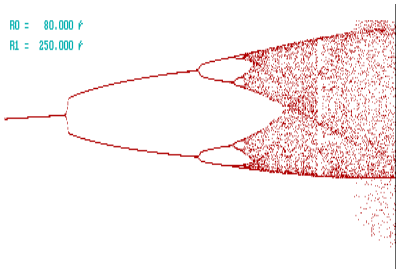


obr. 4 schéma obvodu

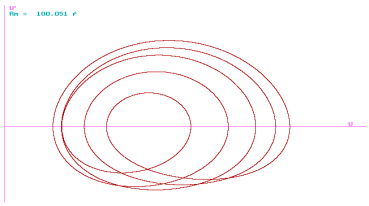
$$\frac{\mathrm{d}^3U}{\mathrm{d}t^3} + a\ddot{U} + b\dot{U} + cU = cv^2(U - U_0)^2,$$

kde $a = \frac{1}{RC} + \frac{R_m}{L}$, $b = \left(1 + \frac{R_m}{R} + \frac{C}{C_m}\right)/LC$ a $c = \frac{1}{LCRC_m}$. Chování obvodu, lze dobře znázornit jak ve fázovém diagramu, tak i v bifurkačním diagramu. V bifurkačním diagramu je na svislou osu vynášeno maximum napětí U a na vodorovnou osu odpor R_m. Hodnoty maxim se mohou periodicky opakovat nebo se neustále neperiodicky měnit. Pro hodnotu odporu $R_m > 208\,\Omega$ byl naměřen harmonický průběh napětí. Pro $R_m > 141\,\Omega$ se periodicky střídají dvě maximální hodnoty U, pro $R_m > 128\,\Omega$ čtyři a pro $R_m > 124\,\Omega$

osm. Zhruba od hodnoty $R_m = 120\,\Omega$ je dynamika chaotická. Bifurkační diagram a fázový diagram $(U, \dot{U})$ jsou znázorněny na následujícím obrázku:



obr. 4 bifurkační diagram pro $250\,\Omega \gg R_m \gg 80\,\Omega$



obr. 5 fázový diagram pro $R_m = 100\,\Omega$

4 Shrnutí

Popisované soustavy se pro určité hodnoty vstupních parametrů chovají chaoticky. My jsme tyto počáteční parametry hledali pomocí počítačových programů. Toto chování pro nás bylo překvapivé, neboť jsme se s ním dosud nesetkali. Obor chotické dynamiky byl v posledních letech ve středu zájmu některých fyziků, je neoddělitelnou součástí některých jiných disciplín fyziky (meteorologie, fyzika plazmatu, ...). Studium chaotické dynamiky je kličové pro popis složitějších fyzikálních systémů.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat za finanční podporu a umožnění realizace miniprojektu FJFI ČVUT, za konzultace našemu supervizorovi.

Reference

[1] H. J. Korsch, H.-J. Jodl. *Chaos.* Springer-Verlag 1994.

VZDUCHOVÁ DRÁHA

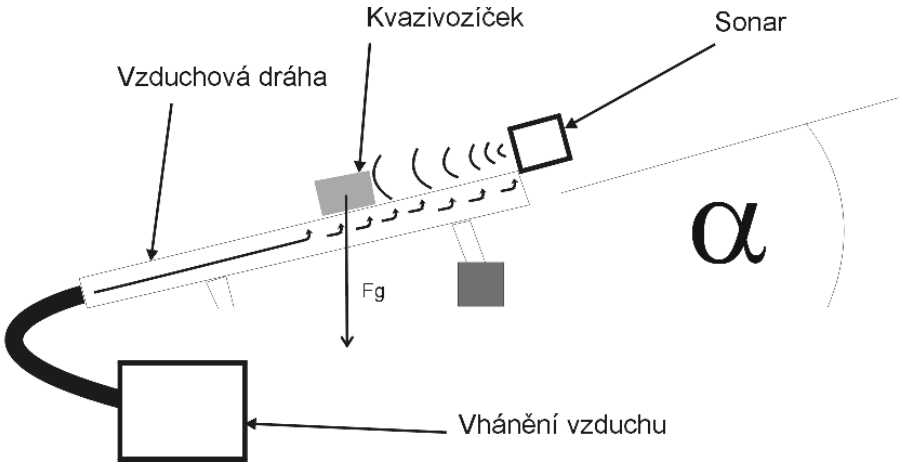
V. Slimáček *, T. Vychodil **, P. Kuriščák ***, M. Kolář ***
Supervizor: Jiří Martinčík
* - Gymnázium Fr. Palackého ve Val. Meziříčí
** - Gymnázium Olomouc, Čajkovského 9
*** - Gymnázium Na Vítězné pláni,Praha

Abstrakt:

Účelem naší práce bylo ověření zákona zachování energie v praxi na vzduchové dráze. Vzduchová dráha je dutá kolejnice s malými pravidelně rozmístěnými otvory na svém povrchu. Do ní je vháněn vzduch, který tryská ven těmito otvory a tím nadlehčuje vozík jedoucí po kolejnici, čímž se snižuje tření . Veškerý jeho pohyb je snímán sonarem umístěným na jednom konci dráhy, dále pak přenášen a zpracováván v počítači.

1 Úvod

Vzduchová dráha je nakloněná pod malým úhlem. Při pohybu vozíku dolů po této nakloněné rovině vozík zrychluje působením složky tíhové síly, proto vzrůstá jeho kinetická energie a klesá energie potenciální. Při pohybu vozíku vzhůru je tomu naopak. Tyto energie se v průběhu pohybu navzájem přeměňují, ale jejich součet je vždy konstantní.



(Obr. 1)

2 Průběh pokusu

- Vozík umístěný na horní části nakloněné roviny se působením tíhové síly rozjíždí dolů s konstantním zrychlením. Tento jeho pohyb je monitorován sonarem, který vytváří graf vzdálenosti, rychlosti a zrychlení vozíku v závislosti na čase.

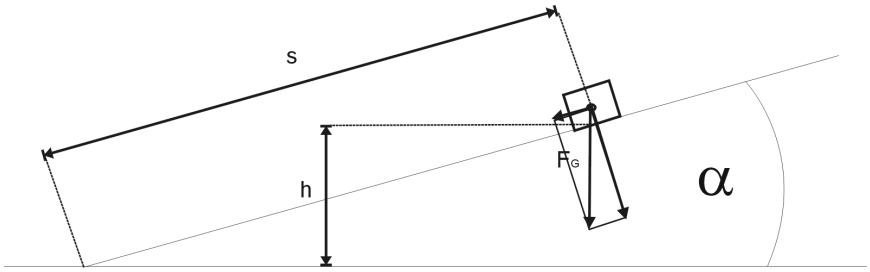
Kinetická energie tím pádem vzrůstá. Její okamžitá hodnota je dána vztahem:

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

Kde m je hmotnost vozíku a v je jeho okamžitá rychlost. Podle tohoto vzorce počítač z naměřených a zadaných hodnot vytváří i její graf.
Jelikož se snižuje výška těžiště vozíku, klesá jeho potenciální energie. Její okamžitá hodnota je dána vztahem:

$$E_P = mgh$$

Kde m je hmotnost vozíku, g je tíhové zrychlení a h je momentální výška těžiště tělesa. Ta je zadána vzorcem $h = \sin\alpha \cdot s$ (viz obr.2). Její hodnoty jsou v průběhu pohybu vypočteny počítačem na základě zadaných a naměřených hodnot.



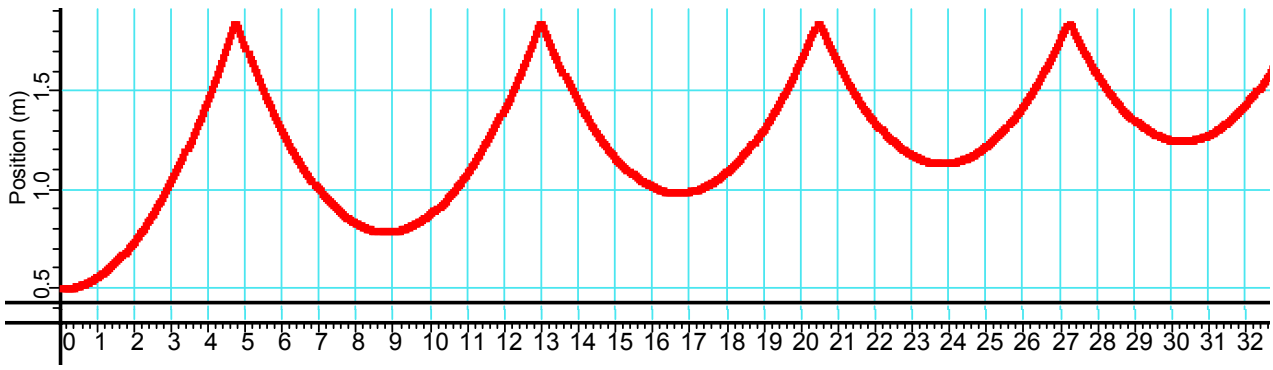
(obr.2)

Celková mechanická energie vozíku je dána součtem energie kinetické a potenciální a její hodnota je stále konstantní Tento graf je také automaticky vytvářen počítačem.

- Při odrazu dochází na grafu k výchylkám způsobeným nedokonalou pružností odrazových ploch. Dochází také ke ztrátám energie projevujícím se snížením hodnoty celkové energie.
- Po odraze se vozík pohybuje vzhůru po nakloněné rovině se stejným zpomalením jako předtím zrychloval. Při ideálních podmínkách bez ztrát energie a odporu prostředí, by vozík vyjel vždy opět do původní výšky, ale v našich podmínkách jsou ztráty a vozík se zastaví vždy o něco níž.

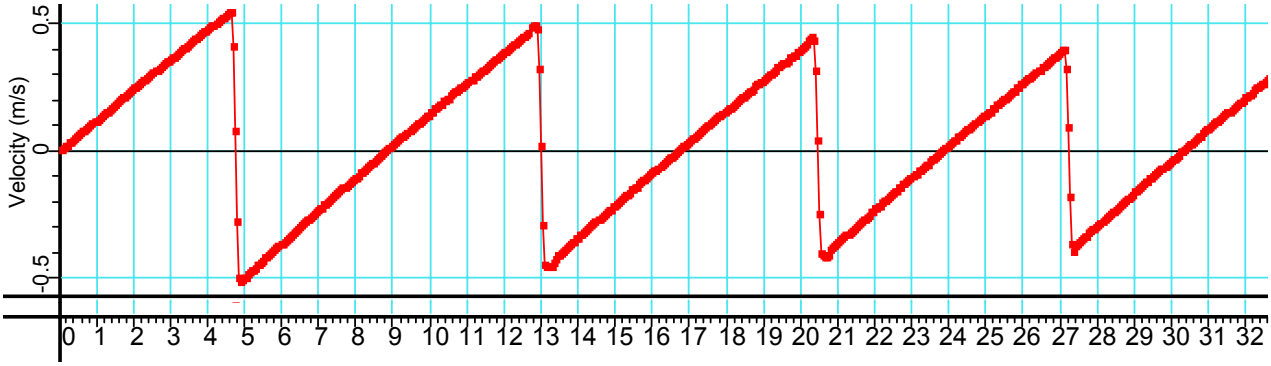
Kinetická energie v závislosti na rychlosti klesá a potencionální energie v závislosti na výšce těžiště vozíku vzrůstá. Celková mechanická energie však stále musí zůstat konstantní

- Grafy:
  Vzdálenost od horního okraje vzduchové dráhy:



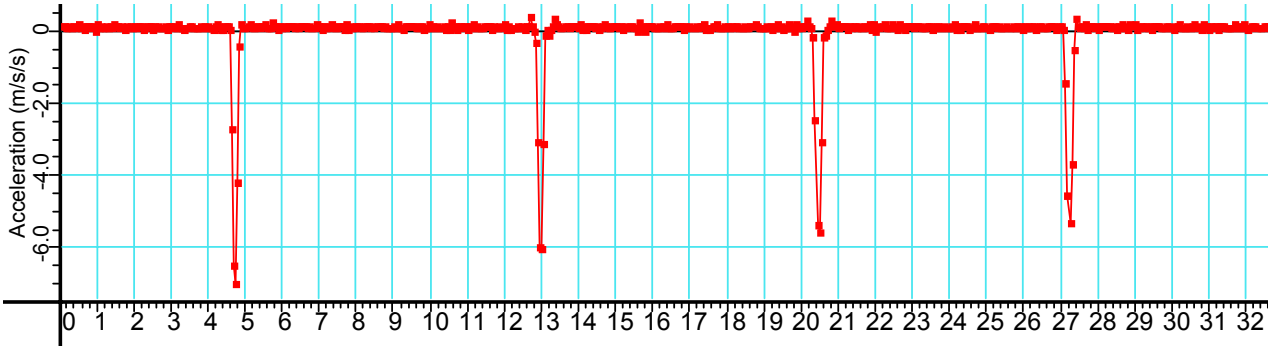
Na grafu jsou vidět odrazy vozíku v jeho největší vzdálenosti od horního okraje vzduchové dráhy. Po každém odrazu se dráha vozíku zkracuje.

Rychlost vozíku:



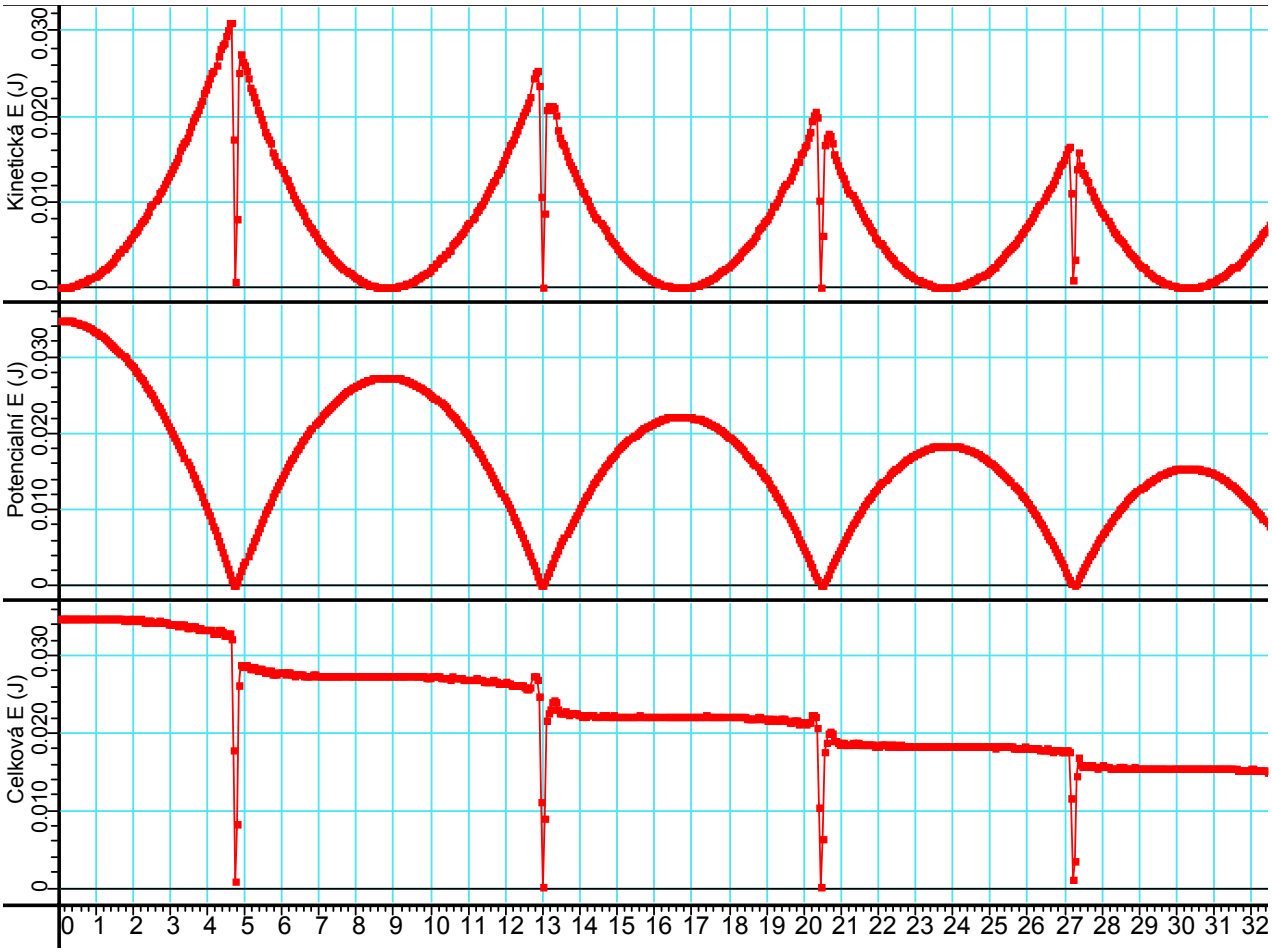
Při rozjetí se rychlost vozíku se zvyšuje, při odrazu se změní pouze její směr (velikost je stejná). Poté vozík jede nahoru a zpomaluje až se zastaví a rozjede se nazpátek.

Zrychlení vozíku:



Zrychlení vozíku bylo ve všech momentech konstantní, jen při odrazu vozíku docházelo k výchylkám.

Energie vozíku:



Na grafu můžeme pozorovat opačné průběhy kinetické a potenciální energie, proto je i celková energie skoro vyrovnaná. K největším výchylkám dochází při odrazu, ale je patrný i celkový pokles energie v průběhu celého pokusu způsobený ztrátami energie.

3 Shrnutí

Vcelku úspěšně jsme ověřili v praxi funkčnost zákona zachování energie. Nepřesnost byla způsobena ztrátami energie v průběhu pohybu, protože jsme nemohli zajistit izolovanou soustavu a z důvodu nepřesných měření.

4 Poděkování

Děkujeme ČVUT - fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za poskytnutí přístrojů, zařízení, počítačů, prostor a supervizora nutných k provedení našeho měření.

5 Reference

Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy

Není-li z reaktoru odveden uvolněný výkon, může nastat i výbuch

M. Mironovová, T. Holenda, H. Havliš
Gymnázium Nad Kavalírkou, Nad Kavalírkou 1, 150 00 Praha 5
tholenda@quick.cz, martina.mir@volny.cz

Supervizor: Ing. Dušan Kobylka

Abstrakt:
V našem příspěvku je studován odvod tepla vznikající v palivu jaderného reaktoru do proudícího chladiva. Pro ustálený provoz je nutné zaručit jeho transport a další využití aby nedošlo k situaci zmiňované v názvu příspěvku. Největší část tepla se vyvíjí přímo v palivu, které je v aktivní zóně reaktoru. Projekt se zabývá zkoumáním ochlazování palivových článků proudící tekutinou. Každý reaktor by byl teoreticky, z pohledu neutronického výpočtu schopen generovat mnohonásobně vyšší výkon, než produkuje, ale jedním z hlavních limitujících faktorů je právě schopnost dodaný výkon z reaktoru odvádět.

1 Úvod

Palivové články v reaktoru jsou chlazeny proudící tekutinou a u drtivé většiny reaktorů se pracuje s nucenou cirkulací chladícího média. Podle typu reaktoru se užívá voda, těžká voda, inertní plyn (helium, oxid uhličitý) nebo u rychlých reaktorů sodík v kapalné fázi. Celý náš miniprojekt se vztahuje k jadernému reaktoru VVER-440, proto je počítáno s vodou a palivovými články v trojúhelníkové mříži.

2 Chlazení reaktoru

V jaderném reaktoru se teplo generuje štěpením uranu 235 a energie uvolněná při rozštěpení jeho jádra je rozdělena do několika částí. Největší je tvořena kinetickou energií odštěpků (cca 82%), které jsou nejčastěji 2, vzácně i 3. Malá část je odnášena rychlými neutrony (2,5%) a tato energie je uvolňována v moderátoru. Kromě toho odnáší část energie ostatní záření, vznikající při štěpení. Jistá část této energie je ještě v reaktoru zachycena a přeměněna v teplo. U jaderných reaktorů je tedy, kromě paliva, „zdrojem tepla“ i moderátor a konstrukční materiál. U tlakovodních reaktorů, jako je např. typ VVER-440, uvažovaný v miniprojektu, zastává tuto funkci chladícího média i moderátoru voda. Energie, která se uvolní při moderaci rychlých neutronů, se tedy uvolní přímo v chladící vodě. Samotné palivo tvoří tablety UO_2, uložené v kovovém pokrytí ze slitin zirkonia, které jsou inertní vůči vodě a zároveň málo absorbují neutrony, potřebné pro řetězovou reakci. Výkon se z největší části uvolňuje přímo v palivových tabletách a protože použitý oxid uraničitý má nízkou hodnotu tepelné vodivosti, dosahují teploty v ose proutku přes 1000 C. Generovaný výkon je pak kondukcí odváděn přes pokrytí do proudící vody. Chlazení musí být neustále zajištěno, protože i např. při vypaření vody, kdy se jaderná reakce zastaví, se mohou články vlivem zbytkového tepla roztavit. Samozřejmě by nedošlo k jadernému výbuchu, ale poškození zařízení primárního okruhu by bylo značné.

Palivové proutky jsou u uvažovaného typu reaktoru uloženy v trojúhelníkové mříži v palivové kazetě. Články jsou dlouhé 2,5 metru a silné 9,1 mm. Malá tloušťka negativně ovlivňuje mechanické vlastnosti (pevnost), je však nutná pro dobré odvádění vzniklého tepla (při větší tloušťce by se palivo v nitru článku začalo tavit, proto tablety v článcích pro větší výkony mají uprostřed otvor). Palivové proutky jsou v kazetě fixovány distančními mřížkami, které kromě fixace slouží i k promíchání vody, proudící jednotlivými kanály kazety.

Počítaný případ představuje rychlostní a teplotní poměry v jednom chladícím kanálu palivové kazety. Pro velkou náročnost výpočtu bylo nutno použít řadu zjednodušení. Především byla počítána jen malá délka kanálu (12 cm), která však dostačuje k ustálení proudění. Navíc byl učiněn předpoklad symetrie výkonu všech palivových proutků a tedy možnosti rozdělení kanálu na 6 stejných částí. Další zjednodušení se týkalo axiálního profilu uvolňovaného výkonu a protože byl počítán jen 12 cm dlouhý úsek proutku, bylo možno uvolňovaný výkon považovat za konstantní. Přesto čas výpočtu v řádech hodin. Při definování úlohy bylo nutno zadat vstupní parametry systému (výkon, teplota, tlak, průtok…) a geometrii tvaru kanálu. Program COSMOS/M s modulem FlowPlus (univerzální CFD program) vypočetl pro palivový kanál všechny hledané veličiny. Výsledkem výpočtu jsou parametry teplotních a rychlostních polí vyjádřené grafy a obrázky (viz obr.1).

Obr. 1. Teplotní pole v kanálu

3 Shrnutí

Protože odvádění uvolňovaného výkonu je stěžejní otázkou pří návrhu a provozu jaderného reaktoru a komplexní výpočet odvodu tepelného výkonu z reaktoru je také nutným předpokladem pro jeho bezpečnost, byly provedeny prezentované výpočty. Tyto potvrzují experimentální výsledky, uváděné v dostupné literatuře.

Poděkování

Děkujeme katedře jaderných reaktorů za poskytnuté technické prostředky a našemu supervizoru Ing. Dušanu Kobylkovi za pomoc a poskytnuté rady.

Reference:

[1] Heřmanský, B.: Termomechanika jaderných reaktorů, Academia, 1986.
[2] Heřmanský, B.: Jaderná zařízení I, Ediční středisko ČVUT, 1990.
[3] FlowPlus – Solver User's Guide, Blue Ridge Numerics, Incorporated, 2000

Využití plynové chromatografie pro sledování radiační degradace chlorovaných organických látek ve vodě

B. Neumann; Gymnázium Jaroměř

M. Grudzien; Gymnázium Jaroměř

D. Beneš; Gymnázium Ch. Dopplera

M.Zgažar; SPŠ-chemická akademika Heyrovského

L. Sobek; Gymnázium Petra Bezruče

supervisor: ing. Rostislav Silber Csc.

Abstrakt:

Plynová chromatografie je analytická a současně i separační metoda, poskytuje kvalitativní i kvantitativní informace o vzorku. Využívá se při analyzování vzorků organických látek, v našem případě přítomnost chlorovaných organických látek ve vodě. Tím napomáhá analyzovat účinnost nových metod dechlorace nebezpečných organických látek.

1 Úvod

V minulých letech byly průmyslově vyráběny chlorované organické látky, které měly působit jako pesticidy a insekticidy. S postupem času se však zjistilo, že jsou tyto sloučeniny karcinogení, ale zároveň velmi stálé, a že příroda si s nimi bez naší pomoci neví sama rady. S nastupující technickou vyspělostí a vývojem nových a citlivějších přístrojů byla zjištěna přítomnost těchto látek v podstatě všude. Je na nás, abychom se s tímto problémem vypořádali. Jedna ze zkoumaných možností je radiační degradace.

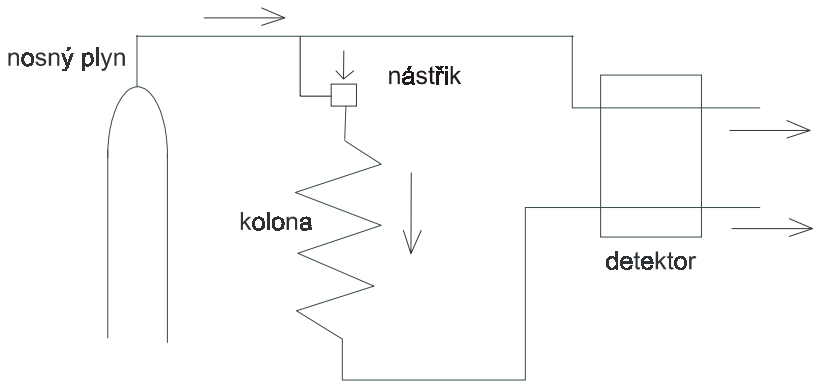
2 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie je fyzikálně-chemická metoda dělení, při které komponenty, které mají být oddělené, se rozdělí mezi dvě fáze; jedna z nich je nepohyblivá (stacionární), a druhá pohyblivá (mobilní). Mobilní fáze obtéká kolem fáze stacionární. Mobilní fáze může zaujímat kapalnou nebo plynnou fázi, právě tak jako fáze stacionární může být kapalinou či

pevnou látkou. V důsledku toho lze vytvořit kombinace pro definovaná stanovení. V této práci je užito chromatografie plyn-adsorbent. Námi použitým plynem byl dusík a adsorbentem byla komerční směs CP-sil 4.

Kolem stacionární fáze kontinuálně proudí inertní nosný plyn. Při postupu směsi aparaturou se opakovaně ustavuje adsorpčně-desorpční rovnováha. Tato rovnováha je definována rovnovážnou konstantou, která je pro každou složku různá. Nosný plyn způsobuje narušování této rovnováhy. Na základě toho začne probíhat děj, který směřuje k opětovnému nastolení rovnováhy v systému, a to způsobuje pohyb molekul po směru toku nosného plynu. Takto je celá složka naakumulována a izolována ze směsi. Jestliže se různé složky směsi zachycují různě v závislosti na svých vlastnostech, budou se přes kolonu pohybovat různou rychlostí a tím pádem se směs rozdělí. S rostoucím počtem účinných adsorpcí roste také stupeň rozdělení složek směsi.

3 Chromatograf

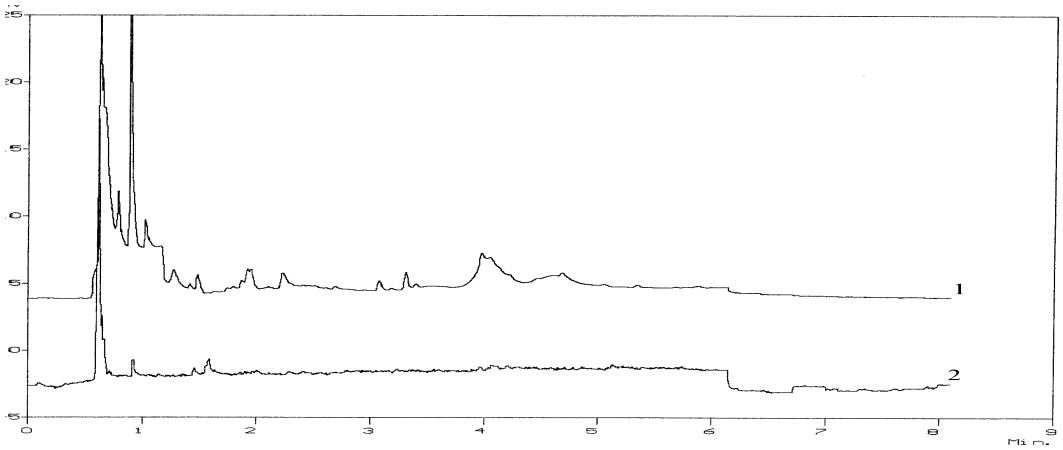


obr. 1 schéma chromatografu

Chromatograf se dělí do tří částí:

1. Injektor. Vzorek se vstříkne do injektoru speciální jehlou, kde v důsledku vysoké teploty změní své skupenství z kapalného na plynné. Odtud je směs unášena nosným plynem do kolony, kde probíhá vlastní proces dělení.
2. Kolona. Kolona je umístěna v peci, neboť je třeba pracovat při vyšších teplotách, zvláště když má vzorek vysoký bod varu. Kolony mohou být kapilární a náplňové. Podle polarity látek ve zkoumané směsi volíme náplň kolony. Rozdělená směs směřuje k detektorům.
3. Detektor. Detektory snímají změny veličiny charakterizující vlastnosti plynu, které jsou pomocí AD-převodníku upraveny na digitální signál a zpracovány v počítači. Použili jsme dva detektory FID a ECD.
    - FID (Flame Ionization Detector): Analyzovaná látka se ionizuje kyslíko-vodíkovým plamenem a vzniklé ionty jsou přitahovány k elektrodám, na kterých se mění potenciál.
    - ECD (Electron Capture Detector): Z katody tvořené β-zářičem ^{63}Ni, je emitován tok elektronů. Elektrony jsou absobovány anodou, čímž je zajištěn konstantní proud (alespoň po čas měření). V momentě, kdy se do tohoto toku dostanou molekuly složky obsahující atomy elektronegativního prvku, jsou elektrony zachyceny, jejich tok přerušen a indikovaný proud klesne.

