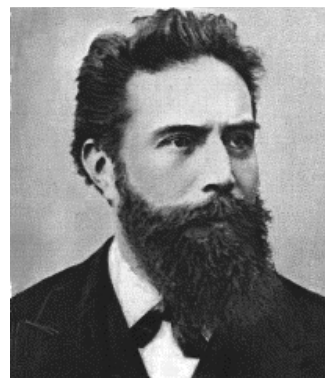


Fyzikální týden na FJFI ČVUT Praha '01

Fyzikální týden

Sborník příspěvků

24.6-28.6



”Já jsem nepřemýšlel, já jsem experimentoval.”

Wilhelm Conrad Röntgen

(100 let od udělení první Nobelovy ceny)

Slovo úvodem

Třetím 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 gymnázií, tito studenti zkusili své síly v 30 miniprojektech, měli možnost navštívit 10 vědeckých pracovišť a navíc mohli večer strávit v planetáriu, hvězdárně či na Křížkové fontáně.

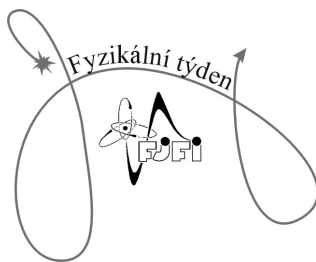
Fyzikální týden je určen fyzikálně nadaným a motivovaným studentům, kteří uvažují o studiu na přírodovědných oborech vysokých škol. Hlavní náplní je seznámení s formou vědecké komunikace, demonstrace vybraných fyzikálních jevů pro hlubší pochopení teoreticky vykládané látky a seznámení s některými tématy 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, Vladimír Pospíšil, Vladimír Linhart, Tomáš Burcl, Tomáš Pěnička a Marek Hlaváček. 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 výbornou pracovní atmosféru.

14. září 2001

Vojtěch Svoboda

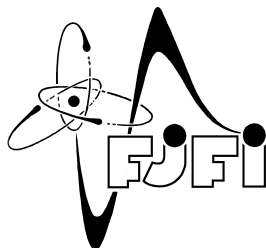
Úvod	3
Obsah	4
Tisková zpráva	6
Jak připravit úspěšnou prezentaci	9
Generátory pseudonáhodných čísel	15
Povolili byste provoz jaderné elektrárny Temelín?	17
Použití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek	21
Lasery a jejich aplikace: pevnolátkové lasery	23
Měření dosahu elektronů na klinickém lineárním urychlovači	24
Kdo znal paprsky X stejně dobře jako W. C. Röntgen	26
Dokázaly by jste udělat po domácku atomovou bombu?	28
Neobvyklé reprezentace reálných čísel	31
Urychlovačem řízené transmutační systémy	33
Holografie	38
Metalografie – práce s optickým mikroskopem	43
Fraktografie a elektronová mikroskopie	44
Atomová optika a kvantová informace	45
Millikanův experiment	48
Chromatografie	50
Franck – Hertzův pokus	53
Spektrometrie záření gama	55
Spektrometrie záření alfa	57
Absorpce světla v pevných látkách	60
Mechanické a elektrické rezonance	62
Mathematica a Famulus	64
Základní experimenty s lasery	67
Stanovení objemových koncentrací radonu	70
Dopplerův jev	72
Měření měrného náboje elektronu	75
Studium rentgenového spektra Cu anody	78
CO ₂ Lasery	79
Informace o Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské	81
Informace o studiu na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské	82



Pořádání akce bylo umožněno díky podpoře těchto organizací:



Nadace
pro podporu teoretické
fyziky



určeno pro okamžitou publikaci

Proběhl 3. ročník Fyzikálního týdne na FJFI ČVUT

Ve dnech 24. - 28. 6. 2001 opět pořádala fakulta jaderné fyziky a fyzikálního inženýrství pražské ČVUT pro zájemce o fyziku z řad středoškolských studentů Fyzikální týden.

Letošní třetí ročník Fyzikálního týdne potvrdil rostoucí zájem studentů o fyziku a především o poslední vývoj na tomto poli. Více než 150 fyzikálně nadaných studentů z celé republiky se účastnilo přednášek, exkurzí a v neposlední řadě sami v malých teamech realizovali více než 30 výzkumných mini-projektů.

V úvodním příspěvku Doc. Ing. Goce Chadzitaskos, CSc., proděkan FJFI pro pedagogickou činnost, zdůraznil důležitost fyziky jako oboru i jejího systematického studia. Následovalo první úvodní seznámení s formou vědecké komunikace, jejíž osvojení bylo zároveň primárním cílem této akce.

Dále v průběhu akce následovaly jak přednášky o nejmodernějších pokrocích současné fyziky (např. v oblasti termojaderné fúze či laserových systémů), tak výlety do historie fyziky nejenom v Čechách v podání vůdčích osobností v oborech.

V rámci deseti volitelných exkurzí se účastníci mohli seznámit s některými tématy vrcholného výzkumu v České republice, opět přímo „z první ruky“. Mezi nejoblíbenější cíle exkurzí patřily například ústavy jaderné fyziky a jaderného výzkumu v Řeži u Prahy, tokamak CASTOR Ústavu fyziky plazmatu AV ČR a pracoviště Fyzikálního ústavu AV ČR.

„V rámci mini-projektů byly studentům pod odborným vedením pedagogů ze všech kateder fakulty přímo dostupné špičkové nástroje a přístroje, jejichž zpřístupnění mladým lidem je klíčovou součástí filozofie jak Fyzikálního týdne, tak celé FJFI ČVUT. Věřím, že je to základ pro hlubší pochopení teoreticky probírané látky.“, říká Ing. Vojtěch Svoboda z KF FJFI ČVUT, v jehož režii celá akce proběhla.

V průběhu samotného Fyzikálního týdne účastníci pracují na mini-projektu dle svého zájmu a v závěru jsou tyto mini-projekty prezentovány před audiencí složenou z dalších účastníků a čestných hostů FJFI ČVUT. Dalším výstupem těchto mini-projektů je sborník, dostupný mj. v nejbližších dnech na webu Fyzikálního týdne (<http://www-fyztyd.fjfi.cvut.cz>).

Mezi nejpopulárnější patřily mini-projekty z oboru laserových systémů, elektronové mikroskopie, dozimetrie a urychlovačů, ale i „klasické“ fyzikální pokusy, historie fyziky či jaderná elektrárna Temelín. Právě společnost ČEZ společně s Nadací pro podporu teoretické fyziky byly partnery Fyzikálního týdne 2001.

Vybraná témata mini -projektů Fyzikálního Týdne 2001