Zatímco FID reaguje na mnoho látek, nemá takovou citlivost na elektronegativní prvky jako ECD. Protože námi zkoumané látky jsou chlorované, je citlivost ECD, která je řádově vyšší než citlivost FID na tutéž chlorovanou látku, nezastupitelná. Na druhou stranu ECD zase nedetekuje ty látky, které elektronegativní atomy neobsahují.



obr. 2 Porovnání chromatogramů ECD (1) a FID (2, odezva byla 10x zvětšena)

4 Radiační dechlorace

Princip dechlorace organických látek pomocí radiace spočívá ve využití záření o energiích řádově v jednotkách MeV. Toto záření nemá dostatečnou energii na to, aby zapříčinilo umělou radioaktivitu, neboť se k jádru ani nedostane. Záření je absorbováno v elektronovém obalu a má vliv na chemické vazby mezi jednotlivými atomy. Tím dochází k odštěpení chloru od molekuly, jež je zářením iniciováno. Samozřejmě v průběhu propagace či terminace vznikají vedlejší produkty jako vyšší polymery dechlorované látky, anebo se látka rozpadá na jednodušší sloučeniny. Tyto vedlejší produkty jsou však přítomny ve velmi malé míře. Především se mezi produkty nalézají dechlorované molekuly.

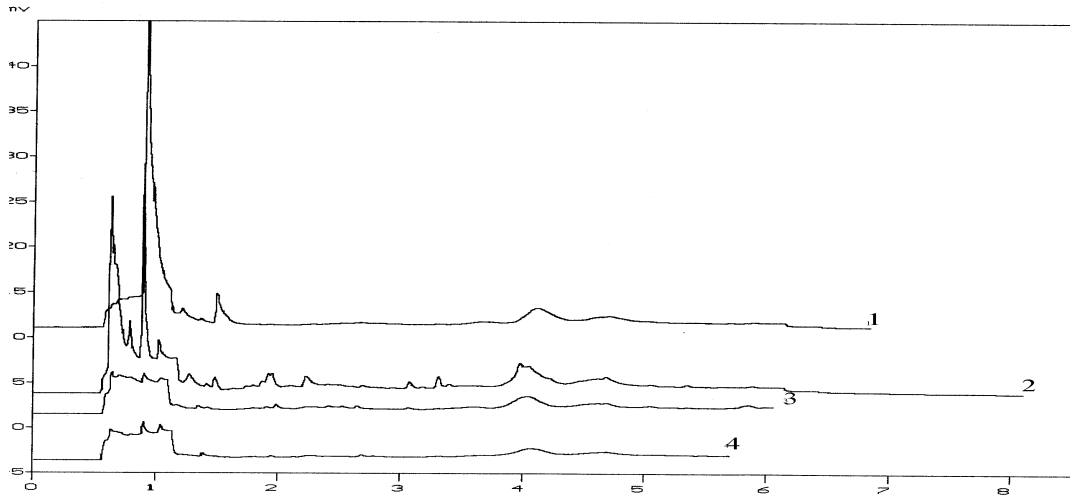
Zkoumané sloučeniny jsou polychlorované bifenyly (PCB) a chlorované deriváty ethanu. Tyto látky jsou jedovaté a díky jejich chemické stabilitě není možno dospět k jejich rozkladu samoregeneračně. Jednou z možností, jak je zneškodnit, je radiační dechlorace použitím záření γ nebo RTG.

5 Význam plynové chromatografie

Poněvadž pracujeme s chlorovanými látkami, používáme ke zjištění přítomnosti zkoumaných látek plynovou chromatografii s detektorem ECD. Citlivost ECD nám umožňuje s velkou přesností vyhodnotit účinnost ozařování v závislosti na dávce záření. (Dávka $d = \frac{E}{m}$, kde E je energie absorbovaná v m hmotnosti. [d] = Gy)

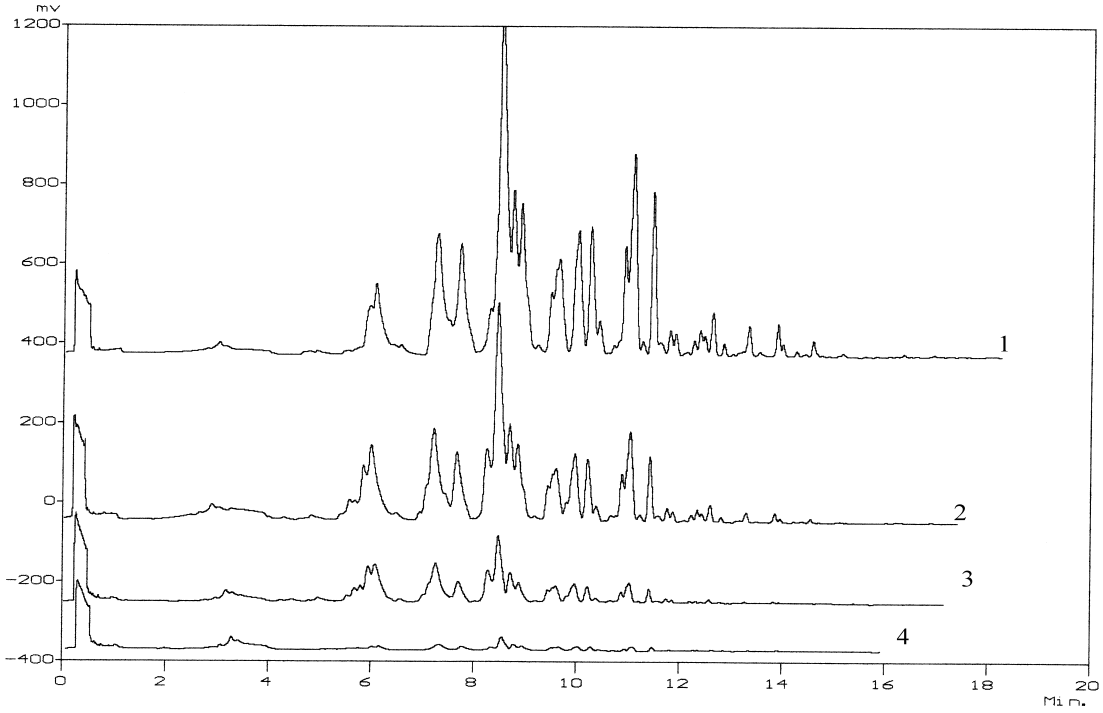
6 Výsledky

Následující chromatogramy ukazují na míru dechlorace ve sledovaných látkách v závislosti na absorbované dávce zvoleného záření.



obr. 3 Snížení obsahu trichloretanu ve vzorku po ozáření

dávka: 1 *neozářeno*, 2 *2,4 kGy,* 3 *8,0 kGy,* 4 *20 kGy*



obr. 4 snížení obsahu PCB po ozáření

dávka: 1 *neozářeno*, 2 *10 kGy*, 3 *15 kGy*, 4 *20 kGy*

7 Závěr

V tomto miniprojektu jsme zjišťovali důsledky působení RTG a g-záření na chlorované organické látky. Ke sledování jsme použily plynovou chromatografii s detektorem ECD.

Z obdržených chromatogramů můžeme usuzovat na pozitivní výsledky radiační degradace. Při vysokých dávkách pozorujeme téměř úplnou dechloraci, která řeší ekologické problémy v podobě intoxikace ekosystémů chlorovanými organickými látkami. Avšak potřebné dávky jsou za hranicí ekonomických možností.

Úkolem dalšího výzkumu je nalézt vhodné podmínky dechlorace, aby potřebná dávka klesla na přijatelnou mez, ale celkový účinek zůstal.

Poděkování

Práce byla realizována s laskavou podporou FJFI ČVUT. Také bychom rádi poděkovali panu Ing. Rostislavu Silberovi, CSc., za uvedení do problematiky, konzultace a poskytnutí materiálů.

Reference:

[1] The University of Akron, 302 Buchtell Mall, Akron OH 44325, http://ull.chemistry.uakron.edu/chemsep/gc/

STUDIUM PLASMATICKY NANÁŠENÝCH VRSTEV

*J. Mihulka
**M. Másilko
***L. Unzeitig
****supervisor: O. Kovářík

*Gymnázium, Roudnice nad Labem, Havlíčkova 175
** Gymnázium, Roudnice nad Labem, Havlíčkova 175
***Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9
****KMAT-FJFI, Praha 2, Trojanova 13

*jan_mihulka@centrum.cz
**masilkomartin@centrum.cz
***unza@centrum.cz
****kovarik@kmat.fjfi.cvut.cz

Abstrakt:

Práce seznamuje s žárové nanášenými povrchy a popisuje jejich strukturu. Dále obsahuje metody jejich nanášení na substrát a k tomuto použité materiály, důvody nanášení žárových nástřiků na substrát a popis změn vlastností takto ošetřených materiálů.. Cílem je seznámit čtěnáře s zakladními pricipy a možnými aplikacemi žárového stříkání.

1. Úvod

Žárové povrchové vrstvy vznikají tzv. žárovým nanášením (nástřikem) látky na susbtrát. Existuje několik základních typů žárového nanášení, které se běžně používají. Jedná se zejména o stříkání plamenem, plasmatické stříkání a stříkání metodou HVOF. Aplikací žárového nástřiku je možné často dosáhnout požadovaných vlastností vyráběné součásti. Jedná se zejména o odolnost vůči korozi, otěru a extrémním teplotám. Současně je potřeba dosáhnout požadovaných mechanických a únavových vlastností.

2. Druhy nanášení

Existuje několik druhů žárového nanášení, které se používají v závislosti na chemických vlastnostech substrátu a nanášeného materiálu.

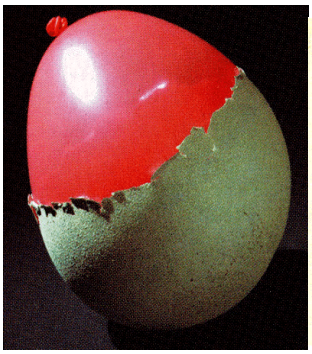
Stříkání plamenem – Nejlevnější a nejčastěji používaná metoda pro nanášení materiálů jako je zinek, hliník, oxidy, karbidy, cermet materiály a různé slitiny. Nanášený materiál je ve formě drátu nebo prášku taven v plameni kyslík/plyn a pomocí stlačeného kyslíku je rozprašován a natavován na substrát. Tato metoda je používána zejména pro kovové materiály.

Stříkání elektrickým obloukem – Nanášený materiál je ve formě drátu. Mezi dvěma nabitými dráty vzniká elektrický oblouk – o teplotě vyšší než 3000 °C. Ten způsobuje tavení konců drátů. Roztavený materiál je pomocí stlačeného kyslíku rozprašován. Mtoda se používá k pokovování větších ploch.

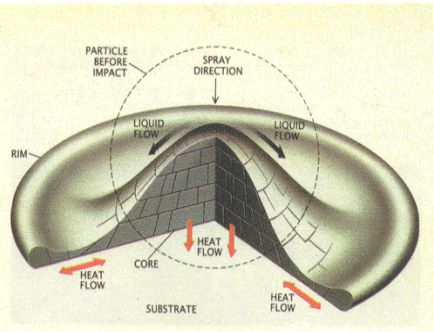
HVOF – Rychlým hořením směsi kyslík/plyn se vytváří proud horkého akcelerovaného plynu, který taví nanášený materiál ve formě prášku a zároveň dává částicím roztaveného materiálu velkou rychlost. Touto metodou se vytváří vrstva s výbornou přilnavostí.

Plasmové stříkání – Zdrojem tepla a zároveň hnacím plynem je zde použit lehko ionizovatelný plyn (Ar, Xe, N). Plyn je ionizován výbojem mezi anodou a katadou, poté je hnán tryskou a opět se deionizuje za uvolnění velkého kvanta tepla (30000 K). Do proudu rozžhaveného plynu je přiveden materiál ve formě prášku, který se taví je rozprášen vysokou rychlostí na součást. Touto metodou vznikají husté vrstvy s dobrou přilnavostí.

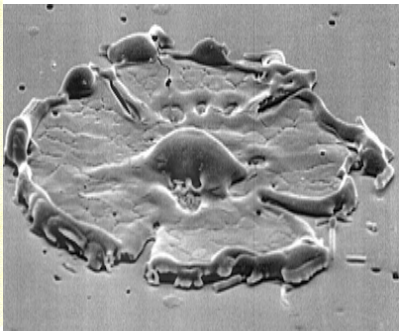
Technický vývoj neustále postupuje a již byla objevena nová metoda tzv. studeného nanášení COLD SPRAY. Aplikací této metody byla nanesena vrstva Al_2O_3 na gumový balónek *viz obr.1*



obr. 1



obr. 2

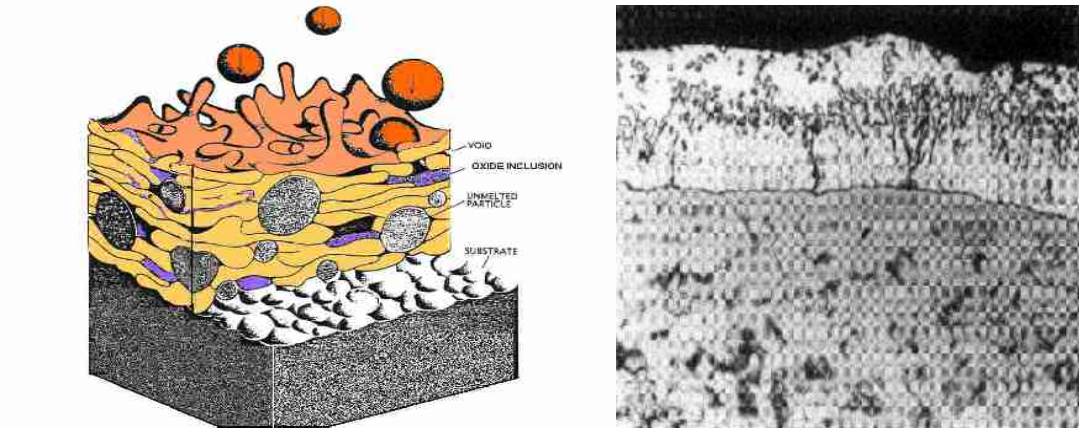


obr. 3

3. Struktura nástřiků

Pro lepší přilnutí nanášeného materiálu se před vlastním nástřikem provede čištění a zdrsnění povrchu substrátu pomocí vzduchem hnaného korundu. Při vlastním procesu stříkání

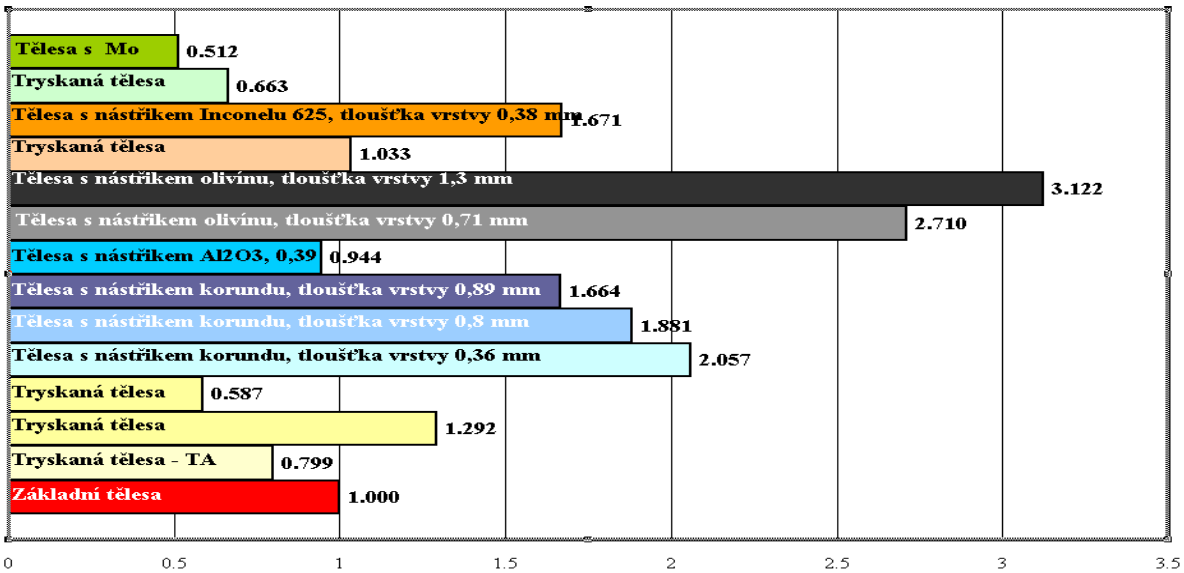
roztavený materiál ve formě kapek dopadá na substrát, kde dochází k utuhnutí. Částice po dopadu vytvářejí diskové útvary – SPLATY („plácance“) *viz obr. 2 a 3*
Typický nástřik je tvořen několika vrstvami splatů a dále obsahuje dutiny, neroztavené částice a jiné nehomogenity. Vlastnosti vrstvy se liší od vlastností homogeního materiálu právě díky těmto nehomogenitám. *viz obr. 4*



obr. 4 vlevo: nanášení vrstvy a vznikající defekty, vpravo: struktura vrstvy

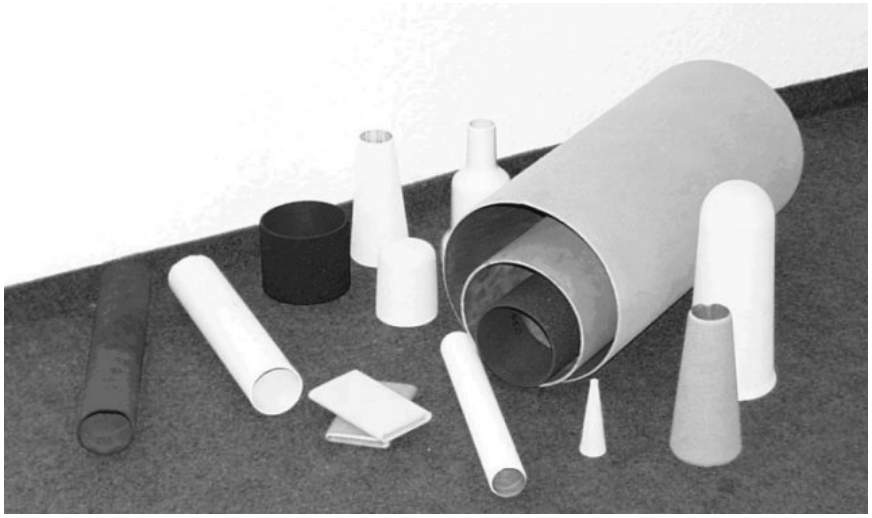
Vlastnosti – Nanesením plazmatických vrstev na substrát změníme jeho vlastnosti (mechanické, tepelné). Nejčastěji se nanášení takovýchto vrstev používá k ochraně proti korozi. Například se na klasickou ocel, která lehce podléhá korozi, ale poměrně dobře se obrábí, je nanesena vrstva vysoce kvalitní nerez oceli 316L. Tak vznikne výrobek nepodléhající korozi, jehož výrobní cena je nízká oproti výrobku z oceli 316L.

Nanesením vrstev se mohou také zlepšit mechanické - únavové vlastnosti materiálů. Pro příklad si uvedeme tabulku a graf



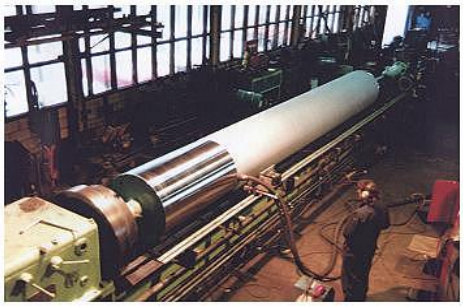
V grafu je znázorněna změna relativní životnosti základního tělesa po nanesení různých plasmaticky nanášených vrstev.

Pomocí žárového nanášení je možné vyrobit tělesa pouze z nástřikového materiálu tak, že nástřik nanášíme na mastnou formu, z níž lze po vychladnutí těleso snadno oddělit. Tímto způsobem lze vyrobit například korundové trubky aj. *viz obr. 5*



obr. 5

Pokovení pomocí plasmového hořáku se také používá k opravám poškozených součástí např. kontaktní únava lisovacího válce *viz obr. 6*, poloos důlních strojů *viz obr. 7*, brzdové bubny nákladních automobilů *viz obr. 8* atd. Ideálním příkladem je Nový Zéland, kde je omezená dostupnost (a tedy vysoká cena) náhradních dílů a kde se opravami pomocí plasmaticky nanášených vrstev ušetří velké množství financí.



obr. 6

obr. 7

obr. 8

4. Shrnutí

Plasmaticky nanášenými vrstvami se dají upravit vlastnosti součástí a to jak tepelné, mechanické či korozní, dále je možné vyrábět samonosné současti s neobvyklými vlastnosmi, jejichž výroba není jinak možná. Tímto způsobem je také možné vyrobit nebyčejně trvdé součásti jako například granátová rašple s ocelovým jádrem.

Poděkování

Poděkování za finanční podporu FJFI a organizačnímu týmu Fyzikálního týdne. Dále děkujeme KMAT za odbornou spolupráci.

Reference:

[1] KOVÁŘÍK, O. : *Studium vlastností žárově stříkaných vrstev* ČVUT, 2002.

[2] PROCHÁZKA, Z.: *Únavové charakteristiky žárově stříkaných materiálů* ČVUT, 2002, str č.: 39

[3] IPP A.S. ČR: *Institute of Plasma Physics* http://www.ipp.cas.cz

[4] MSS LTD: *Metal Spray Suppliers* http://www.metal-spray.co.nz/work/fwp.html

[5] PROCHÁZKA, Z. - Ing. Jan SIEGL, CSc: *Mechanické vlastnosti žárově stříkaných materiálů* ČVUT, 1999.

[6] ZINKOVNA A.S.: *Zinkovna Roudnice nad Labem* http://www.zinkovna.cz

Studium RTG spektra Cu anody

K.Dudek* J.Nejdl V.Tyrpekl** J.Vlček****

* Gymnázium Ch.Dopplera,Praha
** Gymnázium J.Vrchlického,Klatovy

Abstrakt:

V experimentu jsme určili hodnoty energie a vlnové délky dvou charakteristických spektrálních čar K_α a K_β Cu anody. Druhou částí bylo ověření hodnoty Planckovy konstanty.

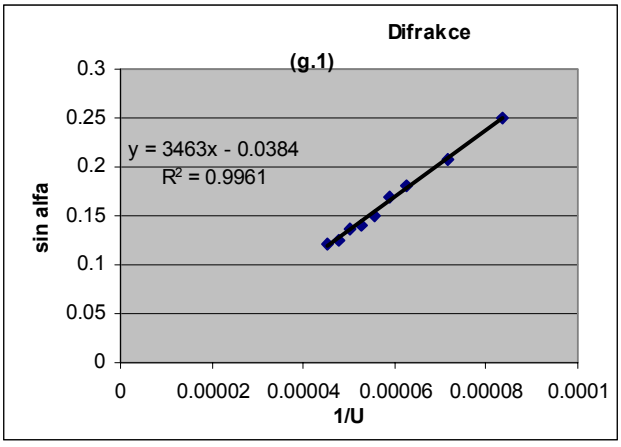
Úvod

Studium RTG spekter krystalických látek je jednou z nejpřesnějších metod určování složení. Tento obor se dotýká atomové fyziky a kvantové mechaniky, které patří k našim oblíbeným, v dnešní době nepostradatelným oborům fyziky. Experiment byl založen na emisi rentgenového záření z Cu anody (antikatody) po dopadu urychlených elektronů.

A K ČEMU JE TO DOBRÉ ???

Materiály a metody

Dopadá li elektron urychlený napětím U na atomy nějaké látky, dochází ke srážkám s elektronovými obaly. Přitom může dojít k excitaci elektronu z vnitřních slupek elektronového obalu do vyššího energetického stavu. Jeho místo hned zaujme jiný elektron (z vyšší elektronové slupky), který při přechodu na uvolněné místo vyzáří kvantum elektromagnetického záření (foton) s energií rovnou rozdílu energií jednotlivých orbitalů =>vznik charakteristického spektra. Nebo dochází k brždění a postupné ztrátě energie urychleného elektronu a k excitaci valenčních elektronů =>spojité spektrum. RTG spektrum Cu anody jsme proměřili tzv. Braggovou metodou, pomocí difrakce RTG záření na krystalu LiF, kde se rozptyl RTG záření řídí Braggovou rovnicí: $n\lambda = 2d \cdot \sin\alpha$ (r.1), kde n je řád maxima, λ je vlnová délka RTG záření, d je mřížková konstanta krystalu LiF, α polovina úhlu mezi G - M trubicí a původním směrem RTG záření. Elektrony jsme urychlovali napětím od 12 do 22 kV a nechali je dopadat na Cu anodu. Vznikající RTG záření jsme detekovali Geiger - Müllerovou trubicí v různých úhlech. Charakteristické spektrum Cu má 3 píky K_α, K_β a $K_{\beta 2}$. Měřili jsme odezvu G-M trubice pro úhly rozptylu mezi 5-45° a v naměřeném spektru zjistili tři píky,



které odpovídají přechodům K_α, K_β a $K_{\beta 2}$ Cu – atomů.

Vypočítali jsme Planckovu konstantu. Použili jsme rovnici (r.2):

$$h = \frac{2ed \cdot \sin\alpha}{c \cdot U^{-1}} \quad \text{(r.2)}$$

kde e je náboj elektronu, c je rychlost světla ve vakuu, U je urychlovací napětí .

1/U je lineárně závislé na $\sin\alpha$ =>sestrojili jsme graf napětí v závislosti na $\sin\alpha$ (g.1), určili směrnici funkce a dosadili ji místo $\sin\alpha$ *U - z toho:

$$h = 7{,}441386E^{-34} J \cdot s$$

Dále jsme vypočítali energii (r.3) a vlnovou délku charakteristického záření (r.4):

$$E = \frac{hc}{2d \cdot \sin\alpha} \quad \text{(r.3)}$$

$$\lambda = h\frac{c}{E} \quad \text{(r.4)}$$

Výsledky

Námi naměřené údaje:

$E_{K\alpha} = 8002{,}31eV$ $E_{K\beta} = 8879{,}50\,\text{eV}$ $E_{K\beta(2)} = 8852{,}11\,\text{eV}$

$\lambda_{K\alpha} = 0{,}155\,\text{nm}$ $\lambda_{K\beta} = 0{,}140\,\text{nm}$ $\lambda_{K\beta(2)} = 0{,}140\,\text{nm}$

Tabulkové hodnoty:

$E_{K\alpha} = 7990eV$ $E_{K\beta} = 8850\,\text{eV}$

$\lambda_{K\alpha} = 0{,}154\,\text{nm}$ $\lambda_{K\beta} = 0{,}139\,\text{nm}$

nemáme tabulkové hodnoty

Závěr

Tato metoda se používá k určování složení neznámých vzorků. Metoda je jednoduchá a přitom velice přesná, což dokazují i naše měření. Proto se na řešení podobných problémů hodila.

Poděkování

Velké poděkování patří FJFI ČVUT za propůjčená místa, pomůcky a organizaci.
Konzultace a odborné přednášky poskytli: Ing. V.Svoboda, Doc. Z.Maršák, D.Tlustý a Ing L. Novák
Neopomenutelné bylo finanční zajištění od rodičů.

Reference:

[1] MARŠÁK Z. : *Měření rentgenového spektra Cu anody* http://www.fjfi.cvut.cz/k402/fyztyd/aktual/

[2] *Phywe series of publications.Phywe.University Labory Experiments PHYSICS* http://www.fjfi.cvut.cz/k402/fyztyd/aktual pp.5.4.1.

Měření radonu v jeskyních

E. Janská. Gymnázium Brno, tř. Kpt. Jaroše 14,
eva.janska@seznam.cz
E. Žišková, Gymnázium T.G.Masaryka, Frýdek Místek
L. Srnka, Gymnázium Brno, tř. Kpt. Jaroše 14
L. Chvátal, Gymnázium Brno-Bystrc, Vejrostova 2

supervizoři:
RNDr. L. Thinová, E. Brandejsová, Ing. Z. Berka
FJFI ČVUT, Břehová 7, Praha 1

Abstrakt

Cílem roční práce, z které jsme se účastnili pouze 1/12, je zjištění původu nadměrného množství radonu v Bozkovských jeskyních pomocí zkoumáním proudění a aktuálních koncentrací radonu v jednotlivých částech jeskyně, popřípadě v půdě nad ní. Voda jako zdroj byla měřením vyloučena. Z předchozích měření vyplývá, že koncentrace radonu ve vzduchu v jeskyni se v zimě oproti létu snižuje, což je děj opačný k ději probíhajícímu v budovách. Příčinou může být změna venkovních teplot a tím pádem i proudění v jeskyni během jednotlivých ročních období.

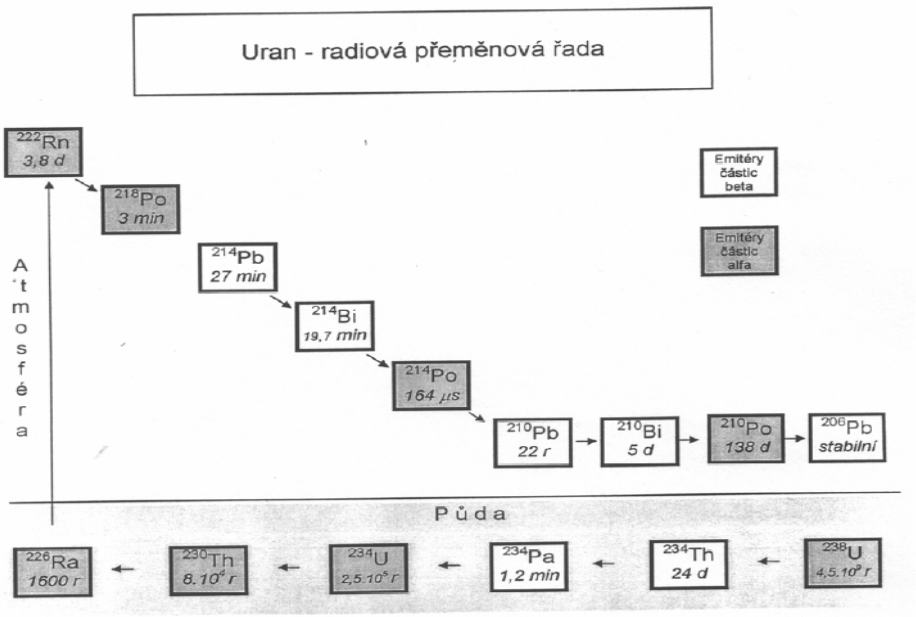
1 Úvod

Co je to radon? Jak vzniká? Proč si všímáme jeho a ne třeba thoria? Kde ho najdeme? Škodí zdraví? Jak ho měříme? Co se děje v Bozkovských jeskyních a proč? Ohrožuje zde nadměrná přítomnost radonu zdraví průvodců?

2 Radon

Radon je radioaktivní vzácný plyn s protonovým číslem 88, který se volně vyskytuje v půdě, ve vzduchu i ve vodě a který je členem rozpadové řady uranu ^{235}U.

Uran je běžnou součástí hornin (prům. 4 g na tunu). Jedná se o radioaktivní prvek (radioaktivita je schopnost některých druhů atomových jader, samovolně se přeměňovat na jiná jádra), jehož poločas rozpadu (doba, za kterou se rozpadne polovina množství radioaktivního prvku) je $4{,}5 \cdot 10^9$ roku. Produkty rozpadu uranu tvoří tzv. uranovou řadu (obr.1), v níž je mezi těžkými kovy jediný plyn - radon.



Obr.1

Při rozpadu složitějších jader na jednoduší se uvolňuje gama a alfa nebo beta záření.
záření alfa:Jde v podstatě o atomová jádra $_2^4He$. Zdrojem záření alfa jsou těžké radionuklidy a energie těchto částic je řádové v jednotkách megaelektronvoltů (MeV), to odpovídá počátečním rychlostem řádu 10^7 m/s. Protože částice alfa nesou dva elektrické náboje, při průchodu prostředím silně ionizují a velmi rychle ztrácejí svoji energii. Dosah záření alfa je proto značně omezen. Ve vzduchu činí jenom několik milimetrů, ve vodě nebo v tkáni jenom zlomky milimetrů.
Záření beta je tvořeno tokem elektronů. Jde o částice lehké, jejichž dosah v látce je větší.
záření gama je tvořeno fotony. Na rozdíl od předchozích dvou typů jde o tzv.nepřímo ionizující záření, kdy při průchodu látkou jsou produkovány elektrony (tzv. sekundární částice) o příslušné energii, které teprve způsobují nějaké měřitelné efekty.

Radon (^{222}Rn) sám o obě není nijak nebezpečný, ale jeho produkty rozpadu mohou způsobit rakovinu plic. Jsou-li jeho rozpadové produkty usazené na aerosolových nebo prachových částicích vdechnuty, zůstávají v dýchacích cestách, resp. v plicních sklípcích. Zde napadají sliznici alfa a beta zářením (viz pod Obr. 1) z jejich rozpadu.

Jelikož radon „uniká“ z půdy, vody i ze stavebních materiálů provádí se měření jeho koncentrace v domech. Jako opatření při jeho mírně zvýšené koncentraci (více než 400 *Bq/m^3) se častěji větrá, v těžších případech se používají speciální fólie nebo řízená ventilace. Rozdílnost jeskyní spočívá v tom, že je zde konzervativní prostředí (pouze malé proudění vzduchu - řádově centimetry za sekundu - způsobené venkovními změnami tlaků a teplot) a tudíž se zde radon hromadí. Toto množství není nebezpečné pro návštěvníky, ale průvodci jsou vysokému radioaktivnímu záření vystaveni delší dobu a to je může zařazovat mezi osoby pracující v rizikovém prostředí. Úkolem série dvanácti měsíčních měření, z nichž se my účastníme pouze jednoho, je zjistit, zda průvodce do této skupiny opravdu zařadit. Problém vysoké koncentrace radonu má polovina z dvanácti veřejně přístupných jeskyní v České republice.

*Radionuklid má aktivitu 1 Bq (Bequerel - čti bekerel), jestliže v něm dochází průměrně k jedné radioaktivní přeměně určitého typu za jednu sekundu.

3 Měření radonu

V Bozkovské jeskyni jsou instalovány měřící přístroje integrální (zisk průměrné hodnoty za delší časový interval, např. fóliové stopové detektory alfa částic) a kontinuální (měření teploty, tlaku, vlhkosti, objemové aktivity Rn v intervalech 30 min. – přístroj Radim). Mimo toho se od dubna v rozmezí jednoho měsíce zjišťují okamžité hodnoty koncentrací, rychlosti proudění vzduchu a teploty ve vybraných částech jeskyně.

Aktivita samotného radonu se měří pomocí ionizačních komůrek. Do těch se napustí zkoumaný vzduch a po patnácti minutách, kdy prakticky vymizí rychle se rozpadající dceřinné produkty, se dle vodivosti uzavřeného vzduchu určí aktivita radonu (odečtením z displeje kalibrovaného měřidla).

Naproti tomu přístrojem PSDA se zkoumají aktivity dceřinných produktů, na filtr se nechají sáním zachytit aerosoly, na nichž jsou tyto zachyceny. Jejich celková se aktivita po jistých časových intervalech změří a dle ní se spočtou aktivity příslušející jednotlivým produktům.

4 Výsledky

První tabulka ukazuje jednotlivé měrné aktivity dceřinných produktů rozpadu Rn, určené pomocí PSDA (Bq/m^3).

JESKYNĚ	Vánoční	Novoroční	Peklo	Jezero	Překvapení 1	Překvapení 2
218 Po	12970	29970	4338	4492	1159	241
214 Pb	4832	10617	3431	2740	576	153
214 Bi	2571	4533	3317	1812	337	442
ekv. akt Rn	4826	10330	3483	2572	3046	272

Následují dávky gama záření ve vybraných částech jeskyně. Dávky vcelku odpovídají běžnému pozadí, z toho plyne, že uranu je v jeskyních srovnatelné množství jako v okolí.

JESKYNĚ	Vánoční	Novoroční	Peklo	Jezero	Překvapení 1	Překvapení 2
μSv/h	0.11	0.45	0.22	0.21	0,10	0.11

Ionizační komůrky poskytly tyto údaje o měrných aktivitách radonu v jeskyních.

JESKYNĚ	aktivita [kBq/m^3]
Jezero	9,6
Překvapení 21	6,5
Překvapení 22	5,5
Překvapení 23	6,5
Peklo	29,0
Loupežnická	20,0
Kaple	8,9

5 Shrnutí

Naše výsledky budou použity pro další výpočty dlouhodobého měření, jehož výsledkem má být zpřesnění výpočtu radiační zátěže pro průvodce v jeskyních, které bylo doposud počítáno dle modelu pro běžné budovy.

Poděkování

Děkujeme RNDr. L. Thinové, E. Brandejsové, Ing. Z. Berkovi za veškerou pomoc a informace, které nám poskytli, a V. Svobodovi, CSc. za možnost zúčastnit se Fyzikálního týdne.

Reference:

[1] RNDr. Ladislav Moučka: *ZDROJE A TRANSPORT RADONU V BUDOVÁCH,* http://mars.fjfi.cvut.cz/~berka/ft/radon.pdf
[2] http://www.hyperlink.cz/radon
[3] Zdeněk Berka*: ZÁKLADY A PRINCIPY DETEKCE RADONU http://mars.fjfi.cvut.cz/~berka/ft/detekce.pdf*

Rezonanční jevy na mechanických a elektrických systémech

Mirek Zelený – Gymnázium Matyáše Lercha, Brno
Jaroslav Pavuk – Gymnázium Plasy
Jan Hlous – Gymnázium Plasy
Supervizor: Ing. Ibrahima Ndiaye

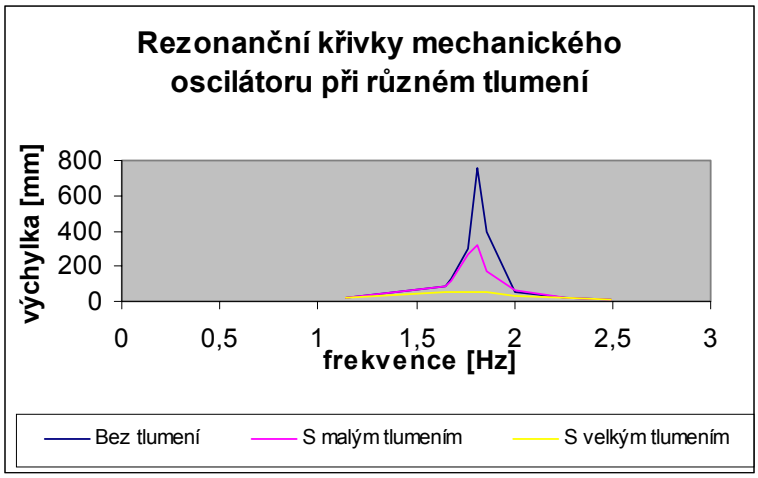
Projekt se zabývá rezonančními jevy pozorovanými jak v mechanických, tak v elektrických soustavách. Tyto jevy se vyskytují v přírodě i v technické praxi, v nichž mají velký význam souvisící s jejich uplatněním v různých oborech např. v telekomunikaci, projektování staveb, elektronice, jaderné fyzice atd., což je důvod, abychom se alespoň částečně prakticky seznámili s jejich základním popisem, principem a základními charakteristikami.
V tomto experimentu jsme zkoumali rezonanční jevy na dvou pružinách o tuhostech k_1=6,5 N. m^{-1} a k_2=9,78 N. m^{-1} a následně i na paralelním rezonantním RLC obvodu, jehož rezonanční křivku jsme proměřili při různých indukčních hodnotách a při různých hodnotách odporu. Ověřili jsme jistou analogii mezi parametry mechanickými a elektrickými. Např. odporu v elektrickém obvodu odpovídá magnetické tlumení v mechanickém systému, podobně magnetická indukce cívky je ekvivalentní hmotnosti závaží.

Úvod

Pokud vychýlíme mechanický oscilátor z rovnovážné polohy silovým impulsem, začne kmitat frekvencí, kterou nazýváme vlastní frekvence oscilátoru. Tato frekvence zůstává konstantní po dobu kmitání, zatímco velikost vychýlení s časem exponenciálně klesá. Hodnota vlastní úhlové frekvence závisí na hmotnosti závaží a tuhosti pružiny a je vyjádřena vztahem $\omega_0=\sqrt{k/m}$. Pokud dodáváme pružině harmonické silové impulsy s frekvencí rovnou vlastní frekvenci, dochází náhle k výraznému zesílení výchylky oscilátoru. V tomto případě mluvíme o rezonanci.
Podobný jev nastává i v případě elektrického LC obvodu.

Mechanický oscilátor

Pohyb harmonického oscilátoru můžeme obecně popsat následující rovnicí: F= m.a. Ovšem F= -k.y - h.v, kde F je síla působící na oscilátor, m hmotnost závaží, k tuhost dané pružiny, y výchylka z rovnovážné polohy, h koeficient tření a v rychlost. Z toho vyplývá obecná pohybová rovnice: $\frac{\mathrm{d}2y}{dt2}+2\delta\frac{dy}{dt}+\omega_0^2 y = 0$, kde δ představuje koeficient útlumu.
Při práci s mechanickým oscilátorem jsme nejprve stanovili vlastní frekvenci oscilátoru. Potom jsme pomoc vnějšího budiče působili na oscilátor pravidelnými impulsy a pomocí 2048 fotocitlivých prvků CCD (charged coulped device) jsme zaznamenávali velikosti výchylky oscilátoru. Toto jsme opakovali pro různé stupně tlumení (nulový, malý, větší) a dostali jsme tyto rezonační křivky.



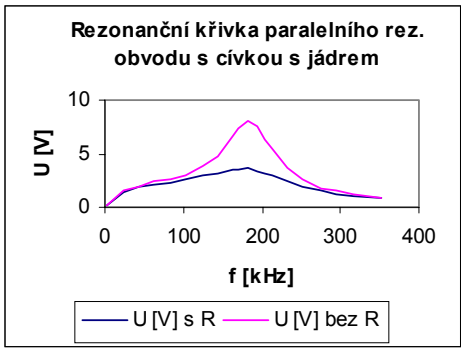
Elektromagnetický oscilátor

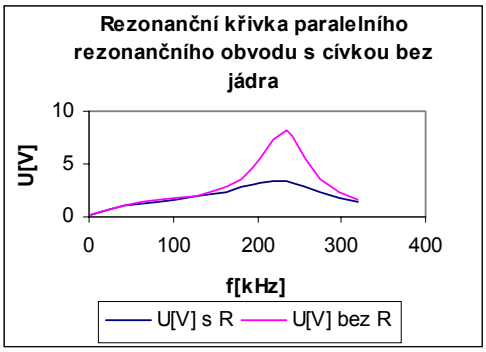
Podobně jako u mechanických oscilátorů obecná rovnice popisující chování elektromagnetického oscilátoru má následující tvar: $U_L+U_C+U_R = 0$

$$\frac{d2I}{dt2}+\frac{RdI}{Ldt}+\frac{1}{LC}=0$$

Vlastní frekvenci oscilačního obvodu můžeme vyjádřit vztahem: $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}-(\frac{R}{L})2}$

Provedli jsme měření RLC obvodu, kde R=4kΩ, C=500pF, L – bez jádra = 0,36mH, - s jádrem = 0,59mH. Uskutečnili jsme 4 měření, pokaždé v jiné kombinaci parametrů součástí.





Závěr

Ověřili jsme, že všechny oscilátory se řídí stejnými fyzikálními principy, pouze fyzikální veličiny, které je popisují jsou odlišné. Např. odporu v elektrickém obvodu odpovídá magnetické tlumení v mechanickém systému, podobně magnetická indukce cívky je ekvivalentní hmotnosti závaží a kapacita kondenzátoru odpovídá tuhosti pružiny.

Použitá literatura

1. EMANUEL SVOBODA A KOLEKTIV: *Přehled středoškolské fyziky* Prometheus, 1996
2. ZDENĚK HORÁK: *Praktická fyzika* Státní nakladatelství technické literatury, 1957
3. KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY:*Fyzikální praktikum II* ČVUT v Praze, 1989

Doutnavý výboj – zápalné napětí

Petr Veverka[1]
David Šubrt[2]
Vlastimil Kůs[3]

[1] Gymnázium Žatec; [2] Gymnázium Děčín; [3] VOŠ a SPŠE Plzeň
[1] magnusdeus@atlas.cz; [3] v.kus@atlas.cz

Supervisors: prof. Ing. Jaroslav Král, CSc.; RNDr. Jan Proška
Katedra fyzikální elektroniky FJFI ČVUT v Praze

Abstrakt:

Při určité hodnotě napětí mezi elektrodami ve výbojové trubici přechází nesamostatný elektrický výboj v plynu v samostatný výboj, což znamená, že již není zapotřebí působení ionizátoru k ionizaci plynu. Naše práce spočívala ve zjištění této hodnoty napětí v závislosti na vzdálenosti elektrod a hodnotě tlaku v trubici. Měření ukázala, že velikost zápalného napětí je funkcí součinu tlaku plynu a vzdálenosti elektrod.

1 Úvod

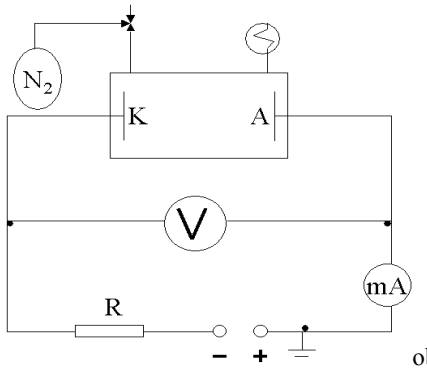
Plyn za normálních podmínek je elektricky nevodivý. K vytvoření nosičů náboje je třeba ionizace, což je generace páru elektron – kation. Tím se plyn stává vodivým prostředím. Prostředí plynu je vždy ionizováno působením vnějších činitelů např. kosmickým zářením nebo zemskou radiací, ale počet nabitých částic je malý a rekombinují navzájem, a proto má plyn velmi malou vodivost. V uzavřené trubici opatřené elektrodami můžeme upravit podmínky tak, že je možné pozorovat výboj. Uvolněné elektrony jsou urychlovány působícím napětím, čímž získávají určitou kinetickou energii. Je-li dostatečně veliká, jsou elektony schopny ionizovat další atomy. V tuto chvíli již není třeba působení vnějšího ionizátoru na plynné prostředí. Dosáhli jsme tzv. zápalného napětí U_z. Nastává samostatný výboj. Kladné iony jsou přitahovány katodou a po dopadu způsobí emisi elektronu.

2 Experiment

Zařízení:

K měření jsme užili skleněné hermeticky utěsněné trubice naplněné dusíkem N_2 a opatřené měděnými elektrodami. K čerpání tlaku jsme použili dvoustupňovou rotační a

difuzní olejovou vývěvu. Tlak plynu se měnil připouštěním přes jehlový ventil. Hodnotu tlaku nám zobrazoval Piraniho vakuometr (obr.1).



obr. 1

Průběh experimentu:

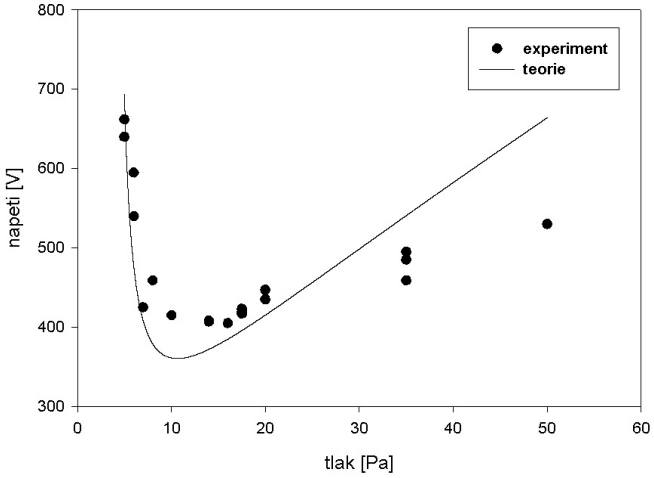
Nastavili jsme konstantní vzdálenost elektrod 8 cm a proměřovali zápalné napětí v závislosti na rostoucím tlaku. K zapálení výboje došlo až při tlaku 5 Pa a při napětí 660 V. Měření jsme ukončili na tlaku 50 Pa, čemuž odpovídalo napětí 530 V.

Výsledky:

Od počátku měření až do 16 Pa klesala hodnota zápalného napětí s rostoucím tlakem, jelikož se postupně zvětšoval počet iontů vzniklých ionizačními srážkami elektronů s molekulami plynu. Dále se od hodnoty 16 Pa zápalné napětí zvyšovalo, neboť rostla hustota plynu v trubici a tím se zkracovala střední volná dráha elektronů mezi dvěma po sobě následujícími srážkami. Změřené hodnoty zápalného napětí jsou vyneseny do grafu (graf 1), na kterém je současně zobrazena teoretická křivka - Paschenova [1].

Diskuse:

Rozptyl experimentálních bodů v blízkosti minima je pravděpodobně způsoben nestálostí tlaku v trubici. V této oblasti končila čerpací schopnost difuzní vývěvy. Pro vyšší tlaky byla trubice čerpána přímo rotační vývěvou.



graf 1

3 Shrnutí

Měření nám ukázala jak závisí hodnota zápalného napětí na tlaku a vzdálenosti elektrod ve výbojové trubici. Zjistili jsme, že nejmenší hodnota zápalného napětí je při tlaku přibližně 16 Pa při konstantní vzdálenosti elektrod 8 cm. Tuto hodnotu jsme naměřili 405 V.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali všem pracovníkům katedry, zejména panu prof. Ing. Jaroslavu Královi, CSc a panu RNDr. Janu Proškovi za nesmírnou ochotu a pomoc.

Reference:

[1] Rajzer, J.P.: Fyzika gazovogo razrjada Nauka, Moskva1987, str.322

Základní experimenty s lasery

R. Gracla[1], P. Novotný[2], M. Pilát[1], F. Roth[3], M. Slavík[4]

[1] Slovanské gymnázium Olomouc, tř. Jiřího z Poděbrad
[2] Gymnázium Brno, Vídeňská 47
[3] Gymnázium Brno, tř. kpt. Jaroše 14
[4] První soukromé jazykové gymnázium v Hradci Králové

Abstrakt:
Miniprojekt Základní experimenty s lasery byl zaměřen na zkoumání interferenčních jevů, které vznikají průchodem paprsku He-Ne laseru přes jednoduchou či vícenásobnou štěrbinu, optickou mřížku nebo odrazem od odrazné mřížky CD-ROM a DVD-ROM datových nosičů; Michelsonův pokus.

1 Úvod

Cílem experimentů bylo hledání odpovědí na otázky:

„Jaká je struktura interferenčních obrazců při ohybu laserového paprsku na jednoduché nebo vícenásobné štěrbině a optické mřížce ?“
„Jaká je hustota záznamu CD-ROM a DVD-ROM ?“
„Jak probíhá a jak vychází Michelsonův experiment ?“

2 Měření

Interferenční jevy při ohybu na štěrbině

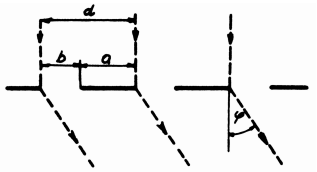
Laserem jsme namířili na štěrbinu o známé šířce. Na stínítku se objevily interferenční obrazce, na kterých bylo možné pozorovat maximum nultého řádu, které mělo největší intenzitu, dále maxima 1.,2.,… řádu, symetricky uspořádané od nultého maxima.

Pro maximum *k*-tého řádu platí:

$\sin\varphi = \frac{\lambda(2k+1)}{2a}$, kde *a* je šířka štěrbiny a úhel φ získáme:

$tg\varphi = \frac{d}{l}$, kde *d* je vzdálenost maxima *k*-tého řádu od maxima nultého řádu a *l* je vzdálenost interferenčního obrazce od štěrbiny.

Interferenční jevy při ohybu na optické mřížce



Obr. 9.2
Mřížka

Mřížka je systémem mnoha shodných rovnoběžných štěrbin o šířkách *a*, mezi nimiž je nepropustná mezera o šířce *b*. Charakteristikou optické mřížky je mřížková konstanta $d=a+b$

Laserem jsme namířili na optickou mřížku. Na stínítku se objevily charakteristické interferenční obrazce.

Na základě známé vlnové délky laserového paprsku lze vypočítat mřížkovou konstantu *d* pomocí vzorce:

$\sin\varphi = \frac{k\lambda}{d}$, kde φ je úhel odpovídající odchylce paprsku *k*-tého maxima od paprsku nultého maxima.

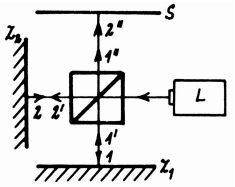
Výpočet mřížkové konstanty CD-ROM a DVD-ROM

Při odrazu paprsků od odrazné mřížky CD-ROM a DVD-ROM dochází ke stejnému interferenčnímu jevu jako u optické mřížky, protože mají podobnou strukturu. Proto lze mřížkovou konstantu odrazné mřížky těchto nosičů vypočítat stejnými vzorci jako u optické mřížky

Tabulka výsledků

datový nosič	mřížková konstanta (nm)	počet drážek na 1 mm
CD-ROM [1]	1542,76	648,19
CD-ROM [2]	1617,60	618,20
DVD-ROM	717,09	1394,53

Michelsonův interferometr



Obr. 9.4
Michelsonův interferometr
Z_1, Z_2 jsou zrcadla
A je dělič svazku
S je stínítko
L je laser

Prochází-li laserový paprsek přes soustavu polopropustného rozhraní a dvou rovinných zrcadel, vzniká na stínítku složením dílčích svazků interferenční obrazec. Po jeho zvětšení rozptylnou čočkou, vloženou mezi dělič svazků a stínítko, lze pozorovat systém maxim a minim intenzity (kroužky nebo proužky).

3 Závěr

Základní experimenty s lasery umožňují využít délkových měřidel ke zjištění vlnové délky laserového paprsku, pozorovat strukturu interferenčních jevů při ohybu na různých štěrbinách, výpočet mřížkové konstanty optické mřížky nebo následně hustoty drážek na odrazné mřížce některých datových nosičů a také provedení Michelsonova pokusu.

Reference:

[1] BROŽ,J. A KOL. *Základy fyzikálních měření (I)* SPN 1983

[2] MÁDR,J.-KNEJZLÍK,J.-KOPEČNÝ,J.-NOVOTNÝ,I. *Fyzikální měření* SNTL 1991

Využití vědecké vizualizace ve fyzice mikrosvěta

V. Cviček, Gymnázium Petra Bezruče, F-M, v@matfyz.cz
A.Kresta, Gymnázium Petra Bezruče, F-M, ales.kresta@seznam.cz
P. Lepík, Gymnázium Petra Bezruče, F-M, pavel.lepik@seznam.cz
B.Marková, Gymnázium T.G.M., Hustopeče
O. Petřík, Gymnázium Olomouc

supervisor: Prof. Ing. Ladislav Drška. CSc
Dr. Ing. Milan Šiňor
Katedra fyzikální elektroniky FJFI ČVUT
V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8

Abstrakt:

Počítače tvoří nezanedbatelnou součást fyziky. Vyzkoušeli jsme si vědeckou rutinní práci, při seznamování se s Planckovým zákonem a Rutherfordovým modelem atomu. Výstupem je několik zajímavých grafů zobrazujících dané závislosti. Zjistili jsme také, že práce na počítači může být problém sama o sobě.

Úvod

V současné době patří počítače a fyzika k sobě a jeden bez druhého si nedovedeme představit. Například vizualizace přináší nadhled na fyzikální problémy a pomáhá vytvářet závěry a přehledy. Vzhledem k zajímavému vývoji teorií o vyzařování černého tělesa jsme se pokusili názorně ukázat popisy Plancka, Wiena a Rayleigh-Jeanse. Dále jsme se zabývali Rutherfordovým modelem atomu a zobrazíme myšlenou dráhu α-částic.

„Naše práce“

Použili jsme matematický systém Maple. Dále jsme se také dozvěděli o konkurenčních programech jako je Mathematica, Advanced Grapher či Scilab. Pracovali jsme převážně pod operačním systémem Linux, také pod Windows a k získaváni informací z internetu jsme využívali Netscape Navigator a Internet Explorer. K prezentaci byl použit MS PowerPoint.

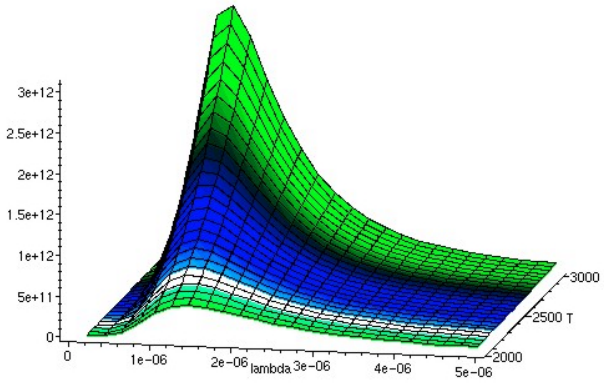
Otázka záření černého tělesa!?

Pro popis dějů spojených s vyzařováním energie je zavedena fyzikální abstrakce – černé těleso. Základní vlastností tohoto tělesa je, že dokonale pohlcuje veškerou energii, která na těleso dopadá. Vlastnostem černého tělesa se nejvíc blíží dutina, jejíž vnitřní povrch tvoří matná černá plocha. Když otvorem v dutině pronikne dovnitř elektromagnetické záření, při opakovaných odrazech od stěn dutiny se veškerá energie záření pohltí. Otvor dutiny se pak jeví jako černé těleso. Při určité teplotě T vyzařuje černé těleso do okolí elektromagnetické vlnění různých vlnových délek. Protože vlnění různých vlnových délek nemají stejnou intenzitu. je důležité určit spektrální charakteristiku zdroje záření. S použitím kvantové teorie odvodil Max Planck pro toto vztah (1):

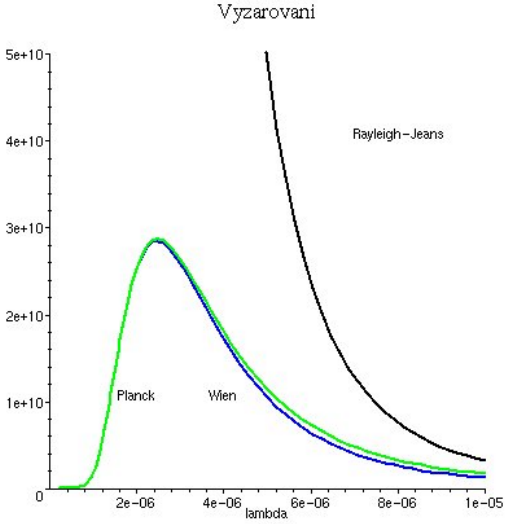
$$R := 2\frac{\pi c^2 h}{\lambda^5\left(\mathbf{e}^{\left(\frac{hc}{\lambda k T}\right)} - 1\right)},$$

kde λ je daná vlnová délka. Pro pochopení této závislosti bude určitě vhodné nakreslit obrázek 1.

Obrázek 1: Planckův vztah



Význam Planckova objevu byl obrovský – začíná jím kvantový pohled na fyziku. Ale jeho výsledek můžeme porovnat s řešením jiných vědců té doby (obrázek 2). Je důležité též poznamenat, že Planckův vztah vyhovuje experimentu (na rozdíl od ostatních).

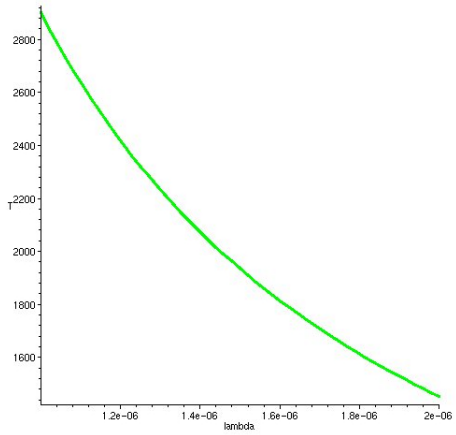


Obrázek 2: Vyzařovací charakteristika podle různých vědců.

Dopředu byly známy ještě jiné vlastnosti vyzařovacích charakteristik. Např. Wienův posunovací zákon, který pro černé těleso o teplotě T stanoví vlnovou délku, která se nejvíce vyzařuje:

$$\lambda T = 0{,}00290$$

(v jednotkách SI).



Obrázek 3: Wienův posunovací zákon

Podíváme-li se na vztah (1), můžeme i z něj vyjádřit vlnovou délku maximálního vyzařování. Bohužel nestačí položit derivaci rovnu 0, protože získáme transcendentní rovnici. Ale její numerické řešení dává stejný výsledek.

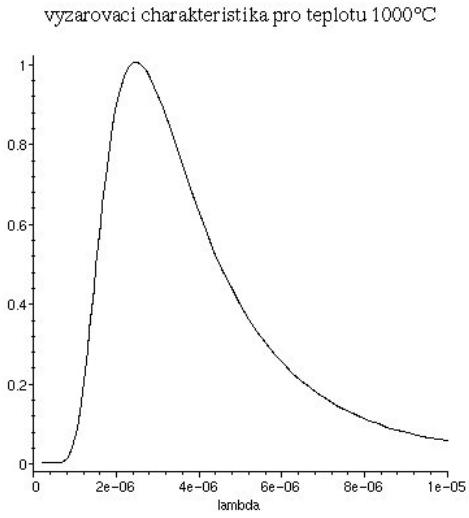
Poslední ověření Planckova zákona provedeme na Stefan-Boltzmannově zákoně, který říká, že celkový vyzařovaný výkon černého tělesa o teplotě T je úměrný T^4:

$$P = \sigma S T^4,$$

kde σ je Stefan-Boltzmannova konstanta a S plocha tělesa.

Tento výsledek dostane integrováním vztahu (1) pro vlnové délky od 0 do „nekonečna“. Pro dobrou představu integrálu dobře poslouží opět graf – daný integrál, tj. celková vyzářená energie je vlastně jenom plocha pod grafem na obrázku 4.

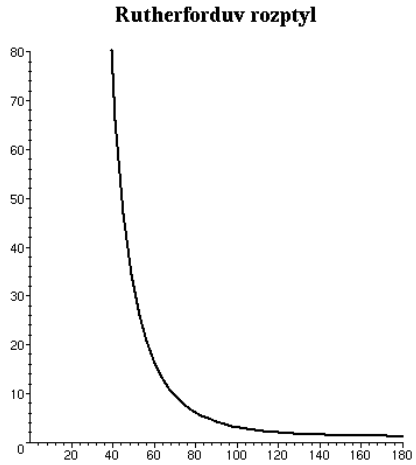
Obrázek 4



Rutherfordův model atomu

Podobně jsme se zabývali i Rutherfordovým pokusem, při kterém se tenká zlatá fólie ostřeluje částicemi α. Není obtížné si vymodelovat závislost, která ukazuje množství částic vylétávajících z fólie pod daným úhlem (obrázek 5.)

Obrázek 5



Zajímavý by samozřejmě byl i model průletu částice v okolí atomů fólie. Toto jsme, ale nemodelovali (mj. kvůli problémům s ovládacími prvky programu Maple) a dali jsme přednost závislosti, kterou můžeme prakticky ověřit.

Shrnutí

Většina naší činnosti se týkala Planckova zákona pro záření černého tělesa. Ukázalo se, že počítačová grafika může rychle ukázat rozdíly mezi jednotlivými teoriemi a také velmi pomůže při jejich porovnávání s experimentem. Bohužel jsme dané vztahy neodvodili sami, ale jen jsme si dělali jejich přehled na počítači.

Co se týče samotné práce, setkali jsme se s velkými problémy způsobené nekompatibilitou mnoha vlastností operačních systémů Linux a Windows – od systémů souborů po ovladače klávesnice.

Poděkování

Děkujeme panu profesorovi Ladislavovi Drškovi a panu doktorovi Milanovi Šiňorovi za technickou a odbornou spolupráci na realizaci našeho miniprojektu.

Reference:

SVOBODA, E.: PŘEHLED STŘEDOŠKOLSKÉ FYZIKY, Prometheus, 1996, strany 403-450.

BEISER, A.: ÚVOD DO MODERNÍ FYZIKY, Academia, Praha 1978.

KRANE, K.: MODERN PHYSICS, USA 1996.

Franck-Hertzův pokus

O. Honzl[1], J. Křivánek[2], P. Kupilík[3], J. Seifrt[1], J. Zůda[4]
Supervizor:V. Pospíšil[5]

[1]Gymnázium Podbořany, [2]Gymnázium Vídeňská Brno, [3]VOŠ a SPŠE Plzeň, [4]Gymnázium tř. Kpt. Jaroše Brno, [5]Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

Abstrakt:

Franck-Hertzův pokus, jenž provedli pánové J. Franck a G. L. Hertz v letech 1912 až 1914, se stal jedním ze základních důkazů kvantové teorie. Roku 1925 za něj obdrželi Nobelovu cenu. Cílem našeho miniprojektu na Fyzikálním týdnu byla realizace pokusu a jeho teoretické vysvětlení.

1 Úvod

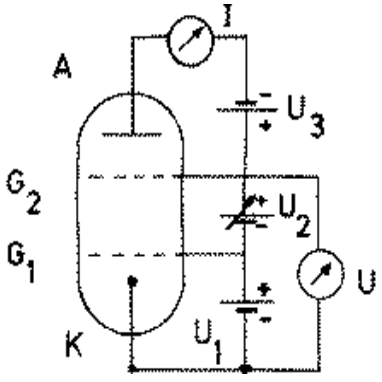
Na začátku dvacátého století se začaly formulovat první modely atomu předpokládající jeho složení z elektricky nabitých částí. Postupně se praktickými pokusy dokázala existence záporně nabitého obalu a kladně nabitého jádra (E.Rutherford). Další z teoretických návrhů, reagující na zjištění, že atomy vyzařují pouze diskrétní množství záření byl Bohrův model atomu, jenž položil základy kvantové fyziky. Právě Franck-Hertzův pokus dokázal kvantování energie do přesně určených množství, čímž potvrdil platnost některých základních Bohrových postulátů.

2 Realizace

Aparatura

Aparatura (viz obr. 1) s níž provedli J.Franck a G.L.Hertz svůj pokus a s níž jsme i my pouze s menšími obměnami provedli náš miniprojekt se skládá z následujících částí:

- *Trubice naplněná plynem* (rtuťovými parami v případě J. Francka a G.L.Hertze, v našem pokusu inertním plynem neonem)
- *Žhavící katoda (K)* - žhavená napětím $U_1 = 3{,}5V$, díky tomu z ní vyletují volné elektrony
- *Mřížky (G_1 a G_2)* – urychlují volné elektrony napětím U_2 (nastavujeme je od 0 do 80V)
- *Anoda (A)* – Mezi anodou a mřížkou G_2 je tzv. závěrné napětí (U_3) o hodnotě 9V, které zpomaluje elektrony na ni dopadající a tvořící proud I, který měříme a zaznamenáváme



Obr. 1

Fyzikální podstata

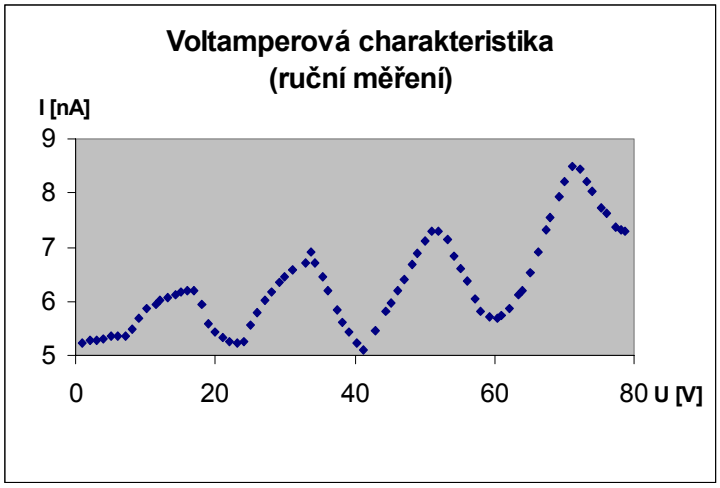
Necháme-li urychlený elektron srazit se s nějakým atomem (např.Hg nebo Ne) mohou nastat dva odlišné typy srážek – pružná a nepružná. Pokud je energie elektronů menší než je kvantum potřebné k excitaci (u Hg je to 4,89 eV, u Ne je to kolem 18 eV) dochází pouze k výměně kinetické energie a srážka je pružná. Jakmile však mají urychlené elektrony dostatečnou energii potřebnou pro zvýšení energetického stavu atomu, s nímž se srazí, dojde k nepružné srážce. Elektron odevzdá atomu určité kvantum energie, která se spotřebuje na excitaci elektronového obalu. Počet elektronů, které překonají závěrné napětí a doletí k anodě (viz. aparatura) se tím značně zmenší, což zaznamenáme prudkým poklesem proudu.

Při dalším zvětšování napětí U_2 roste počet elektronů, které dosáhnou anody – tím hodnota proudu opět narůstá, až při dvojnásobku napětí potřebného k urychlení volných elektronů na rychlost umožňující jim excitovat atomy Ne (zhruba 36V), dojde k dalšímu poklesu proudu. Tento jev je způsoben tím, že elektron postupně excituje dva atomy Ne. Takto můžeme zaznamenat libovolný počet poklesů proudů, pokud dodáme potřebné napětí o hodnotě celočíselného násobku popsaného „kritického napětí“.

Vzniklé atomy s vyšším energetickým stavem jsou nestabilní a po asi 10^{-18}s přecházejí jejich excitované elektrony do původních energetických hladin, což je doprovázeno vyzářením fotonů o vlnové délce odpovídající červenému světlu.

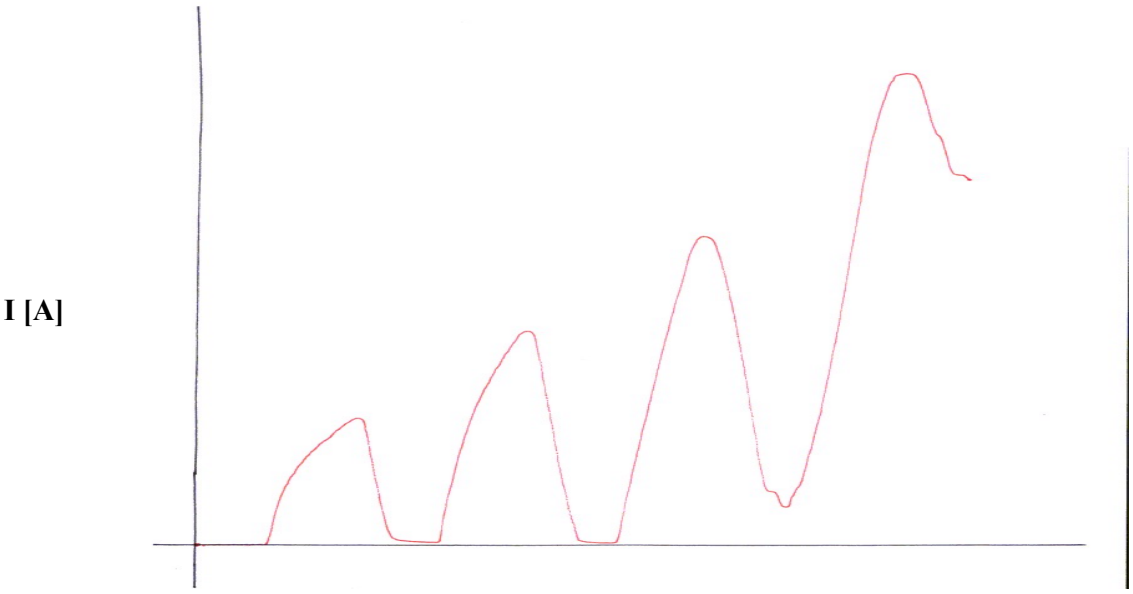
3 Výsledky měření

Naměřené hodnoty proudu I závisí na velikosti napětí U_2. Můžeme tedy tyto hodnoty nanést do grafu a sestrojit tak voltampérovou charakteristiku:



Z Grafu vidíme, že hodnota proudu I se zvětšuje s rostoucím napětím U_2 až do hodnoty, kdy začne docházet k excitaci atomů neonu. Prudké poklesy naměřeného proudu se v grafu pravidelně opakují po dosažení „kritických“ hodnot napětí U_2 – tj. celočíselných násobků napětí potřebného pro dosažení excitační energie.

Kromě ručního zaznamenávání hodnot do grafu můžeme použitou aparaturu připojit k xy-zapisovači. Voltampérová charakteristika má pak následující průběh:



Poznámka: u výše uvedeného grafu nelze hodnoty na osách přesně popsat, nicméně jednotlivá minima lze stanovit na ose x v celočíselných násobcích přibližně 18V.

Poděkování

Děkujeme všem organizátorům Fyzikálního týdne FJFI ČVUT, za laskavé propůjčení měřících přístrojů a vstřícnou pomoc při realizaci miniprojektu.

Reference:

[1] MATĚJKA K. *Vybrané analytické metody pro životní prostředí* ČVUT

[2] ŠTOLL I. *Fyzika mikrosvěta* Prometheus 1995 69-71

[3] NAVE C.R. *Franck Hertz experiment http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/FrHzL.html*.

[4] BEISER A., Úvod do moderní fyziky

Měření dosahu elektronů na klinickém lineárním urychlovači

Jana Macků [1],Eva Sedláčková [2], Tomáš Kolouch, Michaela Vrňáková [3]
[1] Anglo-Czech high school, České Budějovice1,[2] 1. SJG - gymnázium Hradec králové, [3] Gymnázium Benešov

Úvod

K léčbě nádorových onemocnění využíváme několik metod. Jednou z nich je radiační onkologie - radioterapie. Tento obor medicíny využívá biologických účinků ionizujícího záření na rakovinotvorné buňky s vyšší radiační citlivostí než mají okolní buňky zdravé tkáně. V radioterapii se uplatňují různé druhy ionizujícího záření: brzdné záření X, známé jako Rentgenovo, záření gama, jež využívá Lecsellův gama nůž, těžké nabité částice, neutrony a také elektronové záření, na které se zaměřujeme v našem projektu.

Elektronové záření používáme k ozařování nádorů, které se nacházejí v blízkosti povrchu těla, protože elektrony s postupným pronikáním do tkáně ztrácejí svou kinetickou energii.

Abychom co nejlépe využili působení elektronových svazků na oblast, kde se nachází nádor, musíme přesně znát jejich dosah (určený dodanou energií) v lidské tkáni. K určení dosahu elektronových svazků používáme speciální detektory. Protože jsou tyto detektory citlivé nejen na elektrony, ale i na fotony brzdného záření, není určení přesné hodnoty dosahu elektronů tak snadné. Proto je definován tzv. extrapolovaný dosah.

Cílem našeho experimentu je určit extrapolované dosahy elektronů ve vodě (simulující lidskou tkáň) pro všechny nominální energie svazků (v našem případě 6MeV, 9MeV, 12MeV, 16MeV, 20MeV) z námi naměřených procentuálních hloubkových dávkových křivek těchto svazků (graf 1).

Materiály a metody

Naše měření jsme prováděli na radioterapeutickém oddělení FN Motol. Experiment jsme provedli na klinickém lineárním urychlovači Varian CLINAC 2100C [1],[2] s použitím automatického vodního fantomu Welhoefer (voda je tkanivově ekvivalentní materiál blízký lidské tkáni), dvou polovodičových detektorů Scanditronix, PC s tabulkovým procesorem MS Excel a Origin.

Pomocí vodního fantomu jsme naměřili procentuální hloubkové dávkové křivky (PHD křivky) pro všech pět nominálních energií elektronových svazků. Rozdíl mezi hloubkovou dávkovou křivkou a procentuální hloubkovou dávkovou

křivkou tkví v tom, že u PHD křivky neměříme absolutní hodnotou absorbované dávky, ale pouze relativní odezvu pohyblivého polovodičového detektoru vůči odezvě pevného polovodičového detektoru umístěného na okraji elektronového svazku v závislosti na hloubce umístění pohyblivého detektoru ve vodním fantomu.

Při vyhodnocování dat a určování extrapolovaného dosahu z PHD křivky jsme postupovali tak, že jsme nejprve určili rovnici tečny ke křivce procházející jejím inflexním bodem a dále vypočítali rovnici tečny konečné části PHD křivky odpovídající odezvě detektoru od fotonů brzdného záření. Tímto postupem nám vznikl průsečík, jehož x-ová souřadnice (hloubka) odpovídá extrapolovanému dosahu elektronového svazku (graf 2).

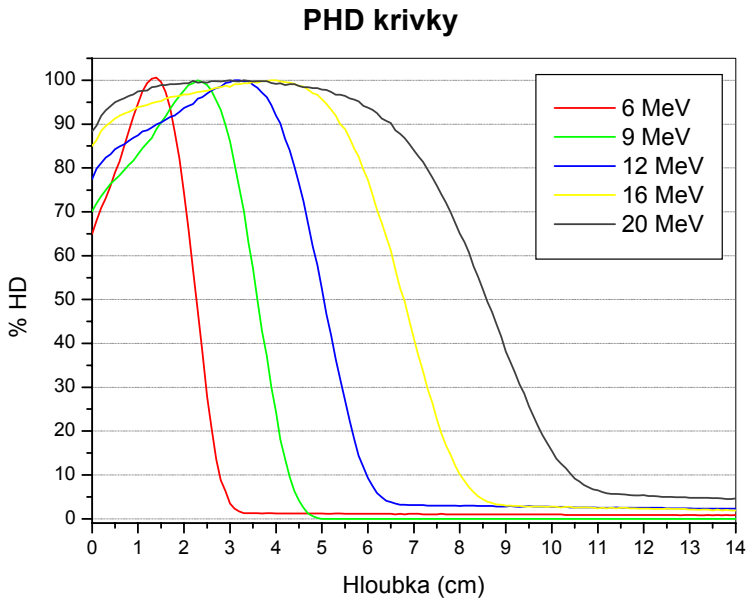
Výsledky

Určili jsme hodnoty extrapolovaného dosahu pro všech 5 nominálních energií elektronových svazků, které jsme porovnali s hodnotami určenými programem řídícího detekčního systému.

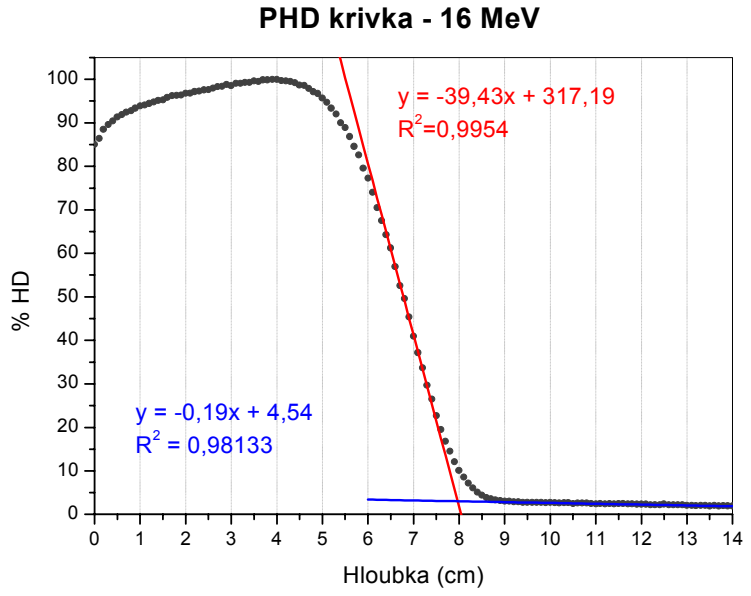
Shrnutí a diskuze

Výsledky námi naměřených hodnot, které jsou k dispozici v níže uvedené tabulce, se od programem řídicího detekčního systému stanovených hodnot odlišují v řádech desetin milimetru, což lze považovat za uspokojivý výsledek. Tento rozdíl je způsoben pouze rozdílným matematickým algoritmem, který počítá extrapolovaný dosah z PHD křivek, kdy jsme nahradili derivaci diferencemi s krokem 1 mm, což je pouze aproximace.

Energie	Hodnota určená systémem	Naše hodnoty
6 Mev	2,82 cm	2,81 cm
9 Mev	4,33 cm	4,36 cm
12 Mev	5,95 cm	5,97 cm
16 Mev	7,93 cm	7,97 cm
20 Mev	10,13 cm	10,22 cm



Graf 1) PHD křivky pro pět nominálních energií elektronových svazků



Graf 2) Metoda výpočtu extrapolovaného dosahu

Reference:

[1] http://www.varian.com
[2] http://www.irs.inms.nrc.ca/inms/irs/BEAM/egs_windows/sld003.htm

Poděkování:

Děkujeme radioterapeutickému oddělení FN Motol, že nám umožnilo měřit na klinickém urychlovači VARIAN CLINAC 2100C, dále děkujeme panu Ing. Vojtěchu Svobodovi za skvělou organizaci fyzikálního týdne, Mgr. Anežke Ridzikovej za poskytnuté informace a trpělivost.

Měrný náboj elektronu

Miroslav Frantes[1], Tomáš Hejda[2], Lukáš Mach[3],
Ondřej Maršálek[4], Michal Petera[5]

[1]miro11@seznam.cz; Gymnázium Benešov,
[2]tohe@centrum.cz; Gymnázium Christiana Dopplera, Praha 5
[3]machweb@seznam.cz; Gymnázium Kladno-Sítná
[4]marsaleko@gytool.cz; Gymnázium Olomouc-Hejčín
[5]mpj@centrum.cz; Gymnázium Voděradská, Praha 10

supervizor: Marie Svobodová, FJFI ČVUT Praha

Abstrakt

Měrný náboj elektronu je jednou ze základních fyzikálních konstant a přesné určení jeho hodnoty je nutné pro mnoho fyzikálních měření. Měrný náboj elektronu je možno určit z účinků magnetického pole na pohybující se elektrony. Lze použít magnetického pole podélného či příčného ke směru pohybu elektronového svazku. My jsme zvolili populárnější metodu — příčné magnetické pole.

1 Motivace

Jak už jsme naznačili, 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. Urychlené elektrony ionizují zředěný plyn, který podél trajektorie elektronu modře světélkuje.

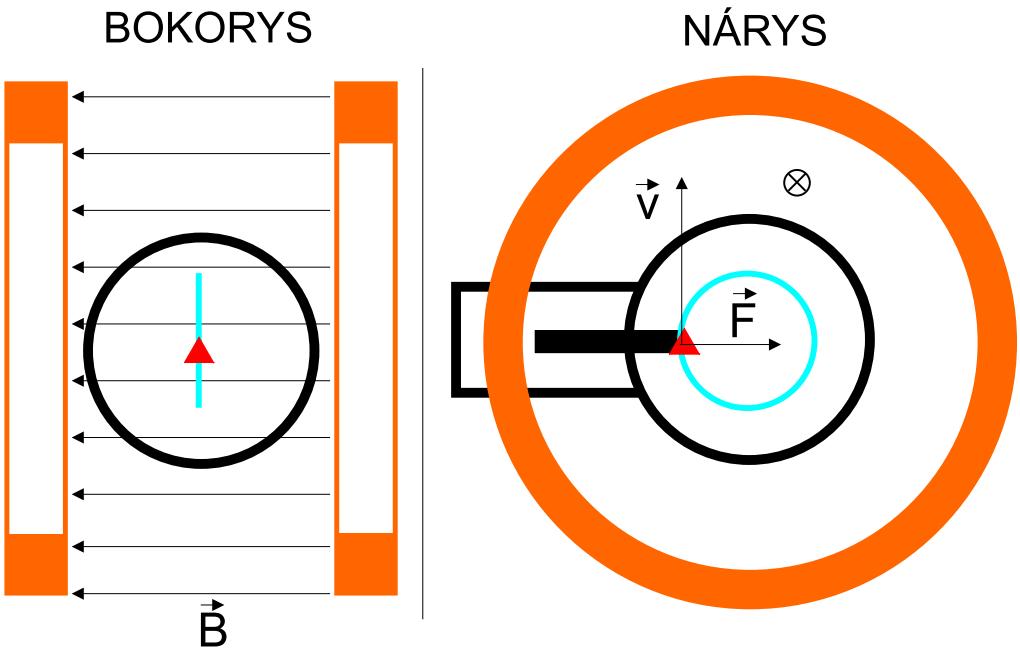
Hodnotu měrného náboje elektronu poprvé změřil J. J. Thompson roku 1897.

2 Aparatura

Při pokusu jsme použili následující vybavení.

- zdroje napětí (6,3 V ∼, 0-6 A =, 0-500 V =)
- Helmholtzovy cívky a katodová trubice vyráběné firmou Leybold-Heraeus
- měřící zařízení (zrcátko + stupnice)
- 2 tyčové magnety
- fotoaparát

Helmholtzovy cívky jsme připojili ke stabilizovanému stejnosměrnému zdroji s proudem volitelným v rozsahu od 0 do 6 A. Nepřímé žhavení katody jsme připojili ke zdroji 6,3 V. Urychlovací anodu jsme připojili ke zdroji s napětím volitelným v rozsahu od 0 do 500 V. Zapojení jsme provedli podle schématu dodaného výrobcem sady. Baňka katodové trubice je umístěna uprostřed Helmholtzových cívek tak, aby v místě pokusu bylo zajištěno homogení magnetické pole. Elektrony jsou z katody urychlovány ve směru kolmém na vektor magnetického pole cívek. Zapojení cívek je třeba volit tak, aby výsledná dostředivá síla směřovala do středu baňky.



Obrázek 1: Schéma aparatury

3 Teorie

Elektrony urychlované elektrickým polem získají energii

$$E = eU$$

Jedná se o kinetickou energii

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Vzorce sloučíme a vyjádříme výslednou rychlost elektronů po urychlení

$$v = \sqrt{2U\frac{e}{m}} \tag{1}$$

Rychlost elektronů po termoemisi z katody je ve srovnání s touto rychlostí malá, a proto ji můžeme zanedbat. Zároveň je však tato rychlost řádově 2–3 % rychlosti světla, tudíž nebudeme uvažovat relativistické vztahy.

Na elektron pohybující se pouze v magnetickém poli kolmo k jeho magnetickým indukčním čarám působí síla o velikosti

$$F_L = evB$$

Tato síla působí v každém okamžiku kolmo na směr pohybu elektronů i na směr magnetických indukčních čar, působí proto jako síla dostředivá podle vztahu

$$F_d = ma_d = m\frac{v^2}{r}$$

Síla magnetická se rovná síle dostředivé a po sloučení obou vztahů a dosazení rychlosti z rovnice (1) dostaneme vztah pro hodnotu měrného náboje elektronu

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}$$

Magnetická indukce Helmholtzových cívek je přímo úměrná součinu protékajícího proudu I a konstanty k dané geometrií cívek. V našem případě je hodnota konstanty

$$k = 7,81 \cdot 10^{-4}\ kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$$

Výsledný vztah pro měrný náboj elektronu tedy je

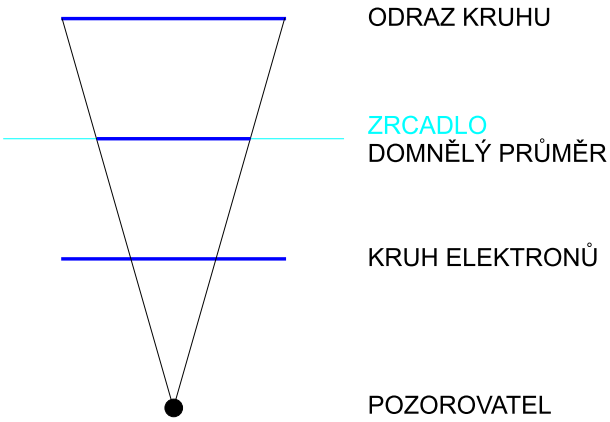
$$\frac{e}{m_e} = \frac{2U}{k^2 I^2 r^2}$$

Urychlovací napětí i proud v cívkách nastavíme a průměr kruhové trajektorie elektronů změříme pomocí měřítka, které je součástí sady.

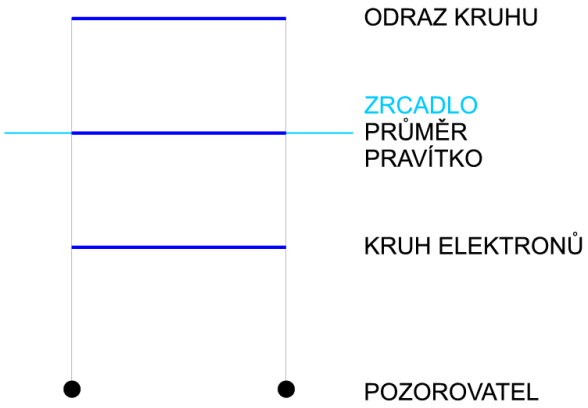
4 Měření a pozorování

Postupně nastavujeme zvolené hodnoty proudu v cívkách (0,75–2 A) a pro každou hodnotu volíme tři různé hodnoty urychlovacího napětí (celkem v rozsahu 80–200 V). Poloměr kružnice změříme a všechny hodnoty zaznamenáme do tabulky. Pro každé tři údaje vypočítáme hodnotu e/m a vypočteme průměr všech zjištěných hodnot.

V první části pokusu jsme zvolili nesprávný postup měření průměru kruhové trajektorie, což ilustruje přiložený nákres. Zjistili jsme však, že při pohledu z jednoho místa není možné průměr správně změřit. Proto jsme navrhli novou metodu měření průměru kružnice, která je znázorněna na druhém nákresu.
Pokud není směr elektronů zcela kolmý k vektoru magnetické indukce, mají elektrony složku rychlosti rovnoběžnou se směrem magnetické indukce. Tato složka není magnetickým polem ovlivněna a elektrony opisují šroubovici. Pokud navíc přidáme magnetické pole tyčových magnetů z různých směrů, trajektorie elektronů může dosáhnout značně komplikovaných tvarů. Pomocí jistých konfigurací lze také dosáhnout efektu magnetického zrcadla či magnetické pasti.



Obrázek 2: Nesprávný postup



Obrázek 3: Správný postup

5 Výsledky

V první části experimentu (měření 1–60), kdy jsme používali nevhodnou metodu měření průměru kružnice, jsme získali hodnotu $e/m = 2,91 \cdot 10^{11}\ C \cdot kg^{-1}$. Po úpravě metody měření (měření 61–72) jsme získali hodnotu

$$e/m = 1,65 \cdot 10^{11}\ C \cdot kg^{-1}$$

což je v dobré shodě s hodnotou uváděnou v literatuře, která je $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}\ C \cdot kg^{-1}$.

	$U[V]$	$I\,[A]$	$d_1\,[m]$	$d_2\,[m]$	$r\,[m]$	$e/m\,[10^{11}\,C{\cdot}kg^{-1}]$
1.	080	0,75	0,095	0,173	0,390	3,0659
2.	100	0,75	0,095	0,187	0,460	2,7547
3.	120	0,75	0,095	0,198	0,515	2,6373
4.	120	1,00	0,095	0,169	0,370	2,8741
5.	140	1,00	0,095	0,175	0,400	2,8690
6.	160	1,00	0,095	0,182	0,435	2,7724
7.	120	1,50	0,098	0,143	0,225	3,4543
8.	140	1,50	0,098	0,147	0,245	3,3989
9.	160	1,50	0,099	0,151	0,260	3,4492
10.	160	2,00	0,090	0,131	0,205	3,1209
11.	180	2,00	0,091	0,139	0,240	2,5616
12.	200	2,00	0,098	0,142	0,220	3,3872
13.	080	0,75	0,091	0,176	0,425	2,5817
14.	100	0,75	0,091	0,194	0,515	2,1978
15.	120	0,75	0,091	0,202	0,555	2,2709
16.	120	1,00	0,091	0,174	0,415	2,2846
17.	140	1,00	0,091	0,182	0,455	2,2173
18.	160	1,00	0,092	0,190	0,490	2,1850
19.	120	1,50	0,090	0,141	0,255	2,6893
20.	140	1,50	0,089	0,145	0,280	2,6023
21.	160	1,50	0,090	0,150	0,300	2,5907
22.	160	2,00	0,089	0,134	0,225	2,5907
23.	180	2,00	0,089	0,131	0,210	3,3458
24.	200	2,00	0,088	0,140	0,260	2,4252
25.	080	0,75	0,105	0,175	0,350	3,8067
26.	100	0,75	0,105	0,188	0,415	3,3846
27.	120	0,75	0,105	0,200	0,475	3,1002
28.	120	1,00	0,100	0,165	0,325	3,7251
29.	140	1,00	0,103	0,171	0,340	3,9709
30.	160	1,00	0,103	0,178	0,375	3,7306
31.	120	1,50	0,105	0,140	0,175	5,7101
32.	140	1,50	0,105	0,144	0,195	5,3654
33.	160	1,50	0,105	0,148	0,215	5,0441
34.	160	2,00	0,091	0,134	0,215	2,8373
35.	180	2,00	0,091	0,137	0,230	2,7892
36.	200	2,00	0,090	0,141	0,255	2,5212

	$U[V]$	$I\,[A]$	$d_1\,[m]$	$d_2\,[m]$	$r\,[m]$	$e/m\,[10^{11}\,C{\cdot}kg^{-1}]$
37.	080	0,75	0,097	0,174	0,385	3,1461
38.	100	0,75	0,097	0,187	0,450	2,8785
39.	120	0,75	0,097	0,198	0,505	2,7428
40.	120	1,00	0,092	0,165	0,365	2,9534
41.	140	1,00	0,092	0,172	0,400	2,8690
42.	160	1,00	0,092	0,180	0,440	2,7098
43.	120	1,50	0,097	0,145	0,240	3,0360
44.	140	1,50	0,097	0,150	0,265	2,9052
45.	160	1,50	0,097	0,153	0,280	2,9740
46.	160	2,00	0,091	0,135	0,220	2,7098
47.	180	2,00	0,091	0,137	0,230	2,7892
48.	200	2,00	0,091	0,141	0,250	2,6231
49.	080	0,75	0,097	0,176	0,395	2,9888
50.	100	0,75	0,097	0,186	0,445	2,9436
51.	120	0,75	0,102	0,200	0,490	2,9133
52.	120	1,00	0,095	0,174	0,395	2,5218
53.	140	1,00	0,095	0,180	0,425	2,5414
54.	160	1,00	0,095	0,181	0,430	2,8373
55.	120	1,50	0,094	0,142	0,240	3,0360
56.	140	1,50	0,094	0,147	0,265	2,9052
57.	160	1,50	0,094	0,151	0,285	2,8706
58.	160	2,00	0,075	0,153	0,390	0,8623
59.	180	2,00	0,072	0,158	0,430	0,7980
60.	200	2,00	0,070	0,155	0,425	0,9076
61.	200	2,00	0,089	0,152	0,315	1,6522
62.	180	2,00	0,089	0,150	0,305	1,5861
63.	160	2,00	0,089	0,146	0,285	1,6147
64.	160	1,50	0,089	0,161	0,360	1,7991
65.	140	1,50	0,089	0,160	0,355	1,6188
66.	120	1,50	0,089	0,155	0,330	1,6058
67.	160	2,00	0,089	0,145	0,280	1,6729
68.	180	2,00	0,089	0,148	0,295	1,6954
69.	200	2,00	0,089	0,153	0,320	1,6010
70.	120	1,00	0,089	0,188	0,495	1,6058
71.	100	1,00	0,089	0,180	0,455	1,5838
72.	080	1,00	0,089	0,167	0,390	1,7246

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat organizátorům Fyzikálního týdne, zvláště pak panu Vojtěchu Svobodovi za poskytnutí počítače, práci přesčas i za motivaci k revizi postupu a k zopakování pokusu. Také bychom chtěli poděkovat našemu supervisorovi slečně Marii Svobodové.

Reference

[1] Douglas Early and Conley Stutz: *Measurement of e/m by Measuring Radius of Path in Magnetic Field* http://www.bradley.edu/las/phy/labs/202lab/m.html

[2] Kolektiv katedry fyziky: *Fyzikální praktikum II pp.127-132, Ediční středisko ČVUT,1989*

[3] prof. Ing. Zdeněk Janout CSc.: *přednáška pro účastníky Fyzikálního týdne 2002*

Kdy hrozí, že koule bude kritická

T. Hnyk*, J. Staněk*, M. Millerová**, T. Jakoubek***,
D. Jalůvka****
*SGAGY, Kladno-Sítná
**Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9
***Gymnázium a SPgŠ Jeronýmova Liberec
****Gymnázium Petra Bezruče, Frýdek-Místek

Abstrakt:
Co je kritická koule a co ji charakterizuje? K čemu slouží program MCNP-4C a jak se používá? To vše jsme se během našeho miniprojektu dozvěděli.

1 Úvod

Náš miniprojekt souvisel s jadernou reakcí, která probíhá v jaderných reaktorech, tedy se štěpením jader. V úvodu jsme charakterizovali několik základních pojmů jako např.: jaderné palivo (jeho příklady a ideální vlastnosti), účinný průřez jako jeden z hlavních parametrů paliva, interakce probíhající v reaktorech (štěpení, rozptyl, absorpce, radiační záchyt), kritický stav reaktoru a koeficient násobení (multiplikační faktor).

2 Tělo příspěvku

- Pracovali jsme s programem MCNP-4C (Monte Carlo N-Particle Transport Code Systém), který slouží k výpočtu neutronově-fyzikální charakteristiky geometricky složitých soustav a posloužil nám k vyřešení zadaného příkladu (viz níže). Metoda Monte Carlo neřeší prakticky žádnou rovnici, ale simuluje přímo konkrétní problém, sleduje každou jednotlivou částici a její možné interakce, přičemž výsledek je udáván v určitém intervalu spolehlivosti s jistou odchylkou, v souladu s teorií matematické statistiky, čímž se liší od deterministických metod.

- Koeficient násobení **k**: $$k = \frac{n_i}{n_{i-1}}$$

  n_i - počet neutronů generace
  n_{i-1} - počet neutronů generace předešlé
  k>1 - systém je nadkritický, reakce má rostoucí průběh
  k=1 - systém je kritický, reakce má konstantní průběh

k<1 - systém je podkritický, reakce má klesající průběh

- Příklad:

Zadání

- palivová koule Pu239 (r=6,38493 cm, ς=15,8 g/cm^3) umístěná ve vakuu, jejíž střed se nachází v počátku souřadného systému
- zdroj 3000 neutronů umístěný ve středu souřadného systému

a) Zjistěte hodnotu **k** pro daný systém: *k=?*
b) Navrhněte poloměr koule paliva pro **k=1**: *r=?*

Řešení

Pro vyřešení zadaného příkladu jsme vytvořili vstupní protokol programu MCNP-4C a programem vypočtený výsledek je:

a) k=1,02304
b) r=6,21

3 Shrnutí

Naučili jsme se vytvářet vstupní protokoly pro program MCNP-4C, analyzovat získané výsledky a seznámili jsme se s významem tohoto programu.

Poděkování

Děkujeme Nadačnímu fondu teoretické fyziky a FJFI ČVUT Praha a obzvlášť Ing. V. Svobodovi CSc. a Ing. J. Ratajovi.

Reference:

[1] ZEMAN, J.: *Reaktorová fyzika I.,* skripta FJFI ČVUT Praha, 1998

[2] KYNCL, J.: *Výpočetní možnosti programu MCNP, 1995*

[3] KATOVSKÝ, K.: *Jaderná data a knihovny účinných průřezů pro neutronově-fyzikální výpočty blanketu transmutačních systémů ADTT,* KJR FJFI ČVUT, 1999

Dopplerův jev

H. Lancová, M. Strachota, M. Holeček
MOG Bruntál, Gymnázium Zábřeh, Jiráskovo Gymnázium Náchod

1 Úvod

Psal se rok 1842, když Christian Doppler učinil objev, který mu zajistil nehynoucí slávu. Jaký? Všimnul si, že v binárním hvězdném systému se mění barva a tím i frekvence záření které pozoroval. Protože dvojhvězdy kolem sebe rotují, oba hvězdní partneři se střídavě k Zemi přibližují nebo od ní vzdalují. Doppler zjistil, že délka vlny světla u vzdalující se hvězdy se zvětšuje (posuv k červenému konci spektra) a u přibližující se hvězdy se zmenšuje (posuv k modrému konci spektra). Tento jev vysvětlil matematicky. Jak tento jev ale funguje v reálné situaci? Můžeme se s ním v běžném životě vůbec někde setkat? Na tyto otázky se právě teď pokusíme odpovědět.

2 Tělo příspěvku

Určitě jste se s tím již někdy setkaly.Nejprve vysoký kvílivý zvuk sanitního vozu, poté jste zahlédli vlastní vůz, který se obrovskou rychlostí prohnal kolem vás. A se zvukem, který vydával se něco stalo. Už to nebyl ten vysoký jekot, který každého nutí uhnout se z cesty. Nyní byl takový nižší. Jak to??? Všichni víme (tedy aspoň doufám), že světlo i zvuk má povahu vlnění o určité vlnové délce, které se šíří určitou, pevně danou, rychlostí. Z toho vyplývá, že jakýmkoli bodem na dráze, který je v klidu, projde za určitou dobu přesný a neměnný počet kmitů. Co se ovšem stane, když se zdroj začne pohybovat třeba k tomuto bodu. Rychlost s jakou se vlnění šíří , by měla vzrůst. To je ovšem nemožné. Příroda si proto pomohla šalamounským řešením. Nezvýší se rychlost, nýbrž frekvence vlnění. Tím pádem ovšem projde bodem více kmitů, než když je zdroj v klidu a to se projeví změnou (zvýší se zvuk, u světla dojde k dodatečnému posuvu k UV konci spektra-zmodrá). To samé, akorát s opačným výsledkem se stane, pokud se bude zdroj pohybovat od pozorovatele. Frekvence se sníží, zvuk také a světlo zčervená. Podobné to je, pokud se bod pohybuje směrem ke zdroji. Frekvence je sice stejná, ale bodem nyní prochází více kmitů, než když byl v klidu, takže mu připadá, že se opět zvýšila. Výsledky jsou proto podobné jako když se zdroj pohyboval k bodu. A co se stane, když se bod pohybuje od zdroje si každý určitě domyslí sám.

Nyní tedy máme vyřešenou poslední otázku, kterou jsme si položily v úvodu (Můžeme se s tímto jevem setkat v běžném životě?) i jeho podstatu, takže přistoupíme k druhé (vlastně první) otázce. K jejímu zodpovězení nám poslouží jednoduchý pokus.

Pokus: Co k němu budeme potřebovat? Nejprve je nutné sehnat nějaký předmět, který je schopen pohybovat se konstantní rychlostí na kterém bude připevněn přijímač zvukových vln.

Takovým předmětem je např. malý vagónek na vlastní pohon, připevněný na kolejnicích (kůli rovnosti dráhy), který má na vršku připojenou snímací aparaturu. Další věcí je vysílač zvukových vln (zvukové mají oproti světelným mnohem nižší frekvenci která se snáze zobrazuje) a něco, co bude schopno alespoň zaznamenat (a ještě lépe i vyhodnotit) výsledky (nejlépe osciloskop). Když tohle všechno propojíte dohromady, získáte aparaturu se kterou můžete na vámi zvolené vlnové délce (doporučuji ultrazvuk abyste nerušily okolí) měřit změny frekvence pokuď se přijímač přibližuje ke zdroji nebo se od něj naopak vzdaluje
Blíží-li se přijímač ke zdroji rychlostí v, je zdánlivá frekvence f"=f(c+u)/c kde c je rychlost zvuku a f původní frekvence.

Při dosazení c=330m/s a f=40800 Hz

	naměřené frekvence		
měření	pokus 1	pokus 2	pokus 3
1	41100 Hz	41400 Hz	40800 Hz
2	41400 Hz	41400 Hz	40500 Hz
3	41100 Hz	41700 Hz	40800 Hz
4	41100 Hz	x	39900 Hz
5	40800 Hz	x	40500 Hz
průměr	41100 Hz	41500 Hz	40500 Hz
rychlost vozíčku	0,189 m/s	0,492 m/s	0,492 m/s
vypočítané frekvence	40823	40860	40740

Jak je tedy vidět z měření, výsledky se rámcově "trochu" odchylují od teorie (holt nikdo není dokonalý a my teprve ne). Ovšem pokud chcete opravdu vidět, že dochází k Dopplerovu jevu, je to velice dobře patrné na osciloskopu z tzv. interference vln.

3 Shrnutí

Jak je tedy vidět, Dopplerův jev je věc, se kterou se často setkáváme i v běžném životě aniž bychom si to často vůbec uvědomili, na jehož principu jsou založeny nesčetné přístroje (např.policejní radary), ale který není v laboratorních podmínkách zrovna lehké prokázat.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat ČVUT za pomoc a podporu, která nám byla při této práci poskytnuta i za to, že umožnila akci, na které se tento projekt uskutečnil

Reference:

O`Connor,E.F.Robertson:Doppler www-gap.dcs.stand.ac.uk/history/mathematicians/Doppler.html
Jack Williams:The USA TODAY Weather Book
Martin Macháček:Encyklopedie fyziky

Kryptografie

Anna Bernáthová*, Jan Hudeček**, Jiří Syrový***

* Gymnázium Bernarda Bolzana, P-8 (anicka@matfyz.cz)
** Gymnázium Voděradská, P-10 (hudecekjan@volny.cz)
*** Gymnázium J. K. Tyla, HK (syrovy.jiri@quick.cz)

Abstrakt:

Už jste někdy zkoušeli vykrást banku? Zajímalo by vás, proš se vám to nepovedlo? Píšete milostný dopis a chcete ho skrýt před zvědavým bratrem?

Naše práce se zabývá kryptografií – transformováním textu do podoby, kterou je možno dešifrovat pouze se znalostí patřičného klíče. Dozvíte se zde např. o principu elektronického podpisu a o tom, že není zcela bezpečný. Tento problém ale řeší kvantová kryptografie, které je věnována závěrečná část práce.

1. Úvod

Již od dávnověku lidé touží předávat si zprávy tak, aby si je nemohl přečíst nikdo nepovolaný. Kryptografie tedy existuje už dávno, primitivní šifrovací tabulku používal už César. S jednoduchými šiframi se často setkáváme např. ve hrách na táborech – každé písmenko zprávy zaměníme za nějaký symbol a jsme hotoví. Tomu se říká substituční šifra. Její rozluštění je však celkem snadné – pokud máme dostatečně dlouhý text, budou se v něm některé symboly vyskytovat se stejnou četností jako v přirozeném jazyce. Mezi další jednoduché šifry patří např. šifry translační nebo transpoziční.

My se budeme věnovat nejen klasickým moderním, ale i kvantovým šifrám. První se dnes používají např. v bankovní komunikaci a s nimi stojí a padá tolik diskutovaný elektronický podpis. Fungují na principu veřejného klíče. A druhé zmíněné jsou stále ještě ve stadiu vývoje.

2.1 Klasická moderní kryptografie

Ačkoliv princip kryptografie s veřejným klíčem je velice jednoduchý, objeven byl teprve před pětadvaceti lety. Do té doby platilo ve světě šifrování pravidlo, že šifrovací klíč je jeden a jeho znalost slouží k rozšifrování i zašifrování zprávy. Systémy s veřejným klíčem uvedly do kryptografie existenci klíčů dvou, jednoho veřejně známého a druhého tajného, a umožnily tím zjednodušit řadu problémů, týkající se komunikace zejména vzdálených osob. Ukážeme si nyní, na čem je asymetrická kryptografie založena.

Zprávu jakýmkoliv standartním způsobem převedeme na číslo a poté zašifrujeme pomocí veřejného klíče – provedeme s ní jistou operaci a dostaneme zašifrovaný text. Její podstatnou vlastností je, že provedení opačné operace (rozšifrování) musí být velmi obtížné, pokud kromě

veřejného klíče neznáme ještě další informaci, klíč soukromý. Bez znalosti tohoto klíče to dnešnímu počítači při použití nejlepších z dosud známých algoritmů trvá řádově miliardy let.

První z úspěšných šifer tohoto typu je RSA, pojmenovaná podle prvních písmen příjmení svých tvůrců Rivest, Shamir, Adleman. Uvedeme si ji jako příklad.

Nejdříve zavedeme operaci modulo, kterou budeme potřebovat. *A* modulo *M* je celočíselné zbytek po dělení čísla *A* číslem *M*. Modulo *M* lze provádět i aritmetické operace jako je sčítání a násobení. To uděláme tak, že operandy nejdříve sečteme nebo vynásobíme a výsledek této operace modulo *A* je pak výsledkem celého příkladu. Tak například $15^2 = 1 \bmod 16$. Už z uvedeného příkladu je patrné, že například umocňování modulo *A* se bude chovat jinak, než jsme na to zvyklí z reálných čísel. Přesněji řečeno, vlastnosti takových funkcí, jako je k-tá mocnina závisejí na tom, jaký je prvočíselný rozklad modulu *M*. Podobně jako umocňování lze na aritmetice modulo *A* zavést i odmocňování. Zatímco však spočítat *x* na *k*-tou mod *M* je jednoduché a stačí k tomu znát *M*, *x* a *k*, spočítat *k*-tou odmocninu z *x* mod *M* bez znalosti prvočíselného rozkladu modulu *M* nedokážeme. Na tom je právě založen systém RSA. Každý člověk má určen svůj modul *M*, který je součinem dvou velkých prvočísel a tato prvočísla zná jenom on sám.

2.2 Matematický princip šifrování s veřejným klíčem

Máme číslo $n = pq$, kde *p* a *q* jsou různá velká prvočísla (minimálně padesát cifer). Dále máme exponent *s*. Dvojice čísel *n* a *s* tvoří veřejný klíč – může ji tedy znát kdokoliv a použít ji k zašifrování zprávy. Zprávu převede na číslo *M* a zašifruje operací $E=(M^s \pmod n)$. *E* je šifrovaná zpráva (encrypted), *M* je původní zpráva (message). Jak převést daný text na čísla? Můžeme například k A přiřadit 10, B = 11, C=12 atd. Mezera mezi písmeny bude 99. Napíšeme takto celý text (např. 20232432992917342814 2115) za sebe a rozdělíme jej na bloky, které jsou menší než *n*. Tedy pokud *n* = 23 393, můžeme text rozdělit na bloky 20 232 –4 329 –9291 –7342 –8142 –115. Moc na tom nezáleží, ale kvůli dešifrování by žádný blok neměl začínat nulou. Zároveň nesmíme reprezentovat jednotlivé znaky různě dlouhými čísly – pokud se rozhodneme písmenu A přiřadit číslo 1, nebude vědět, jestli 12 znamená L (dvanácté písmeno abecedy) nebo AB. S takto upraveným textem provedeme výše zmíněnou operaci. Nyní může text rozluštit pouze příjemce, který umí *n* faktorizovat – nám se to už nikdy nepodaří.

Než si budeme povídat o dešifrování, je nutno se zmínit o Eulerově funkci, kterou budeme potřebovat. Funkce $\phi(n)$ přiřadí číslu *n* hodnotu rovnou počtu čísel, která jsou menší než *n* a jsou s ním nesoudělná. Tedy pro prvočíslo *p* platí, že $(p) = p-1$. Pro součin dvou prvočísel platí, že $(pq)=(p-1)(q-1)$. Poznamenejme, že pro účely šifrování je nutné, aby čísla *n* a *s* byla nesoudělná, tedy $(n,s)=1$.

Mějme b, jeden blok zprávy, potom je $0 \le b \le n - 1$. Je zašifrován operací $E \equiv M^s \pmod n$.

Pokud si zvolíme jako příklad b = 20232, p=149 a q=157, takže n=23393 a $\phi(n)$ = 23088. Musíme si zvolit exponent *s*, nesoudělný s $\phi(n)$. Nejmenší takové číslo je 5. Takže zprávu zakódujeme tak, že spočítáme zbytek z 20232^5 modulo 2 393. To je 20036, takže E = 20036. Stejným způsobem zašifrujeme zbytek zprávy.

Nyní se konečně dostáváme k dešifrování. Kromě informací obsaženým ve veřejném klíči musíme znát ještě exponent inverzní k *s* modulo $\phi(n)$, říkáme mu klíč soukromý. Nazvěme jej exponent *d*. Spočítáme jej takto: $ds \equiv 1 \pmod{\phi(n)}$. Pokud známe faktorizaci čísla *n*, známe i $\phi(n)=(p-1)(q-1)$. Exponent *d* tedy můžeme spočítat takto:

$d \equiv s^{\phi(\phi(n)) - 1} \pmod{\phi(n)}$, protože $ds \equiv s^{\phi(\phi(n))} \pmod{\phi(n)}$.

Pokud šifrovaná zpráva je $E \equiv M^s \ (\mathrm{mod}\ n)$, můžeme ji dešifrovat $E^s \equiv M^{sd} = M^{\phi(n)k} + 1 \ (\mathrm{mod}\ n)$.

$M^{\phi(n)} \equiv 1 \ (\mathrm{mod}\ n)$ a *tedy* $E^d \equiv M \ (\mathrm{mod}\ n)$. Aby celý proces fungoval jak má, je nutné, aby M bylo nesoudělné s n. Tím se ale nemusíme příliš trápit, protože šance, že tomu tak nebude je v řádu 10^{-50}.

Zájemce o tuto problematiku tedy odkazujeme na seznam literatury na konci příspěvku.

2.3 Bezpečnost

Šifra, kterou jsme představili, není v principu bezpečná. To, že neznáme algoritmus, jak rychle faktorizovat (rozkládat na prvočísla) neznamená, že žádný neexistuje. Americké tajné služby zaměstnávají největší matematické mozky planety, aby tento problém vyřešily a vůbec není jisté, jestli už toto tajemství dávno neodhalily. Navíc, se zdokonalováním výpočetní techniky jednou přijde okamžik, kdy i použití současného algoritmu nebude trvat příliš dlouho (z toho existují některé výjimky, například algoritmy, jež by k úspěšnému běhu potřebovaly více paměti, než kolik je ve vesmíru atomů). Pokud se podaří sestrojit kvantové počítače, bude klasické kryptografii definitivně odzvoněno. Již nyní se podařilo faktorizovat číslo 15 pomocí kvantového počítače a vývoj pokračuje.

3.1 Kvantová kryptografie

Impuls k vývoji kvantové kryptografie dala obava o bezpečnost klasické kryptografie, která by se mohla již za několik let stát téměř nepoužitelná. Základní myšlenkou kvantové kryptografie je generování „stejných“ náhodných čísel pro obě strany (odesilatele i příjemce), které se poté použijí pro zašifrování textu například pomocí funkce **xor**. Pokud použijeme k zašifrování klíč stejně dlouhý jako je vlastní text, znemožníme útok. Tento způsob se samozřejmě dá použít i bez kvantového přenosového kanálu, ale je nutné doručit klíč jinak, což není tak bezpečné jako při použití KPK. Při využití KPK je náhodnost těchto čísel zaručena použitím náhodného fyzikálního děje, jehož bezpečnost zaručuje sama příroda.

Řekněme, že Alice a Bob si chtějí poslat šifrovanou zprávu. Jsou dva způsoby jak to mohou udělat. První a starší z nich je protokol BB84, který navrhli v roce 1984 Charles Bennett a Gilles Brassard. Jejich protokol (BB84) využívá v zásadě dvou kvantových poznatků: teorému o *klonování kvantových stavů* a nemožnosti měření určitých párů veličin současně. Je nutné uvést, že protokol řeší pouze nejcitlivější místo utajené komunikace. A sice výměnu klíčů bez použití důvěryhodné osoby, která by klíče oběma stranám doručila. Pokud jsme totiž schopni (kvantově-) bezpečně distribuovat klíč, pak nám nic nebrání v tom, abychom jako komunikační schéma použili některý z klasických algoritmů (nenapadnutelných kvantovým počítačem), jako je například dříve zmíněný **xor**.

Toto schéma funguje relativně jednoduše. Dva účastníci (Alice a Bob) se nejdříve domluví na tom, které dvě roviny polarizace použijí. Alice použije laser na vysílání jednotlivých fotonů, které poté zachytává jak Alice tak i Bob. Alice i Bob si náhodně zvolí rovinu polarizace pro přijmutí každého fotonu. Informaci o tom, jakou si zvolili rovinu polarizace si po skončení komunikace vymění po veřejném kanálu. Pro šifrování mohou použít pouze ta náhodná data, která se shodují v polarizaci. Pokud by někdo „poslouchal“ a zvolil si špatnou rovinu polarizace bude ovlivňovat posílaná data, čímž zvýší chybovost na úroveň, podle které jasně zjistíme zda někdo poslouchá.

Dále existuje druhá, novější (1991) metoda, která se od první liší hlavně složitostí, a také zdrojem fotonů. Tato metoda používá dva fotony v tzv. provázaném stavu. Fotony jsou v tomto

stavu silně korelovány. Každý z účastníků obdrží svůj foton a změří jeho polarizaci. Když zvolí stejnou polarizaci, získají sobě si jednoznačně odpovídající hodnoty.

Obě metody jsou silně citlivé na jakékoliv vnější změny, a proto také pokud někdo bude poslouchat, ovlivní konečnou statistiku přijatých hodnot, která se vyhodnotí, a případný odposlech prozradí.

3.2 Výhody a nevýhody kvantové kryptografie

Hlavní výhodou je principiální neprolomitelnost. Skutečná neprolomitelnost záleží na implementaci. Například je problém přesně zjistit, zda je chybovost kanálu je způsobena "odchytáváním" či skutečnou chybovostí přenosového kanálu. Další možnost útoku je na veřejný kanál (A--E--B - Eva mění přenesené informace).

Mezi nevýhody patří zatím malá přenosová vzdálenost (zatím max. 30 km), malá přenosová rychlost, drahá implementace a nutnost "pevného" přenosového kanálu. Některé nevýhody by se daly samozřejmě částečně odstranit. Například znásobení počtu přenosových kanálů, ...

Pro praktické použití tato kryptografie sice příliš nehodí, ale zvyšuje bezpečnost například u bank, státních a vojenských institucí, ...

4. Závěr

Dnes, kdy většina písemné komunikace probíhá elektronicky, se bez kryptografie neobejdeme. Aplikace kvantové kryptografie je velmi nákladná, ale myslíme, že v nejbližších letech se nemusíme bát používat podstatně méně náročnou kryptografii klasickou.

Poděkování

Děkujeme Doc. Ing. Igoru Jexovi DrSc. za uvedení do problematiky a za poskytnutí literatury. FJFI ČVUT za zajištění materiálního zázemí. Marianovi Kechlibarovi za konzultace. Organizátorům Fyzikálního týdne za jejich úsilí o to, aby tato akce proběhla ke spokojenosti všech zúčastněných.

Reference:

[1] HOI-KWONG-LO - POPESCU, S. - SPILLER, T.: *Introduction to Quantum Computation and information,* World Scientific, Singapore, 1998, 79-113

[2] SCHROEDER, M.R.: *Number Theory in Science and Communication,* Springer-Verlag, Heidelberg, 1986, 26-38

[3] COUTINHO, S.C.: *Mathematics of ciphers*, A K Peters Ltd., Natilk, Massachusetts, 1998

[4] BOUWMEESTER, D.-EKERT, A.-ZEILINGER,A.: *The Physics of Quantum Computation,* Springer-Verlag, Heidelberg, 2000, 26-45

[5] MACCHIAVELLO, C.- PALMA, G.M.-ZEILINGER, A.: *Quantumcomputation and quantum information theory,* World Scientific, Singapore, 1999, **235**

[6] WILLIAMS, C.-CLEARWATER, S.H.: *Explorations in quantum computing,* Springer-Verlag, New York, 1998, 163-183

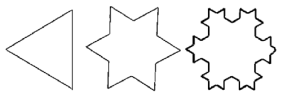
[7] KUPČA, V.: http://cml.fsv.cvut.cz/~kupca/qc/qc.html, 2001

Úvod do problematiky fraktálních množin

Tibor Vansa (Matiční gymnázium, Ostrava; tibor.vansa@seznam.cz)
Tomáš Trávníček (Gymnázium Matyáše Lercha, Brno; t.travnicek@centrum.cz)
Hana Matoušová (Gymnázium A. Jiráska, Litomyšl; hhanulka@hotmail.com)
Martin Debef (Arcibiskupské gymnázium, Kroměříž; martin@debef.cz)

Mezi klasickou a fraktální geometrii existuje několik odlišností. V klasické geometrii nejsou rozměry závislé na velikosti měřítka. Ale při měření přírodních útvarů nebo fraktálů při zjemňováním měřítka dochází ke zpřesňování hodnoty, rozměry stále narůstají. Jako názorný příklad můžeme uvést měření délky pobřeží. Měříme-li pomocí velkého měřítka, mnoho detailů nepravidelného útvaru nám uniká, zmenšujeme-li měřítko, stále více detailů zohledňujeme. V důsledku toho měřená délka stále narůstá. Závislost měřené délky na velikosti měřítka je u fraktálů dána empirickým vztahem, kde L je naměřená délka objektu, ε je velikost měřítka a D je fraktální dimenze. Jeho platnost můžeme ověřit na příkladu jednoho z nejednodušších fraktálů - Kochovy křivky :

$$L(\varepsilon) \approx \frac{konst.}{\varepsilon^{D-1}},$$



Předpokládáme, že původní délka strany ε = 1. Po prvním zmenšení měřítka se délka jedné strany změní z 1 na 4/3. Tzn., že po každém dalším zmešení se délka prodlužuje o 1/3. Pokud je počet transformací původní křivky p = 0,1,2,.., tak pro celkovou délku platí:

$$L = 3\left(\frac{4}{3}\right)^p = \frac{3}{\left[(1/3)^p\right]^{D-1}}$$

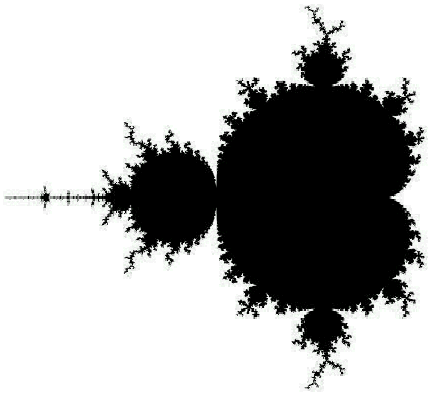
Položíme např. p=1 po zlogaritmování a úpravě můžeme vypočítat fraktální dimenzi:

$$D = \frac{\log 4}{\log 3} = 1{,}2618\ldots$$

přírodní objekt	odhad fraktální dimenze
pobřeží	1.26
povrch mozku člověka	2.76
neerodované skály	2.2 – 2.3
obvod 2D - průmětu oblaku	1.33

Druhou důležitou vlastností fraktálu je soběpodobnost. Zvětšíme-li ěkterou část obrázku, nápadně se podobá celku.V současné době je pravděpodobně nejvýstižnější Mandelbrotova definice fraktálu: „*Fraktál je množina, jejíž hodnota Hausdorffovy-Besicovichovy dimenze přesahuje hodnotu dimenze topologické*.“ Hausdorffova-Besicovichova dimenze nám podává daleko přesnější informaci o tvaru tělesa. Je vyjádřením míry nepravidelnosti tvaru.

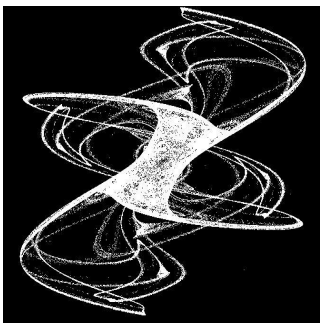
Nejznámější z fraktálních množin je množina Mandelbrotova. Při výpočtu iterací se používá vzorec: $z = z^2 + c$



Počáteční hodnota z je rovna nule a c se rovná souřadnicím vykreslovaného bodu, z i c jsou komplexní čísla. Sledujeme, zda z po určitém (uživatelem zadaném) počtu iterací diverguje k nekonečnu, tzn. není členem Mandelbrotovy množiny. Ty prvky, které do množiny patří, jsou vykresleny černě. U ostatních volíme barvy v závislosti na tom, po kolika iteracích bude $z > 2$.
Struktura Mandelbrotovy množiny je nekonečně hluboká, při dostatečném zvětšení odhalíme v blízkosti Mandelbrotovy množiny jinou („menší“) Mandelbrotovu množinu se všemi detaily, které měla původní.
Jiným příkladem by mohly být Newtonovy množiny, kdy se barvami rozlišuje, ke kterém z kořenů polynomu dané číslo konverguje.
Jsou to příklady jednoduchých polynomických fraktálů, kdy iteračním předpisem je jeden polynom. V praxi jsou nutné ale složitější iterační funkční systémy (IFS), kdy iteračním předpisem je množina matematických operací, kdy každé z nich je přiřazena určitá pravděpodobnost, s jakou se použije.

Příkladem využití fraktálů je předpověď počasí. Meteorologové musí znát počáteční podmínky (stav atmosféry) a z nich pomocí iteračních předpisů (fyzikálních zákonů) předpovídají stav atmosféry v následujícím okamžiku. Po několika tisících iteracích máme předpověď na následující týden. Ve fraktálech (a hlavně v přírodě) se ale uplatňuje teorie chaosu se známým efektem motýlích křídel. Ta říká, že při malé změně počátečních podmínek se výsledný efekt velice změní. Nedostatečně přesná znalost počátečních podmínek proto znemožňuje přesnou předpověď počasí na delší dobu. Matematika související s fraktály se proto používá v podobných jevech jako je modelování průběhu chemických reakcí, vývoj cen na burze nebo modelování růstu populace. Využít je můžeme např. také při komprese dat, procedurálním modelování, generování textur a přírodních útvarů nebo jako krásný estetický objekt.

Na závěr King´s dream, který vznikl z čistě estetického hlediska.



Je definován následující rovnicí:
$x_i + 1 = \sin(by_i) + c * \sin(bx_i)$
$y_i+1 = \sin(ax_i) + d * \sin(ay_i)$

Hodnoty jednotlivých parametrů:
a= -0.966918
b = 2.879879
c = 0.765145
d = 0.744728

Poděkování: ČVUT za možnost účasti na Fyzikálním týdnu 2002
Dr. Ing. Michalu Benešovi za pomoc s miniprojektem

Zdroje: http://www.fee.vutbr.cz/~tisnovpa/fract/uvod.html, Pavel Tišňovsky
Peitgen,H.O., Jürgens,H., Saupe,D., Chaos and fractals, Springer-Verlag, New York, 1992

Základní experiment fyziky plazmatu

Ing. J. Nohava
supervisor projektu, KMAT FJFI ČVUT, Praha
V.Gergelits
Gymnázium Benešov
H. Maňáková
Gymnázium Benešov
J. Ryszawy
SPŠE Havířov
M. Staněk
Gymnázium Jeseník
P. Váňa
SPŠE Mohelnice

Abstrakt:

Cílem projektu bylo změřit základní parametry plazmatu, hustotu a teplotu. Měření jsme prováděli v laboratořích FJFI na neonovém nízkotlakém výboji. Výsledky jsme konzultovali v Ústavu fyziky plazmatu AVČR na pracovišti Tokamak.

1 Úvod

Při práci na našem projektu jsme se seznámili se základy fyziky plazmatu. Cílem našeho měření bylo určení základních parametrů plazmatu tzn. *hustoty* a *teploty* pomocí Langmuierových sond.
Plazma je kvazineutrální plyn nabitých a neutrálních částic, (navenek elektricky neutrální, avšak uvnitř probíhají elektromagnetické interakce), který vykazuje kolektivní chování (pohyby částic plazmatu nezávisí pouze na lokálních podmínkách, ale rovněž na stavu plazmatu ve vzdálených oblastech).

2 Experimentální část

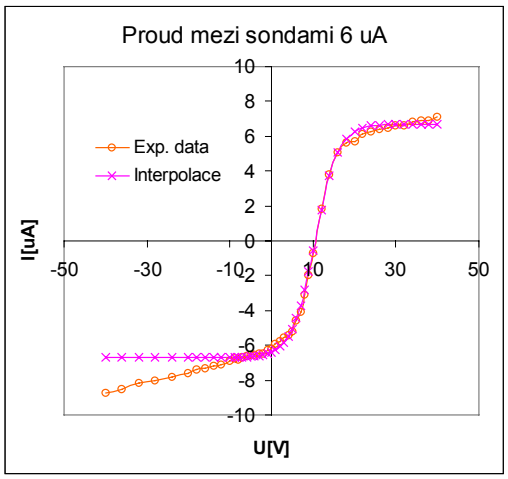
Jednou z nejpoužívanějších metod pro určení hustoty a teploty plazmatu je měření voltampérové charakteristiky dvojité Langmuierovy sondy[1]. Získaná závislost napětí na proudu je interpolována pomocí teoretického vzorce[2], kde neznámé parametry jsou teplota $\boldsymbol{T_e}$ a saturační proud sondy $\boldsymbol{I_o^+}$. Pomocí vzorce[3] lze ze získaných hodnot saturačního proudu a teploty určit hustotu plazmatu $\boldsymbol{n}$.
Při experimentu byly použity: nízkotlaká neonová výbojová trubice připojená ke zdroji napětí 1 ÷ kV, voltmetr a ampérmetr. Langmuierova sonda byla připojena na zdroj napětí 0 ÷ 50V.

$$I = I_1^+ \frac{1 - e^{\left(\frac{V-\Delta\varphi}{T_e}\right)}}{1 + \frac{A_1}{A_2} e^{\left(\frac{V-\Delta\varphi}{T_e}\right)}} \qquad (2) \qquad\qquad I_1^+ = \frac{1}{4} A n_i \sqrt{\frac{T_e}{M}} \qquad (3)$$

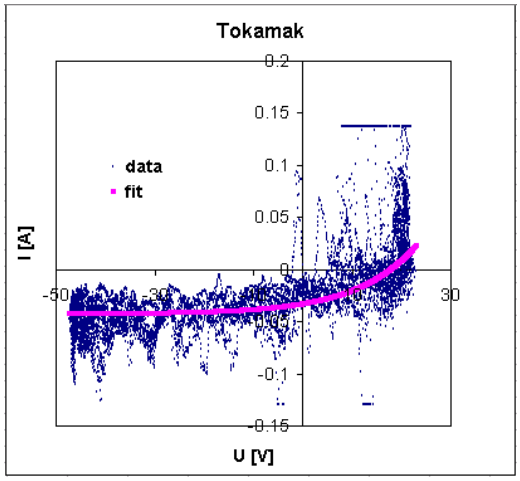
[1]-*Langmuierova sonda je vodivý materiál (konec drátku) přivedený do kontaktu s plazmatem*

3 Výsledky a diskuse

Z prvního měření s menším budícím napětím (proud mezi sondami 6μA) jsme po interpolaci naměřených hodnot stanovili elektronovou teplotu $T_e = 2{,}8$ eV a hustotu $n_i = 3{,}27*10^{19}$ m^{-3}.
V druhém měření s vyšším budícím napětím (proud mezi sondami 10μA) byla po interpolaci stanovena elektronová teplota $T_e = 2{,}4$ eV a hustota $n_i = 6{,}11*10^{19}$ m^{-3}.
Naměřené hodnoty odpovídají teoreticky předpovězené závislosti a z interpolace bylo možné stanovit elektronovou teplotu T_e a hustotu n_i plazmatu. Zjištěné hodnoty jsou v souladu s běžnými parametry nízkoteplotního plazmatu při doutnavém výboji, které jsou používány v experimentální praxi. Pro srovnání uvádíme výsledky měření jednoduchou Langmuierovou sondou na tokamaku Castor. Vyhodnocení těchto získaných dat bylo značně náročnější než vyhodnocení výsledků miniprojektu vzhledem k povaze plazmatu, ve kterém se vyskytují turbulence a jiné nepravidelnosti.



Obr. 1 dvojitá sonda - miniprojekt.



Obr. 2 jednoduchá sonda - tokamak Castor.

Závěr

Při práci na miniprojektu jsme se seznámili se základními teoretickými znalostmi fyziky plazmatu, které jsme měli možnost ověřit i v praxi. Nepřímou metodou jsme získali hodnoty hustoty a teploty plazmatu, které jsme ověřili na pracovišti UFP AV ČR. Vyhodnocení dat získaných na tokamaku bylo náročnější vzhledem k jejich velkému množství.

Poděkování

Autoři děkují za pomoc při realizaci miniprojektu sponzorům , FJFI ČVUT a UFP AV ČR.

Reference:

[1] KRACÍK J, - SLAVÍK J.B. - TOBIÁŠ J.: ELEKTRICKÉ VÝBOJE, SNTL Praha, 1994
[2] CHEN F. F.: ÚVOD DO FYZIKY PLAZMATU, Academia, Praha, 1994
[3] NÁVOD K FYZIKÁLNÍMU PRAKTIKU – FJFI ČVUT, 2000

Barvivové lasery

Kateřina Zacharovová
SGAGY,Kladno-Sítná
zacharovovak@seznam.cz

Pavla Maršíková
SGAGY,Kladno-Sítná
PavlaMarsikova@seznam.cz

Margholdová Jana
Gymnázium Roudnice, Roudnice nad Labem
margholdova.jana@gym.rcenet.cz

Radim Kusák
Gymnázium a SOŠ,tř.T.G.Masaryka 451,Frýdek-Místek
radim.kusak.fyzik@seznam.cz

Antonín Pavelka
Gymnázium třída Kapitána Jaroše 14, Brno
a.pavelka@centrum.cz

Garant: **David Koňařík**

Abstrakt:

Barvivové lasery mají široké uplatnění pro svou schopnost generovat vlnové délky z širokého intervalu barev. Během miniprojektu jsme vyladili budící laser a proměřili časové průběhy impulsů budícího a barvivového laseru.

1 Úvod

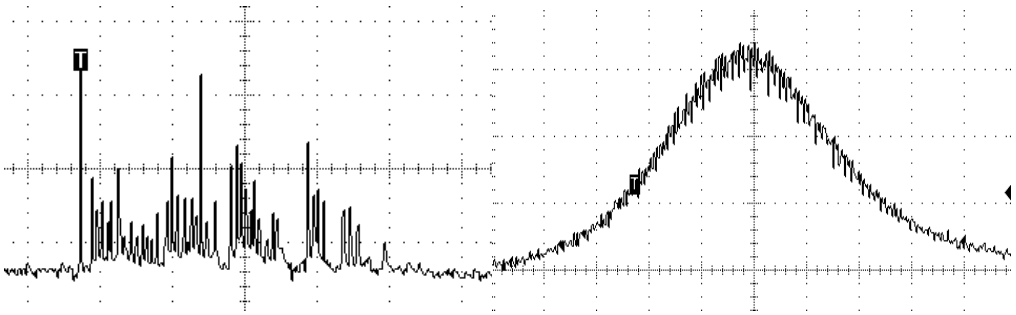
Úkolem našeho měření bylo sestavit barvivový laser buzený pomocí druhé harmonické (poloviční vlnová délka) Nd:YAG laseru a změřit průběhy impulsů z jednotlivých laserů.

2 Výsledky měření

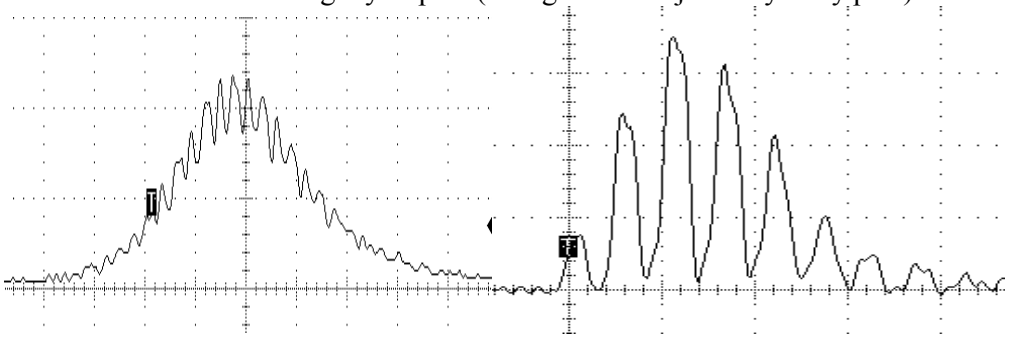
Při našich měřeních jsme používali výbojkou buzený Nd:YAG laser s pasivním Q-spínačem, který jsme nejprve seřídili pro maximální výstupní výkon. Svazek z tohoto

laseru procházel dále zesilovačem, který zvýšil energii impulsu z laseru. Takto zesílený impuls byl pomocí KDP převeden z 1064 nm na 532 nm (zelená) a byl odfiltrován zbytek záření z Nd:YAG laseru kvůli degradaci barviva. Tímto impulsem byl buzen barvivový laser, jehož aktivní prostředí bylo tvořeno rhodaminem 6G rozpuštěným v etanolu. Změřili jsme délky pulsů Nd:YAG laseru jak v Q-spínaném tak ve freerunningovém režimu a délku pulsu z barvivového laseru.

typ laseru	délka impulsu
Nd:YAG freerunning	50 ns
Nd:YAG Q-spínaný	30 ns
Barvivový	20 ns



Freerunningový impuls (celá generace a jeden vybraný puls)



Q-spínaný impuls

Impuls barvivového laseru

3 Shrnutí

Podařilo se nám nastavit Nd:YAG laser, aby bylo možné získat dostatek energie při převodu na druhou harmonickou (532 nm), kterou jsme následně budili barvivový laser, jenž měl žlutozelenou barvu cca 560 nm.

Poděkování

Prof. Kubečkovi za umožnění využití laboratoře laserového praktika
Doc. I. Procházkovi za zapůjčení osciloskopu a zobrazovací destičky pro 1064 nm
Ing. Gavrilovovi za cenné rady a zkušenosti
Doc. Novotnému za zpřístupnění počítačové laboratoře ke zpracování presentace

Reference:

[1] M. VRBOVÁ A KOL. *Lasery a moderní optika* Prometheus, 1994

[2] E. MECHLOVÁ, K. KOŠŤÁL A KOL *Výkladový slovník fyziky* Prometheus, 1999

Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení v atomech

M. Štrof.....SGaGY Kladno, Sítná, marfel@seznam
J. Cabrnoch....SGaGY Kladno, Sítná, jcabrnoch@seznam
J. Urbář.....Gymnázium Kladno, JaroslavUrbar@seznam.cz
R. Hlistová.....Gymnázium a SOŠ, Frýdek – Místek, renata121@post
T.Králová.....Arcibiskupské gymnázium Kroměříž, Moria.terrae@centrum

1. Úvod

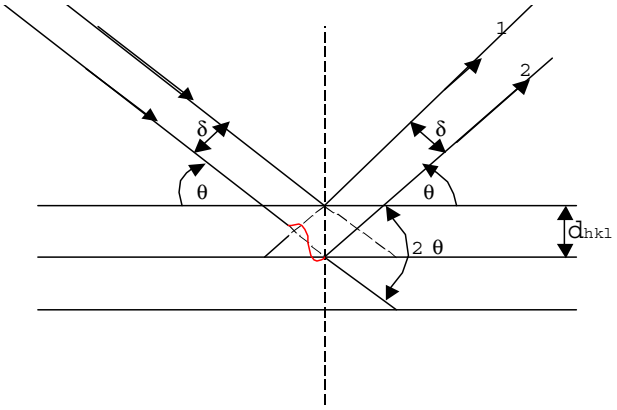
Difrakce je jev, který je spojen s vlněním dopadajícím na periodický objekt. Dopadá-li rovinná vlna na izolovaný objekt, mění se na kulovou vlnu, která se šíří všemi směry. Pokud je objekt periodický, dochází k interferenci jednotlivých kulových vln (Huygensův princip), které se zesilují jen v určitých směrech. Úhly, pod kterými se záření šíří, jsou závislé na vzdálenosti rozptylových center
v periodickém objektu (d) a na délce dopadající vlny (λ), konkrétně vztahem:

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

kde n je řád interference. Periodickým objektem mohou být například: Stébla rákosu pro vlny na vodní hladině**,** dvě štěrbiny nebo difrakční mřížka pro světlo**,** či krystalové roviny pro RTG záření, neutrony a elektrony. V případě krystalu má rovnice (1) tvar:

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

kde d_{hkl} jsou vzdálenosti krystalových rovin s indexy (h, k, l) a θ Braggův úhel – Obr 1.



Obr. 1. Difrakce na krystalových rovinách.

Vlnová délka λ elektronů závisí na urychlovacím napětí U vztahem:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eU}} = \frac{1{,}225}{\sqrt{U}} \qquad (3)$$

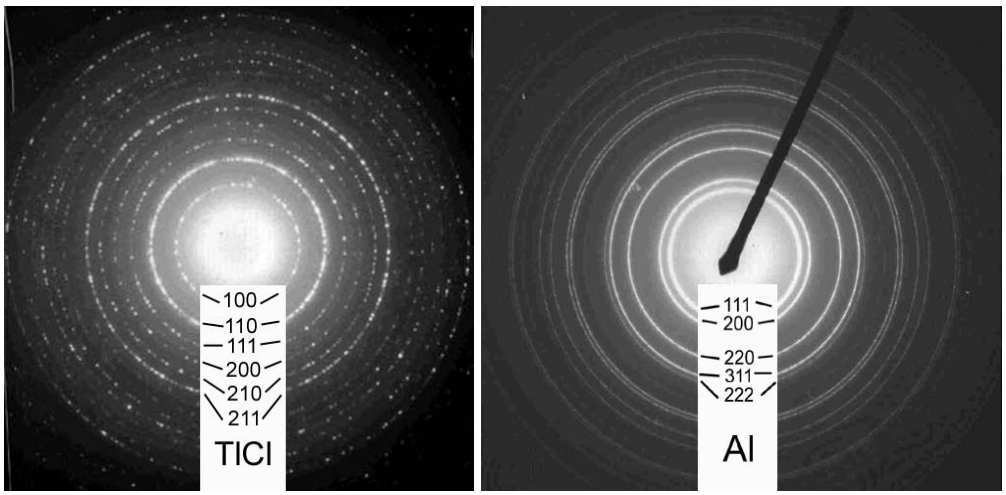
kde λ je v nanometrech a U ve voltech. Pro běžně používané urychlovací napětí 200 kV dostáváme λ = 0,2508 nm.

2. Experimentální uspořádání

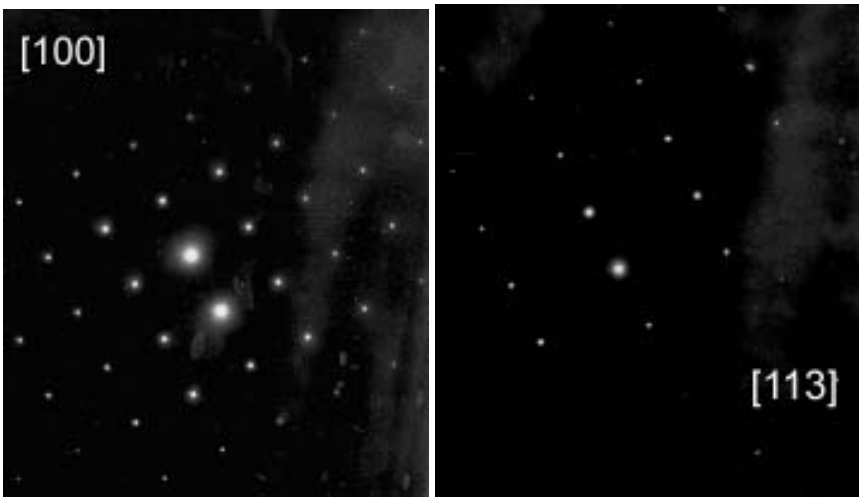
Elektronová difrakce byla studována na tenkých fóliích na prosvěcovacím mikroskopu JEOL 2000FX, pracujícím s urychlovacím napětím 200 kV. Byly prohlíženy polykrystalické a monokrystalické vzorky hliníku, slitiny Fe-28at.%Al, napařené vrstvy TlCl a extrakční uhlíkové repliky s částicemi CrFe. Kroužkové i bodové difraktogramy byly indexovány s využitím standardních metod.

3. Výsledky

Na Obr. 2 jsou kroužkové difraktogramy primitivní kubické mříže TlCl a plošně centrované mříže hliníku. Difraktogram hliníku se odlišuje absencí kroužků se smíšenými lichými a sudými indexy *hkl* krystalových rovin.



Obr. 2. Kroužkové difraktogramy polykrystalických vzorků TlCl a Al.



Obr. 3. Monokrystalické vzorky Al natočené do krystalového směru [100] a [113].

4. Shrnutí

Seznámili jsme se s principem difrakce a jejími zvláštnostmi v případě difrakce elektronů. Vyhodnocovali jsme elektronové difraktogramy kubických polykrystalických a monokrystalických látek. Difrakce se využívá v elektronové mikroskopii k zobrazení krystalových poruch nebo atomového uspořádání uvnitř materiálů.

Reference

[1] L. Sodomka, Fyzika kondenzovaných látek, Adhesiv, Liberec, 2002.
[2] L. Dvořák, Úvod do fyziky kondenzovaných látek, PřF Univerzity Palackého, Olomouc, 1993
[3] M. Karlík, Pohled na atomy: vysokorozlišovací elektronová mikroskopie, *Rozhledy matematicko-fyzikální* **72** (č. 4), 215-222.

Spektrometrie záření gama

P. Čermák
Supervisor projektu, KF FJFI ČVUT, Praha
cermak@kf-alpha.fjfi.cvut.cz

D. Scheirich
Gymnázium Kladno, nám E. Beneše, 1573
Danny-S@email.cz

V. Dufek
Gymnázium T. G. Masaryka, Hustopeče
la.dufek@email.cz

Abstrakt:

Cílem tohoto projektu bylo seznámení s neutronovou aktivační analýzou – jednou z metod pro analýzu prvkového složení vzorku. Analyzovali jsme vzorek meteoritu Morávka, který dopadl v roce 2000 na severní Moravě. Byly identifikovány některé nuklidy a výsledky byly porovnány s analýzou provedenou v roce 2001. Odlišnosti v letošním spektru byly způsobeny především velkými rozdíly v poločasech jednotlivých nuklidů.

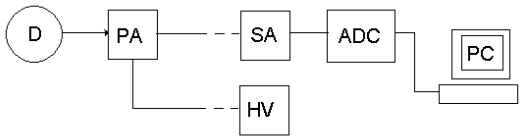
1 Úvod

Gama spektrometrie umožňuje analyzovat velmi nízkou koncentraci různých stopových prvků. Daní za vysokou přesnost je velmi složitý tvar spektra související s různými procesy, které se uplatňují při předávání energie fotonů detektoru (Comptonův jev, tvorba párů, fotoelektrický jev, ...). Proto se spektrum zpracovává statistickými metodami.

Cílem našeho projektu je naměření spektra záření gama vzorku meteoritu Morávka a porovnání získaných výsledků s výsledky naměřenými v loňském roce v rámci stejného projektu Fyzikálního týdne. Vzorek meteoritu obsahuje radionuklidy s různým poločasem rozpadu. Proto očekáváme, že naměřené spektrum bude různé od spektra naměřeného v roce 2001. V experimentu ověřujeme, zda výsledky získané analýzou v letošním roce odpovídají výsledkům z loňského roku.

2 Experimentální uspořádání

V experimentu byl použit HPGe detektor s rozlišením 2,5 keV na energii odpovídající druhé čáře jádra ^{60}Co. Polovodičový detektor je spektrometrický detektor, který se vyznačuje dobrým časovým rozlišením (řádově 10^{-9} s). Toto rozlišení určuje minimální časový interval mezi průchody dvou po sobě jdoucích částic, které lze ještě rozlišit [1].



Obr 1: Schéma spektrometru

Gama spektrometr se skládá z polovodičového detektoru (D) chlazeného kapalným dusíkem o teplotě 77 K, předzesilovače (PA), vysokonapěťového zdroje (HV), spektrometrického zesilovače (SA) a analogově-digitálního převodníku (ADC).

Germániový detektor sestává ze dvou vrstev polovodiče, vrstvy s vodivostí P a vrstvy s vodivostí N. Na detektor je přes předzesilovač v závěrném směru (+ na N a – na P) připojeno vysoké napětí (řádově 10^3 V). Detektor tak funguje jako kondenzátor. Pokud detektor zachytí gama foton, pak se celá jeho energie (fotoelektrický jev [2]) nebo část jeho energie (Comptonův rozptyl [2], tvorba párů [2]), předá elektronu vázanému v elektronovém obalu atomu materiálu detektoru, při čemž elektron přejde do vodivostního pásu. Je experimentálně dokázáno, že náboj, který se tak uvolní, je přímo úměrný energii předané fotonem. Na elektrodách tak dojde k napěťovému pulsu, který je upraven a zesílen předzesilovačem a veden do spektrometrického zesilovače, který puls zesílí (z hodnot řádově 10^{-3} V na hodnoty řádově 1 V). Analogový signál je analogově-digitálním převodníkem upraven do číslicové podoby a zpracován počítačem.

Popsaný spektrometr je využit k analýze vzorků neutronovou aktivační analýzou. Tato metoda spočívá ve několika krocích: aktivace (přeměna jader na radioaktivní nuklidy záchytem neutronů) vzorků v jaderném reaktoru (UJV Řež) a následná analýza vzorků.

Parametry měření:

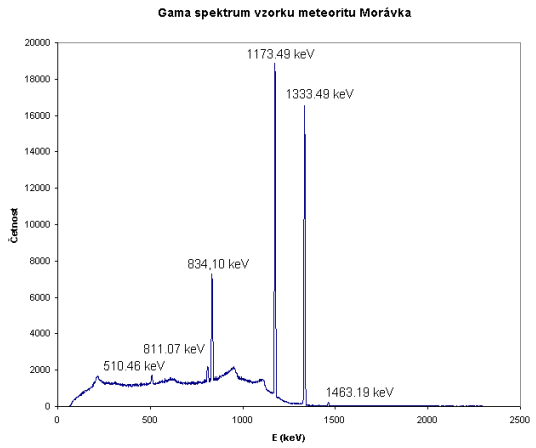
Detektor HPGe: průměr krystalu 52 mm, objem 94 cm^3
Pracovní napětí detektoru: 3 kV
Tvarování na bloku SA: 4 μs
Měřený vzorek: 26-487 Mor (27,845 mg)
Doba expozice: 2 hod

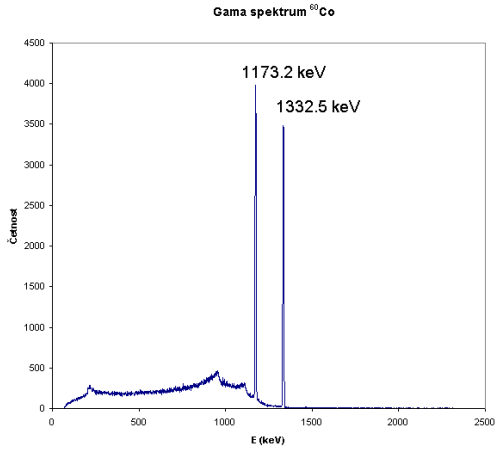
3 Výsledky

Kalibrace byla provedena pomocí izotopu ^{60}Co (viz. graf 2), který má dvě spektrální čáry o energiích 1173,2 keV a 1332,5 keV, které odpovídají kanálům 989 a 1121. Na základě toho byl odvozen převodní vztah mezi energií v kanálech a v keV:

$$E[\text{keV}] = 1.21\ E[\text{kanály}] - 25.28.$$

Ve spektru vzorku (viz. graf 1) byly nalezeny spektrální čáry s energiemi (nuklidy byly identifikovány pomocí [4]):





Tabulka identifikovaných spektrálních čar

Odečtená energie	*Nuklid*	*Tabelované hodnoty [3]*
1173,49 keV	^{60}Co	1173,2 keV
1333,49 keV	^{60}Co	1332,5 keV
510,46 keV	anhilační pík	511 keV
811,07 keV	^{58}Co	810,8 keV
834,10 keV	^{54}Mn	834,8 keV
1463,19 keV	^{40}K	1460,8 keV

4 Závěr

V provedeném experimentu jsme identifikovali některé spektrální čáry radionuklidů ve vzorku. Určili jsme rozlišení spektrometru (položířka na druhé spektrální čáře ^{60}Co) na 5,96 keV. Tato zvýšená hodnota (výrobce detektoru uvádí hodnotu 2,1 keV) se projeví na naměřených výsledcích. Chyba je pravděpodobně způsobena dalšími nedokonale naladěnými součástmi (např. ADC, ...), rušením jinými přístroji (monitory, ...). Analýzou spektra jsme identifikovali přítomnost nuklidů: ^{60}Co, ^{58}Co, ^{54}Mn, ^{40}K. Pík s energií 1460,8 keV je tzv. pozaďový pík a je způsoben výskytem nuklidu ^{40}K v okolním prostředí. Při porovnání s loňskými výsledky jsme zaznamenali absenci píků s energiemi 320,1 keV a 468,1 keV (^{51}Cr a ^{192}Ir), což je způsobeno krátkými poločasy rozpadu těchto nuklidů (27 a 79 dnů). K výraznému úbytku četnosti došlo i na spektrální čáře 810,8 keV (^{58}Co), což lze určit srovnáním výšky píku s výškou píků ^{60}Co. Poločas rozpadu ^{58}Co je 71 dní, zatímco u ^{60}Co je 5,27 roků. Z provedeného srovnání vyplývá, že zkoumaný vzorek je nutno neprodleně po aktivaci dopravit k analýze, aby došlo k co nejmenšímu zkreslení výsledků v důsledku krátkých poločasů rozpadu.

Poděkování

Tento projekt byl proveden za podpory Katedry fyziky FJFI ČVUT Praha, která poskytla potřebný prostor a vybavení. Dále bychom rádi poděkovali Ing. V. Linhartovi za cenné připomínky v průběhu měření.

Reference:

[1] MATĚJKA, K et al: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí,* Vydavatelství ČVUT, 1998, str. 22 – 23

[2] JANOUT, Z. - KUBAŠTA, J. - POSPÍŠIL, S.: *Úlohy z jaderné a subjaderné fyziky,* Vydavatelství ČVUT, 1997, str. 72 – 79

[3] BROWNE, E. – FIRESTONE, R. B.: *Table of Radioactive Isotopes,* Wiley-Interscience Publications, 1986

[4] OSTROVNAYA, T. M.: *Table for Identification of Nuclides Formed in Nuclear Reactors* JINR, Dubna, 2000

Umělé neuronové sítě

L. Kocman[1], L. Kupilík[2], P. Mikeš[3], M. Rejman[4], B. Rosička[5]
[1]Gymnazium Bučovice,
[2]VOŠ a SPŠE Plzeň,
[3]SOŠ Blatná,
[4]Gymnazium, Jablonec nad Nisou,
[5]Gymnazium Broumov,
martin.rejman@centrum.cz

Abstrakt:
Umělé neuronové sítě jsou populární, a proto si zaslouží pozornost. Zde jsou ukázány různé metody strojového učení s důrazem na umělé neuronové sítě, jejich výhody a podrobně ro příklad aplikace na funkci XOR.

1 Úvod

Miniprojekt si kladl za úkol seznámit účastníky s problematikou neuronových sítí jako součásti strojového učení. Silnou motivací pro studium umělých neuronových sítí je výkon biologických neuronových sítí např. u člověka, jež posloužily jako příklad a paralelizace výpočtu.

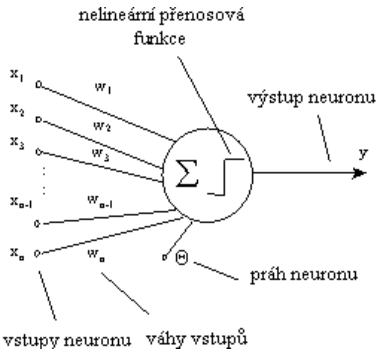
2 Neuronové sítě jako součást strojového učení

Neuronové sítě jsou jednou z metod učení strojů. Základním problémem strojového učení (tedy i neuronových sítí) je **klasifikace** (rozpoznávání) prvků do **tříd** podle známých údajů, **příznaků**, a na trénovací množině, skupině dat se známou klasifikací, naučit počítač klasifikovat předkládané prvky. Postupů, jak to lze udělat, je několik:

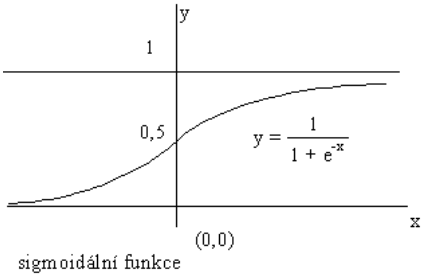
- Statistické metody - využívají pravděpodobnost : NN (nearest neighbour – nejbližší soused : prvek určí stejně, jako nejbližší sousedící prvek), *k*-NN (příslušnost objektu určí podle převahy typů u *k* nejbližších sousedů) a Bayesův klasifikátor (odhaduje pravděpodobnost, že prvek patří k určité třídě).
- Genetické algoritmy – na základě vývoje objektů a vnášení mutací postupně v generacích posiluje žádoucí znaky či vlastnosti
- Rozhodovací stromy a lesy – podle příznaků postupně určuje klasifikaci, pro větší věrohodnost výsledků se užívá kombinace rozhodovacích stromů, tj. *rozhodovací lesy*
- Neuronové sítě – viz. dále

Volba postupu závisí na řešiteli, určitá metodika má však i své "speciality", problémy, které umí řešit lépe než ostatní.

Aby bylo možné problém zjednodušit, je třeba vytvořit model biologického neuronu. Ten existuje již od roku 1958, nazývá se **perceptron** a užívá se s obměnami dodnes. Tato "buňka" má více vstupů x_i a jeden výstup y, jenž může být předán více neuronům jako vstup. Význam vstupu je určen synaptickou vahou vstupu (spoje) w_i. Práh neuronu Θ určuje, při jaké hodnotě bude neuron aktivován. Výstupní hodnota neuronu je určena funkcí



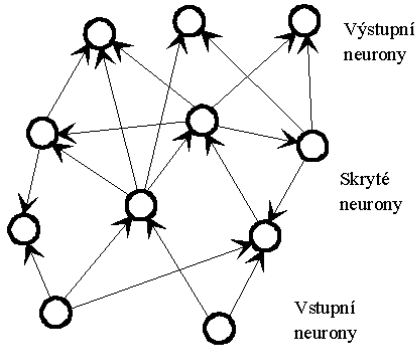
$$y = \Phi\left(\sum_{i=1}^{n} x_i w_i - \Theta\right),$$



sigmoidální funkce

tedy součtem vstupů vynásobených vahami a zmenšeným o práh, a na tento výsledek se aplikuje libovolná aktivační (přenosová funkce) Φ[fí], např. čistě binární funkce ($x < 0$, pak $f(x) = 0$; $x \geq 0$, pak $f(x) = 1$), nebo sigmoidální funkce (viz. obr., příznakový prostor dělí přímkami) a RBF (Radial Basis Function) funkce (ty dělí prostor elipsoidy, např. $y = e^{-\frac{1}{2}x^2}$). Výstup je buď konečným výsledkem, nebo je předán dalším neuronům.

Neuronová síť je struktura složená z neuronů spojených orientovanými spoji (vedou od někud někam). **Právě hrany (=spoje) určují schopnost učit se a spolu s neurony skladují nabyté dovednosti**. Síť je tedy určena množinou neuronů a množinou orientovaných hran. Obecné (tj. nepravidelně, náhodně propojená, viz. obr.) síťě ještě nejsou dostatečně prozkoumány kvůli značné složitosti dějů a paralelizaci výpočtu. Učení probíhá na základě trénovací množiny Proto jsme se dále zabývali **vrstevnatými** sítěmi.



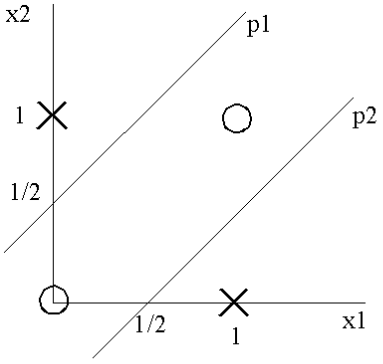
Obecná neuronová síť

Ty se vyznačují zjednodušením : neurony jsou uspořádány do vrstev a spoje vedou pouze do vyšších vrstev, tj. od vstupní směrem k výstupní, což umožnilo systematickou minimalizaci chybové funkce sítě (její **učení**), která indikuje naučenost komplexu. Jednou z postupů je tzv. back-propagation (zpětné šíření chyby sítě, tj. od výstupu ke vstupu). Chyba je rozdíl očekávaného výsledku (známý z trénovací množiny) a zjištěného výstupu. Celková chyba sítě se vypočítá $E = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} \left\| F(X_i) - y_i \right\|$, kde funkce F je funkce realizovaná neuronovou síťí, X_i trénovací vzor a y_i výstup pro daný vzor. Problémem tohoto postupu je, že najdeme jen lokální minimum chybové funkce, tj. nenajdeme nejlepší řešení.

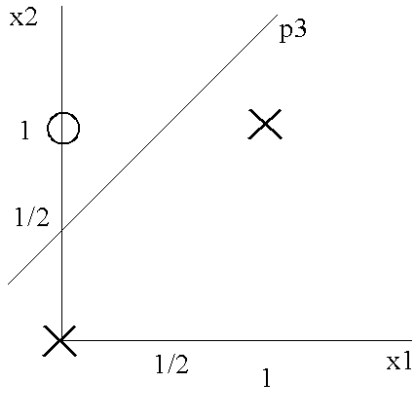
Příkladem užití neuronové sítě je realizace logické funkce XOR (nonekvivalence, viz. vpravo). Chceme rozdělit příznakový prostor tak, abychom oddělili žádoucí (křížky) a nežádoucí prvky (kolečka, obr.1). Problém je v tom, že příznakový prostor XORu není lineárně separabilní, a proto nelze řešení realizovat jedním perceptorem. Potřebujeme dva perceptrony, dvě přímky (každý perceptron znamená jednu přímku).O hodnotě výstupu perceptronu rozhoduje přímka 0 = x1.w1 + x2.w2 – h. Je-li daný "bod" nad ní, dostaneme 1, jinak 0. Získáme dělicí přímky (zvolíme, jak přímkami rozdělit daný prostor) **p1: - x1 + x2 – 1/2 = 0** a **p2: - x1 + x2 +1/2 = 0**. Nyní spočteme výstup (tj. levou stranu rovnic přímek) těchto perceptronů dosazením učebních vzorů na vstup (x1 a x2 z tab.1). Je-li větší nebo roven nule, výstup je 1, jinak 0. Výstupy z prvních dvou perceptronů (p1,p2) přecházejí na vstup další vrstvy, jejíž příznakový prostor je na obr. 2. Problém je vyřešen, jelikož tento prostor lze již rozdělit jedinou přímkou, užijeme jeden preceptron p3. Zvolíme dělicí přímkou, zapíšeme rovnici : p3: **- x1 + x2 – 1/2 = 0**. Vstupem pro tuto rovnici (a tento perceptron) je výstup první vrstvy. Který označit křížkem a který kolečkem? Kolečka jsou ty výstupy první vrstvy, které vznikly ze vzoru první vrstvy a u nichž je výsledkem funkce XOR 0, tedy výstup (0,1). Dosadíme tedy (0,1) a zjistíme, jestli dostaneme 1 nebo 0. Výsledkem dosazení je kladné hodnota, tedy výstup jedna, ale zkoumaný bod tam nepatří, funkci tedy obrátíme, tj. vynásobíme mínus jedničkou. Známe tedy rovnice, nyní je zapíšeme do neuronové sítě. Pro přepis do neuronové sítě vezmeme koeficienty z rovnic: pro p1: váha z x1 = -1, z x2 =1, práh – 1/2; pro p2 : váha z x1 = -1, z x2 = 1, práh 1/2. Obdobně pro p3. Na obrázku vpravo je znázorněno řešení, u šipek jsou váhy, v kostičkách prahy.

x1	x2	x1 XOR x2
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Tab.1.: XOR

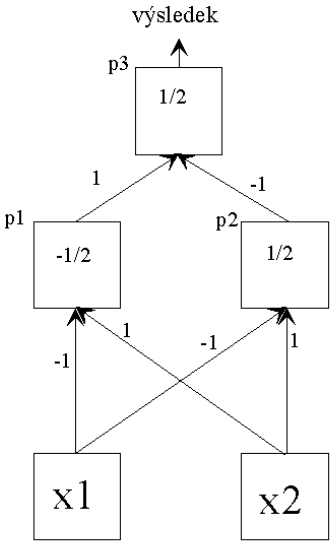


Obr. 1: Příznakový prostor funkce XOR



Obr. 2: Příznakový prostor 2.vrstvy

vzor		výstup	
x_1	x_2	p_1	p_2
1	1	0	1
1	0	0	0
0	1	1	1
0	0	0	1



Řešení problému XOR

3 Shrnutí

Neuronové sítě jsou bezesporu zajímavým řešením problémů, zejména proto, že nemusíme znát alogoritmus pro řešení problému, je tedy jakousi černou skříňkou. Nevýhodou tohoto postupu je, že je obtížné najít správné propojení neuronů a pomalé učení sítě. Při dobrém naučení však poskytuje přesnější výsledky než konkurenční metody. Neprozkoumané, složitější sítě jsou výzvou do budoucna.

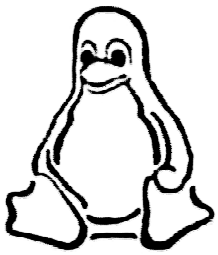
Poděkování

Poděkování fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a supervizorovi ing. Emilu Kotrčovi z katedry matematiky.

Reference:

[1] Hakl, Fr. – Holeňa, M. : Úvod do teorie neuronových sítí, Ediční středisko ČVUT, Praha 1997. (www.cs.cas.cz/~hakl)

LINUX Lab



Supervizor: Ing. V. Chalupecký

Miroslav Frýdecký	Gymnázium Šternberk	frydecky@centrum.cz
Vlastimil Mikeš	SOŠ Blatná	vlml@seznam.cz
D. Lessner	Gymnasium B. Bolzana Praha	dan.lessner@centrum.cz
M. Kapusník	Gymnasium Zábřeh	dalerunner@cmail.cz
M. Anděl	Gymnasium Jeseník	diablocz@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s operačním systémem GNU/Linux a srovnat jej s těmi, které jsme používali až dosud. Také nás zajímalo, proč mnozí přestali koukat z wokna a místo toho zkoumají tučňáky.

1 Seznámení s Linuxem

Mnoho pokročilých uživatelů PC nemůže přijít na jméno Billu Gatesovi a hlavně OS Windows. A přitom je již od r.1991 vyvíjen alternativní OS pojmenovaný podle iniciátora vývoje Linuse Torvaldse – Linux. Jeho rozvoj významně napomohl šíření filosofie OpenSource. Tohoto se striktně drží i programy pro něj vyvíjené.

2 LINUX podrobněji

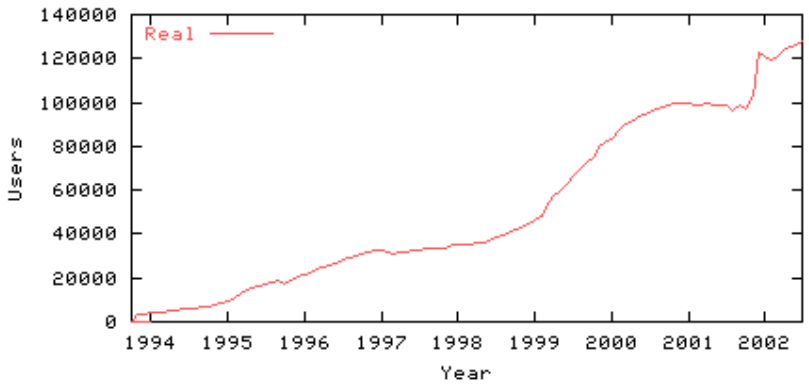
- Je napsán jako kompletní přepis UNIXu. Nepoužívá žádný kód, který by byl chráněn autorskými právy AT&T nebo Unix System Laboratories, díky tomu může být na internetu distribuován zdarma. Je k dispozici se zdrojovými kódy (jedná se o public domain) a tak se na internetu objevují i jeho různé modifikace. Některé společnosti se věnují vytváření distribucí (např. RedHat, Slackware, Caldera, Debian, SuSe a další). Obyčejně ve dvou provedeních – free (za cenu média) a komerční verze (s přidanými produkty třetích stran).
- Nároky na Hardware:

Procesor:	386
RAM:	2 MB (doporučeno alespoň 4 MB)
HDD:	základní systém cca 12MB, síť 6MB, XWindow 15-30MB, vývojové prostředky 10MB

- Software: Autoři softwaru pro Linux tvoří různorodou skupinu. Jsou mezi nimu jak zavedené komerční firmy, tak i zájmová sdružení a nadšení jednotlivci. Výsledkem jejich práce je obrovské množství prodktů , a proto existují na internetu servery zabývající se indexováním programů (např.: ll.cz, www.linux.org).

3 Shrnutí

Úspěšně jsme se seznámili s Linuxem a možnostmi jeho využití. Dokázali jsme si, že se z původně studentského nápadu vyvinul OS použitelný jak pro server tak i pro desktop a zařadili jsme se do stále se rozrůstající linuxové komunity (viz graf vývoje registrovaných uživatelů Linuxu v čase). Podle současného odhadu užívá Linux asi $1{,}8.10^7$ lidí.



Zvyšující se popularita mluví za vše

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat organizátorům Fyzikálního týdne za poskytnutí specialisty, který se nám ze všech svých sil snažil předat své vědomosti.

Reference:

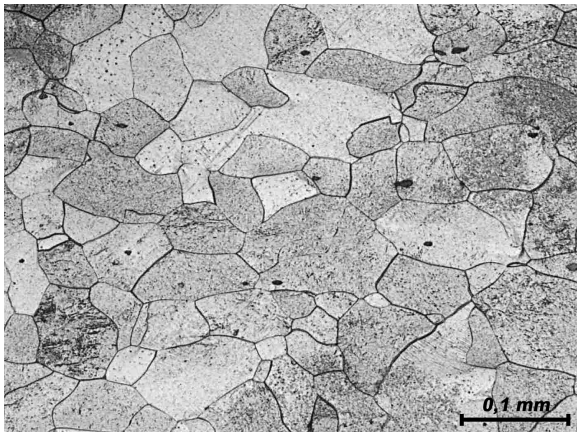
[1] Wartlík,T.: Linux ano či ne www.pcsvet.cz
[2] Wartlík,T.: Mravy Linuxových programů www.pcsvet.cz
[3] Václavovič.J.: Linux na internetu www.penguin.cz

Světelná mikroskopie v materiálovém výzkumu

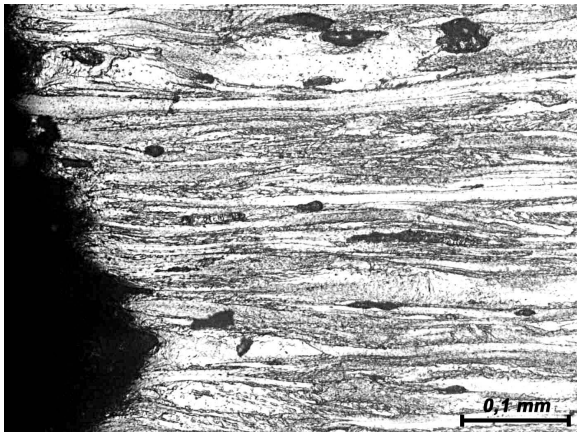
supervisor: Ing. J. Adámek
M. Šmíd (Gym. Bučovice),P. Klimeš (Gym. Bučovice),
V. Dušek (Gym. F. M. Pelcla Rych. n. Kněžnou),
Z. Turický (Gym. Jeseník), O. Bartošek (Gym. Jeseník)

Struktura materiálu má zásadní vliv na jeho vlastnosti, a proto je potřeba tuto stukturu zkoumat. Jednou z metod výzkumu je světelná mikroskopie. Naše práce představuje příklad využití světelné mikroskopie při posuzování rozdílů ve struktůře dvou vzorků s vysokoteplotními nástřiky. Naším cílem bylo připravit metalografický výbrusy a pořídit dokumentaci struktury obou vzorků.

Kovy jsou složeny z malých krystalů, které se nazývají zrna. Zrna jsou ohraničena tzv. hranicemi. Kov však vypadá uceleně a rozdíly jsou patrné až pod značným zvětšením. Velikost a tvar zrn ovlivňuje mechanické vlastnosti materiálu. Z pravidla platí, že čím je velikost zrn menší tím je materiál kvalitnější. Na strukturu materiálu ma vliv i jeho zpracování. Dokladem jsou ukázky struktury tělesa po tahové zkoušce.



Obr.1. Tahem neovlivněná oblast vzorku oceli

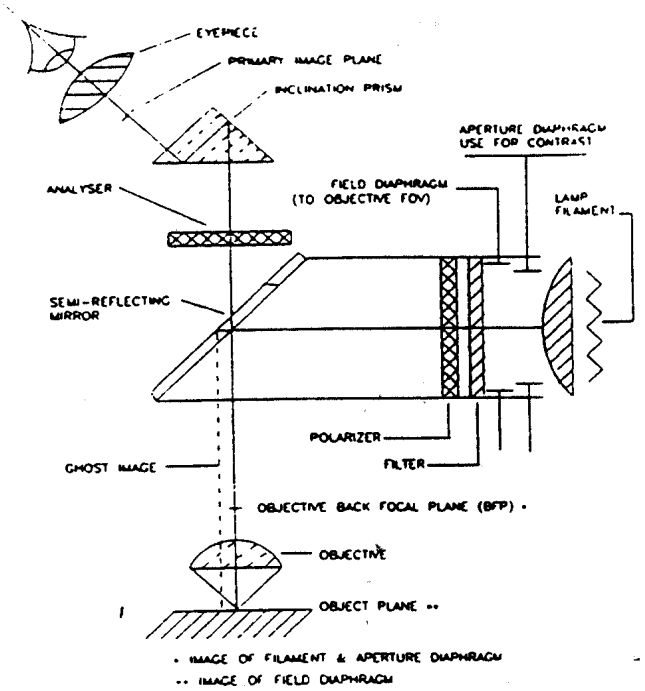


Obr.2.Zrna oceli v místě přetržení vzorku

Na obrázku 1je zachycena původní struktura v neovlivněné oblasti vzorku. Na obrázku 2 v místě přetržení vzorku jsou patrná zrna protáhlá ve směru působící síly (obr.2).

Metalografický optický mikroskop

Kovy nejsou prostupné pro světlo, jako biologické preparáty,proto se v metalografickém mikroskopu pro pozorování využívá světla odraženého od vzorku (obr.3)

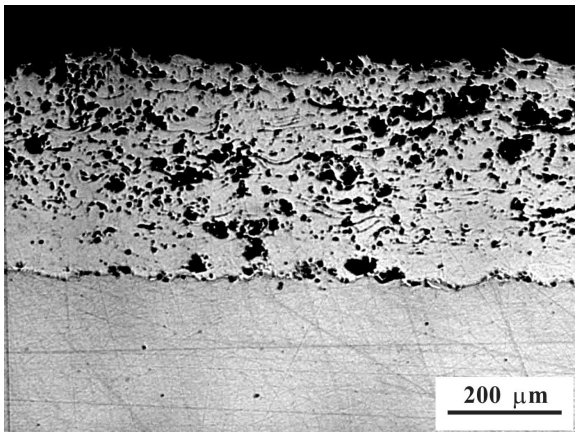


Obr.3 schéma metalografického mikroskopu

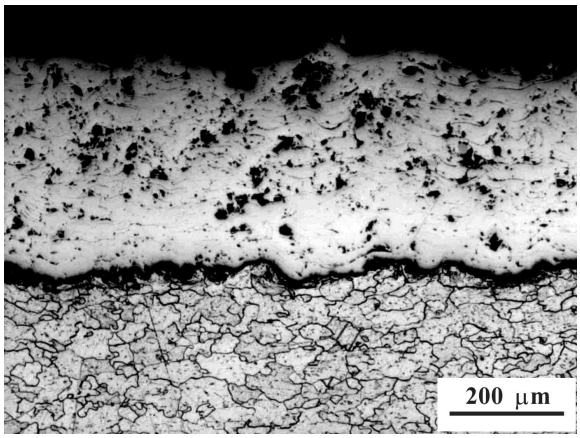
Postup při zjišťování struktury kovového vzorku

Zpracování vzorku

- zalití do epoxidové pryskyřice
- vybroušení (provádí se pod proudem vody, aby nedošlo k tepelnému ovlivnění struktury vzorku)
- leštění diamantovými pastami zrnitosti až do 1 μm
- chemické leptání povrchu roztokem kys. dusičné v alkoholu pro zvýraznění struktury kovu



Obr.4. Vzorek č.1 před naleptáním



Obr.5. Vzorek č.1 po naleptání

Na obr.4 je zachycen vzorek před leptáním a na obr.5 po leptání. V základním materiálu na spodní části obrázku se naleptaly hranice zrna. Zatímco nanešená vrstva zůstala beze změn.

Spektrometrie záření alfa

Ing. Vladimír Linhart
Supervisor projektu, KF FJFI ČVUT, Praha

Tomáš Hlaváček
tomas.hlavacek@softmatch.cz
Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha 4

Tomáš Urban
Gymnázium Kladno

Abstrakt

Článek se zabývá zkoumáním *CdTe* detektoru, jako detektoru pro lékařské aplikace. Je zjišťována schopnost detekovat ionizující záření. V článku je důkladně popsána metoda spektrometrie alfa, která je mocným nástrojem při výzkumu a vývoji plovodičových detektorů.

Byla odměřeny spektra alfa záření detektorem z *CdTe*, jako referenční detektor byl použit křemíkový detektor. V článku jsou spektra důkladně popsána a na jejich základě je stanoveno, že *CdTe* detektor detekuje záření alfa, učinnost sběru náboje je cca 100% a chová se spektroskopicky. Jeho rozlišovací schopnost je však horší než u křemíkového detektoru.

1 Úvod

Metody detekce ionizuicího záření (především rentgenového a gamma) v lékařských aplikacích jsou v součastnosti podrobně zkoumány. K detekci se používají germaniové detektory, které mají potřebnou rozlišovací schopnost. Jejich velkou nevýhodou je, že pracují pouze při teplotě kapalného dusíku. Hledá se proto vhodný materiál, který bude pracovat při pokojové teplotě. Jednou z alternativ je *CdTe*.

Byl nám dán k dispozici vzorek *CdTe*. Pro jeho zkoumání byla zvolena spektrometrie alfa, která je mocným nástrojem při výzkumu a vývoji polovodičových detektorů.

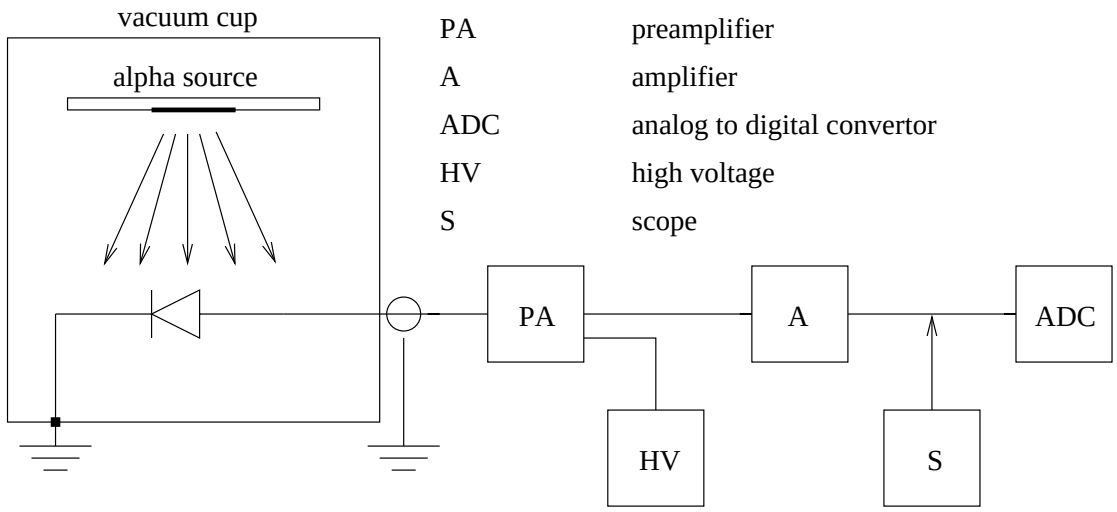
2 Popis vzorků

Fysikálním ústavem University Karlovy nám byl zapůjčen vzorek *CdTe* detektoru D3881A. K porovnání spektroskopických vlastností byl použit *Si* detektor M37 zapůjčený z CERN.

Tvarem *CdTe* detektoru je destička s planparalelními elektrodami pokovená zlatem, jeho resistivita je $3.5\text{x}10^4\text{k}\Omega\text{cm}$ a tloušťka $2050\mu\text{m}$. Byl vyroben Bridgmanovou metodou. Jako dopant byl použit chlor, za účelem snížení vodivosti materiálu.

Si detektor byl vyroben Czochralskeho metodou, jeho resistivita je $46.5\text{k}\Omega\text{cm}$ a tloušťka $996\mu\text{m}$. Na okrajích jsou vrstvy P^+ a N^+, uprostřed je materiál typu N. Vrstva P^+ tvoří PN přechod s materiálem typu N. Hlinikové pokovení, tvořící planparalelní elektrody, je na vrstvách P^+ a N^+.

3 Experimentální uspořádání



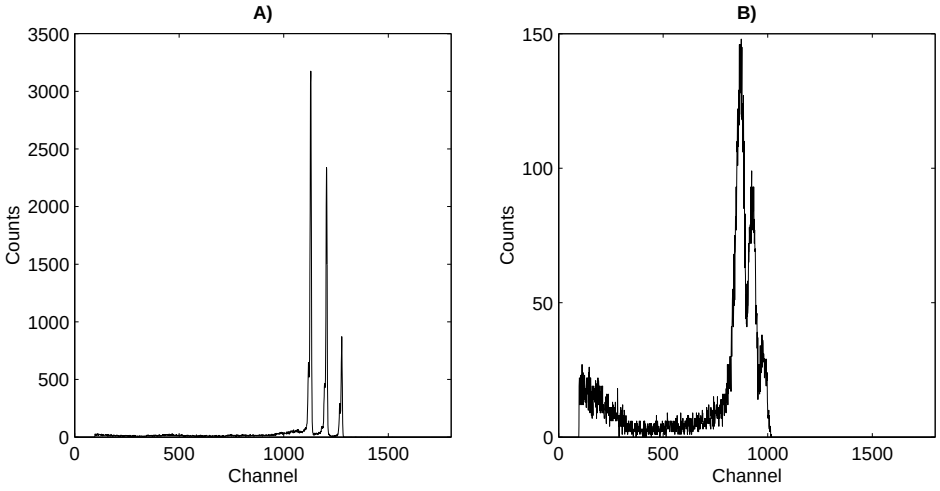
Obrázek 1: Schéma aparatury

Spektrometrie alfa ma řadu výhod, které jsou podstatné pro naši aplikaci. Jsou to především velký náboj, který má dobře definovanou tvorbu a monoenergetičnost svazku částic. Náboj, jenž vzniká v detektoru dopadem alfa částic, se skládá z řádově 10^6 elektron-děrových páru. To je tak velké množství párů, že se dá dobře detekovat. Jako zdroj alfa záření byl použit radioaktivní zářič $^{241}\text{Am} + ^{244}\text{Cm} + ^{239}\text{Pu}$. Ze samovolného rozpadu vzinkají alfa částice o přesně definované energii. Zářič je nanesen ve velmi tenké vrstvě, proto je ztráta energie v ní zanedbatelná. Svazek částic má přesně definovaný dosah v materiálu. Náboj, který se generuje průletem částice alfa materiálem, má tedy dobře definovanou velikost.

Aparatura (viz. Obrazek 1) se skládá z detektoru, umístěného ve vakuové nádobě společně se zářičem alfa. Důvodem je velká pravděpodobnost srážky částice alfa s molekulami vzduchu za běžného tlaku, která může být príčinnou změny energie. Vzniklý signál je z detektoru veden do předzesilovače (PA). Jeho úloha je impedanční přizpůsobení zdroje signálu pro další zpracování zesilovačem, který má malý vstupní odpor. Vysoké napětí (HV), potřebné ke sběru náboje, je dodáváno zdrojem KEIHTLEY přes předzesilovač. V něm je umístěn sériový odpor, který odděluje zdroj vysokého napětí od detektoru. Důvodem jeho použití je potřeba napájet detektor měkkým zdrojem napětí. Signál je dále veden do zesilovače. Bylo použito

zesílení 50x a tvarovací konstanta byla 0.5μs. Na výstupu zesilovače je možné signál sledovat oscioskopem (S). Konečné zpracování probíhá v A/D převodníku s pamnětí. Interval napětí (typicky 0-8V) je A/D převodníkem rozdělen na napěťové intervaly - kanály. Pro získání spektra se zaznamenává četnost výskytů impulsů spadajicích svou velikostí do jednotlivých kanálů.

4 Výsledky měření



Obrázek 2: Spektrum pro A) *Si* detektor, B) pro *CdTe* detektor.

	^{239}**Pu**	^{241}**Am**	^{244}**Cr**
Detektor *Si* [kánal]	1129	1204	1277
Detektor *CdTe* [kánal]	868	923	977
Přepočtené polohy pro *CdTe*	870	927	983

Tabulka 1: Polohy peaku detekované *Si* detektorem, *CdTe* detektorem a přepočteně z *Si* detektoru na *CdTe* detektor.

Byla odměřena spektra pro oba detektory (viz. Obrázek 2). Na spektru A) (*Si* detektor) i na spektru B) (*CdTe* detektor) jsou vidět tři peaky které odpovídají energiím zářičů ^{241}Am, ^{244}Cm, ^{239}Pu. Peaky u *CdTe* detektoru jsou posunuty doleva a mají jinou širku.

Posun je způsoben tím, že v *CdTe* se při dopadu ionizujicího záření generuje jiné množství elektron-děrových páru než v *Si*. Energie potřebná na generaci jednoho elektron-děrového páru je pro *Si* 3.62eV/1ehp (ehp: electron-hole pair) [1] a pro *CdTe* 4.7eV/1ehp [2]. Dle Tabulky 2 vidíme, že hodnoty energií v *CdTe* odpovídají hodnotám vypočteným podle energií v *Si*. Výpočet byl proveden podle vzorce:

$$p_{CdTe} = \frac{w_{Si}}{w_{CdTe}} * p_{Si}, \tag{1}$$

kde p je poloha peaku, w je energie potřebná na vytvoření jednoho elektron-děrového páru.

Šířka peaku v polovině jeho výšky určuje rozlišovací schopnost detektoru. Rozlišovací schopnost *Si* detektoru nám umožňuje vidět jemnou struktůru peaků (viz. Tabulka 2). V levé části spektra se nachází šum, který je u *CdTe* detektoru větší. V případě detektoru *CdTe* je šířka peaku větší, proto jemná struktůra není vidět. Je tedy patrné, že rozlišovací schopnost *CdTe* detektoru je horší, nicméně detektor se v tomto případě stále chová spektroskopicky.

5 Závěr

Odmeřili jsme spektrum použitého zářiče pomocí *Si* i *CdTe* detektorů. Zjistili jsme, že *CdTe* detektor detekuje alfa záření. Signál z *CdTe* detektoru je spektroskopický. Kvalita signálu je dána FWHM pro

	^{239}**Pu**	^{241}**Am**	^{244}**Cm**
Energie 1 (četnost)	5.1534MeV (88.4%)	5.4857MeV (86%)	5.8049MeV (76.6%)
Energie 2 (četnost)	5.1046MeV (11.5%)	5.4429MeV (12.7%)	5.7629MeV (23.3%)

Tabulka 2: Energie alfa částic a jejich četnosti.

Si: (47±3)keV a pro *CdTe*: (230±40)keV. Učinnost sběru náboje je cca 100%. Materiál doporučujeme k dalšímu zkoumání.

6 Poděkování

Rádi bychom poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inzenýrské za připravenou akci, universitě ČVUT Praha za umožnění vstupu do laboratoří a použití přístrojů, Fyzikálnímu ústavu Karlovy university za zapůjčení *CdTe* detektoru a CERNu za zapůjčení *Si* detektoru.

Reference

[1] Linhart, V. : **Detektory ionizujicího záření na bázi III-V materiálů**, Rešeršní práce, 1996.

[2] Osobní sdělení, E. Belas

Difrakční jevy v optice

Autoři: Tomáš Hebelka*, Vladimír Hobza**, Michal Marek***,
Michal Široký****

* Gymnázium Brno Vídeňská
** Slovanské gymnázium Olomouc
*** Gymnázium Bučovice
**** Gymnázium Plasy

Supervisoři: Dr. Ivan Richter
Ing. Jan Kratochvíl

Abstrakt:
Pozorování difrakce laserového záření na mřížkách a štěrbinách. Pozorování a objasnění difrakce na několika typech difrakčních mřížek - existence difrakčních řádů. Pozorování difrakce v bílém (nekoherentním) světle - jev disperze na mřížce, spektrum viditelného záření. Ukázky syntetických difraktivních struktur - počítačových hologramů.

2 Tělo příspěvku

Používali jsme zařízení katedry fyzikální elektroniky FJFI – ČVUT v Praze. Využívali jsme argonový a helium – neonový laser o vlnové délce 458 nm a 633 nm. Dále jsme pro experimenty používali optické členy, difrakční štěrbiny, mřížky. Jako záznamový materiál pro interferenční pole (výroba hologramů, mřížek) byli použity skleněné desky pokryté vrstvou stříbra nebo fotorezistu.

Přímo jsme pozorovali difrakci světelného paprsku promítnutím na stínítko. Mřížku i hologram jsme zaznamenali přímým interferenčním schématem. Podařilo se nám pochopit základy difrakce a interference a za pomoci supervisora jsme vyrobili fázovou mřížku a hologram.

Mřížka vyrobená na fotorezistu měla nízkou účinnost, protože nebyl dostupný laser s vhodnější vlnovou délkou (400 nm). Zaznamenaný hologram byl transmisního typu a bylo možné ho rekonstruovat pouze koherentním světlem (laser). Kdybychom chtěli vyrobit „duhový“ hologram, museli bychom použít další technologické postupy při výrobě, což by bylo časově náročné.

3 Shrnutí

Mnoha zajímavými experimenty jsme ověřili vliv difrakčních jevů na laserový paprsek. Různými způsoby jsme zkoušeli rozklad na štěrbině a mřížce. Pomocí modrého laseru jsme si vytvořili vlastní mřížku. Vyzkoušeli jsme si vytvořit i hologram skleněné vázy a celou tuto práci jsme zdokumentovali v naší prezentaci.

Difrakční jevy v optice budou mít v budoucnu velké uplatnění např: Dělení dat tekoucích optickým kabelem, holografickou paměť a mnoho dalších.

Poděkování

Nejprve bychom chtěli poděkovat za uskutečnění této akce, které nám zajistila přijatelné podmínky pro práci. Jednak finanční dostupnost a bohaté spektrum výběru zajímavých témat. Snad největší poděkování náleží našim supervisorům, kteří svým profesionálním přístupem a obětavostí nám poskytli možnost nahlédnout do tajů fyziky.

Pevnolátkové lasery

Jan Berka
Gymnázium Zábřeh
berka.jan@ova.pvtnet.cz

Július Horváth
Gymnázium M. R. Štefánika Nové Mesto nad Váhom, Slovensko
julkohorko@post.sk

Jan Kraček
Sportovní gymnázium a Gymnázium Kladno Sítná
kracek@raz-dva.cz

Abstrakt:

Pevnolátkové lasery jsou bezesporu nejpoužívanější ze všech typů ,se kterými se dnes můžeme setkat protože poskytují nejlepší poměr cena-výkon. Z toho důvodu jim právem patří veliká pozornost.V úloze se seznámíme s teorií laseru, dále pak sestavíme kontinuální Nd:YAG laser ,na kterém budeme pozorovat základní vlastnosti tohoto druhu laseru: časový průběh intenzity vysílaných paprsků; „dobu života“; příčnou strukturu svazku.

1 Úvod

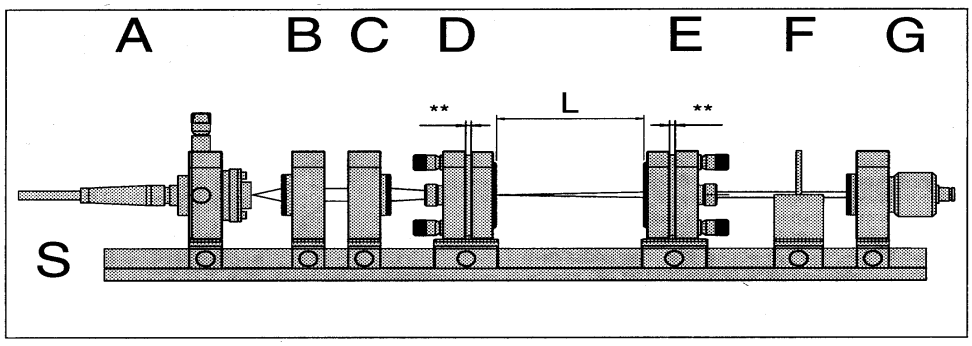
Laser je akronym z anglického „light amplified by stimulated emission of radiation“.
Laser je zařízení, které využívá jevu stimulované emise fotonů na vytváření koherentního záření. Při popisu principu laseru se setkáváme s těmito třemi základními pojmy:

1. Inverze populace: Situace, při kterým je na vzbuzené hladině více elektronů než na hladině základní. Toto se může docílit vhodným čerpáním aktivní látky. Toto čerpání může být optické (výbojka nebo dioda) ,elektrické (výboj nebo proud procházející p-n přechodem), chemické (chemické reakce vytvářející vhodné molekuly nebo ionty), čerpání jadernými reakcemi a.j.
2. Aktivní prostředí: Látka, ve které se elektrony nebo molekuly dají vhodným čerpáním vzbudit na požadovanou pracovní hladinu, ze které pak můžou emitovat záření. Pracovní látkou může být plyn (He:Ne laser , oxid uhličitý), kapalina (Rhodamin-barvivo) ,krystal (rubín, Nd:YAG, Er:YAG), polovodič (GaAs, GaAsN), molekuly (XeCl, XeF) nebo plazma (C^{5+}).
3. Otevřený rezonátor: Dutina, do které se vkládá aktivní látka a která zajišťuje jev zpětné vazby. Většinou je tvořena dvěma zrcadly, ze kterých je jedno polopropustné a druhé odrazné. V podstatě jde o to, že emitovaná vlna z aktivní látky se odráží nazpět a při zpětném přechodu vzbuzuje další a další vynucené emise fotonů.

Pro realizaci laseru je třeba zvolit takové aktivní prostředí, ve kterém lze vytvořit inverzi populace energetických hladin elektronů a současně zabezpečit pomocí otevřeného rezonátoru kladnou zpětnou vazbu pro zesilování generovaného záření.

2 Experimentální uspořádání

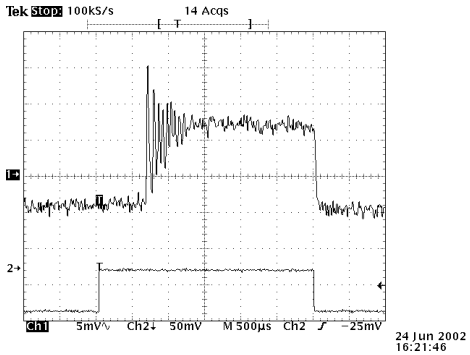
Pro naše experimenty jsme měli k dispozici stavebnici, ze které jsme sestavili laser podle následujícího schématu na obrázku 1.



Obrázek 1: Schéma laseru

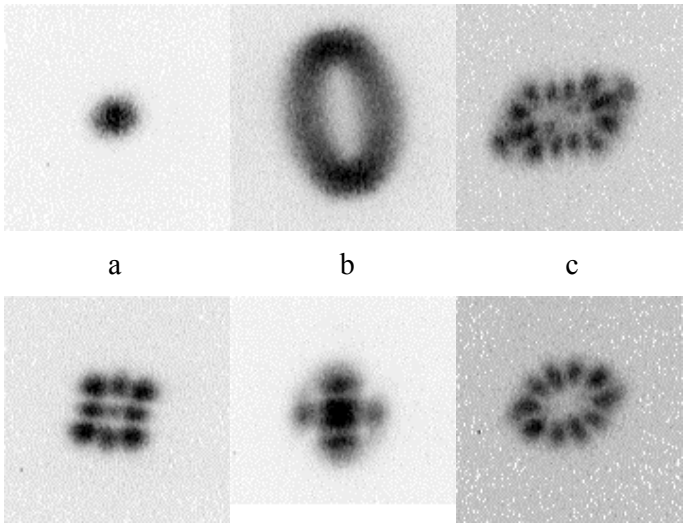
optická lavici	**S**
laserová dioda	**A**
spojná čočka	**B**
sférická spojná čočka	**C**
Nd:YAG krystal	**D**
optický rezonátor.	**D-E**
detektor výstupního záření	**G**

Pomocí osciloskopu jsme změřili časový průběh výstupního laserové záření v porovnání s časovým průběhem budícího záření. (viz obr. 2)



Obrázek 2: Časové průběhy laserového impulsu a čerpacího impulsu.

Pomocí CCD kamery jsme zachytili snímky příčné struktury svazku paprsků.



a b c

d e f

Obrázek 3: Příčné struktury svazků *(add a - základní mód svazku)*

3 Shrnutí

Seznámili jsme se s teorií laseru. V praktické části jsme pak sestavili kontinuální pevnolátkový laser. Získali jsme graf závislosti intenzity vysílaných paprsků na čase, naměřili jsme „dobu života“ elektronů na horní energetické hladině a pomocí CCD kamery zachytili snímky příčné struktury svazku paprsků.

Reference:

[1] Saleh, B.E.A. – Teich, M.C.: *Základy fotoniky - 3.díl* Matfyzpress, 1995

[2] Vrboná, M. – Jelínková, H. – Gavrilov, P.: *Úvod do laserové techniky* ČVUT, 1994

Monitorování okolí jaderného zařízení

F.Sedlák *, D. Tekverk *, R.Starý **
* Gymnázium Ohradní, Praha 4
** ČVUT - FJFI Praha
Sedlak.Frantisek@seznam.cz
kozotrk@volny.cz

Abstrakt:
Zaměřením našeho miniprojektu byla základní dozimetrická kontrola okolí jaderného zařízení - školního reaktoru VR-1 VRABEC. Zahrnovala odběr a měření vzorků půdy, odpadní vody reaktoru a moderátoru na spektrometrickém scintilačním detektoru.

1 Úvod

V současné době se používají jaderná zařízení, která produkují záření. Toto záření může škodit. Cílem našeho miniprojektu bylo stanovit míru radioaktivního zamoření okolí školního reaktoru VR-1 VRABEC. Jednalo se převážně o zjištění kontaminace půdy v okolí radioaktivními izotopy, radioaktivního znečištění odpadní vody z reaktoru a aktivity moderátoru. Z těchto měření bychom si měli moci utvořit představu o tom, jaký vliv má reaktor na životní prostředí.

2 Monitorování okolí

K dispozici jsme měli kalibrační zářič EG-1 863-62 (Cs 137), scintilační sondu NNC211 s detektorem typu SKG 637821 pro měření vyzařovaného spektra γ, pH – metr, laboratorní váhy, měřící Marinelliovu nádobu, vzorky moderátoru, odpadní vody a půdy z okolí reaktoru o objemu 0,45 l.

Nejprve jsme provedli energetickou kalibraci scintilační sondy pomoci kalibračního zářiče. Následně jsme stanovili aktivitu pozadí. Teprve poté jsme vzorky zvážili pomocí laboratorních vah, zjistili jejich pH a aktivitu. Aktivity byla měřena po dobu 800 s. Výsledky našich měření jsou znázorněny v tabulce č.1.

	Počet impulsů	Hmotnost [g]	pH
Odpadní voda	5216	429	7,47
Moderátor	5315	468	6,3
Půda	8107	659	---
Pozadí	5051	---	---

Tab.1.

Tato metoda je dostatečně přesná pro zjištění přibližných řádových hodnot aktivity vzorků. Tyto vzorky, především vzorky půdy a odpadní vody jsou dostatečně reprezentativní ve spojení s TLD (jež vykázali pouze minimální stupeň kontaminace) pro určení kontaminace životního prostředí radioaktivními izotopy.

3 Shrnutí

Z výsledků, jež jsme získali měřením a porovnáním s hodnotami pozadí a standardními hodnotami (pH) lze usoudit, že bezpečná hranice daná nejen zákonnými předpisy byla dodržena – což znamená, že následky činnosti reaktoru na životní prostředí jsou minimální a pokud se hladina aktivity prostředí podstatně nezmění tak by ani výhledově do budoucna neměl mít reaktor vliv na životní prostředí.

Poděkování

Děkujeme FJFI za uspořádání fyzikálního týdne. Dále děkujeme supervisorovi R.Starému za podstatnou pomoc při vypracovávání miniprojektu a Ing. V. Svobodovi CSc. za skvělou organizaci fyzikálního týdne a přednášek.

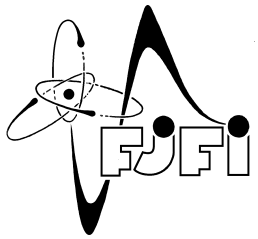
Reference:

[1] Ing. Svoboda V. Csc.: www-fyztyd.fjfi.cvut.cz
[2] Dr. Valášek j.: radioaktivita.hyperlink.cz
[3] Zeman J.: www.fjfi.cvut.cz
[4] T-Soft s.r.o.:www.premis.cz/R_latky.htm

Matematické modelování *Fyzika v medicíně* *Laserová fyzika* *Informatika a software*

Jaderná chemie

Fyzikální vlastnosti materiálů *Jaderná Elementární částice* *Optoelektronika* *bezpečnost a ekologie*



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

České vysokého učení technického v Praze

Vysokoškolské vzdělání v moderních oborech
s tradičně vysokou úrovní

Charakteristika studia na FJFI

- ♣ velmi široké spektrum studijních zaměření
- ♣ spoluúčast studentů 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 absolventů FJFI

- ♦ absolvent FJFI nemá problém s uplatněním - může měřit laserem vzdálenost od Měsíce či propojovat počítačové sítě mezi mrakodrapy; využít teorie grafů v bankovních operacích, na burze či při mariáši; řídit jadernou elektrárnu; určit příčiny havárií letadel, lodí či plynovodů; detekovat libovolné záření (vhodné při seznamování se); vyučovat matematiku a fyziku kdekoliv; být ministrem zahraničí - nebo dělat úplně něco jiného.

♥ užitečná adresa pro další informace:

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
pedagogické oddělení
Břehová 7, 115 19 Praha 1
tel. (02) 2231 0277, fax: (02) 232 08 61
http://www.fjfi.cvut.cz

ΣΤΥΔΙΥΜ ΝΑ ΦϑΦΙ

Fakulta založená původně v rámci čs. jaderného programu, postupně rozšířila svou působnost na široké spektrum matematických, fyzikálních a chemických oborů. Poskytuje vysokoškolské vzdělání tradičně vysoké úrovně s hlubokým matematicko-fyzikálním základem a individuálním přístupem k jednotlivým studentům.
Fakulta je řešena bezbariérově a díky svému technickému vybavení umožňuje studium i zrakově postiženým. Studenti se aktivně podílejí na práci kateder a vědeckých týmů, naučí se nejméně dva světové jazyky, důvěrně se sžijí s výpočetní technikou (mj. každý student má možnost volného přístupu na Internet) a jsou schopni velmi rychlé orientace v mezioborové problematice. Řada z nich absolvuje studijní pobyty na zahraničních univerzitách. Z fakulty odcházejí všestranně připraveni a v praxi jsou vysoce úspěšní.

Studium má formu řádného denního studia (magisterské studium - titul inženýr, bakalářské studium - titul bakalář). Hlavními formami studia jsou přednášky, cvičení (seminární, laboratorní), odborné praxe a konzultace. Studium končí státní závěrečnou zkouškou spojenou s obhajobou diplomové nebo bakalářské práce. Tato práce má tvůrčí charakter a její příprava a zpracování probíhá v přímé návaznosti na konkrétní úlohy z praxe. Fakulta dále organizuje doktorandské studium (tříleté), celoživotní vzdělávání občanů a odbornou výchovu vědeckých pracovníků.

Ve všech oborech a zaměřeních je rozvíjena vědecká práce. V mnoha vědeckých směrech existuje úzká spolupráce s ústavy 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.).
. Studenti jsou zapojováni do řešení vědecko-výzkumných programů a připravováni na moderní kolektivní formy vědecké práce což dává výuce unikátní rozměr.

MAGISTERSKÉ STUDIUM

V prvních dvou ročnících posluchači absolvují úvodní kurs matematiky, fyziky a chemie, který je základem celého studia. V matematice získávají důkladné znalosti matematické analýzy, lineární algebry, seznámí se s počítači a programováním. Na tyto předměty navazují kursy dalších matematických disciplín, jako obyčejné a parciální diferenciální rovnice, numerické metody a matematická statistika. Základní studium fyziky zahrnuje mechaniku, speciální teorii relativity, elektřinu a magnetismus, termodynamiku a molekulovou fyziku, optiku a atomovou fyziku. Druhou část kursu fyziky tvoří experimentální metody, teoretická fyzika (klasická a kvantová), jaderná fyzika a kvantová elektrodynamika. Pro obor Jaderně-chemické inženýrství je základní kurs modifikován se zvýšením důrazu na chemii.

Od třetího ročníku se studenti specializují do zaměření v rámci pěti oborů.

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. Studenti si prohlubují své znalosti v disciplínách potřebných pro vytváření matematických modelů s využitím počítačů k numerickým a symbolickým výpočtům a simulacím procesů nejrůznější povahy pro nejrůznější 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 zaměření: 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, algoritmů, výpočtů 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 zaměření:
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 radiační bezpečnosti provozu jaderných elektráren, rozvoj aplikací radionuklidů a ionizujícího záření v průmyslu, ekologii, biologii a medicíně a minimalizace dopadů 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 zaměření:
Teorie a technika jaderných reaktorů, Jaderná energie a životní prostředí, Dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Radiační 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 procesů porušování ve vazbě na mechanické a strukturní vlastnosti materiálů, životnost výrobků 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 zaměření:
Inženýrství pevných látek, Stavba a vlastnosti materiálů a Fyzikální elektronika.

OBOR JADERNĚ CHEMICKÉ INŽENÝRSTVÍ

V oboru Jaderně chemické inženýrství jsou vychováváni odborníci pro základní a aplikovaný výzkum a praxi v oblasti jaderné chemie, užité jaderné chemie a chemie životního prostředí. Na širokém základě v matematice a fyzice a teoretické i praktické průpravě v základních chemických oborech (fyzikální, anorganická, analytická a organická chemie a biochemie) je rozvíjeno studium jaderně chemických disciplín, přičemž důraz je položen na aplikaci získaných poznatků ve výzkumu a inženýrské praxi.

Absolventi oboru mají teoretické znalosti a dostatečný praktický výcvik pro práci v radiochemických a chemických laboratořích. Ovládají metody detekce ionizujícího záření, separační metody jaderné techniky, radioanalytické a radiačně chemické metody. Jsou obeznámeni s technolgií jaderných materiálů, s radiační ochranou a chemií životního prostředí. Jsou schopni používat radiochemické a chemické metody k řešení analytických, ekologických, fyzikálně chemických a technologických problémů. Nalézají uplatnění ve výzkumných ústavech, zdravotnických zařízeních, v jaderně energetickém a chemickém průmyslu, v projekčních ústavech a v řízení výzkumu i provozu. Obor se dělí do dvou zaměření:
Aplikovaná jaderná chemie a Chemie životního prostředí

BAKALÁŘSKÉ STUDIUM

Bakalářské studium je na fakultě v současné době pojato jako univerzální vzdělání v ***informatice*** s rozšířenou výukou ***jazyků***, plným přístupem k ***Internetu*** a možností získat ***European Computer Driving Licence®*** (uznávanou ve státech EU). V případě zajmu může student při splnění určitých požadavků pokračovat v magisterské nadstavbě a získat titul inženýr.

V zaměření Softwarové inženýrství v ekonomii se připravují absolventi pro budoucí uplatnění jako vysoce kvalifikované programátorsko-administrativní síly se znalostí dvou světových jazyků (angličtina+1) a základů ekonomie, marketingu, manažerství, pojistné matematiky, financí atp. Student může pokračovat v magisterské sériové 2,5leté nadstavbě v rámci zaměření Tvorba softwaru a získat titul inženýr.

V zaměření Jaderná zařízení na solidní matematicko-fyzikální základ vyváženě navazují předměty z teorie a stavby jaderných reaktorů, chemie, strojního inženýrství, elektrotechniky, teorie regulace a informatiky. Profilace zaměření poskytuje absolventům komplexní znalosti zejména pro náročné činnosti v jaderných zařízeních a v oblastech s nimi bezprostředně souvisejících.

V zaměření **Radiační ochrana a životní prostředí** rozšiřují studenti své poznatky do oblasti radiační fyziky a měření, bezpečnostních aspektů využití ionizujícího záření, radionuklidů i ionizujícího záření v životním prostředí a vlivu jaderného průmyslu a technologií na životní prostředí.

V zaměření Laserová technika a optoelektronika je výchova studentů orientována na přípravu odborníků pro užití náročné laserové techniky a technologie ve výrobě, výzkumu, zdravotnictví apod., dále na moderní elementy optoelektroniky, zpracování optických informací, optická měření a optické komunikace.

V zaměření Přístroje a informatika je obecný základ rozvíjen ve směru elektroniky, počítačového hardwaru, řízení přístrojů a procesorů a softwarového inženýrství.

DOKTORANDSKÉ STUDIUM

Cílem postgraduálního doktorandského studia je prohloubení teoretických základů a získání schopnosti samostatné vědecké práce na špičkové úrovni v oborech studia: Matematické inženýrství, Analytická chemie, Fyzikální inženýrství, Fyzikální chemie a Jaderné inženýrství.

Podmínkou pro přijetí je ukončené vysokoškolské vzdělání v příslušném nebo příbuzném oboru a úspěšné složení přijímací zkoušky z matematiky, fyziky, předmětu odborného zaměření a angličtiny.

Studium je organizováno formou přednáškových kursů a seminářů, součástí je samostatné studium literatury a příprava disertační práce. V disertační práci studenti zpravidla řeší konkrétní vědecký problém v rámci některého z odborných týmů na fakultě nebo spolupracujícím pracovišti. Studium je zakončeno rigorózní zkouškou a obhajobou disertační práce.

Studium může mít též externí formu, která je čtyřletá. Zpravidla je při ní využívána úzká spolupráce s pracovištěm, na němž je externí student zaměstnán.

Zájemce o studium zveme k návštìvì tradièní konaných Dnù otevøených dveøí (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F k pøijímacím zkouškám na VŠ technické (od listopadu do března). Uzávěrka pro podání přihlášek ke studiu je vždy 31.března, přijímací zkoušky pak v polovině června (případné druhé kolo na konci srpna).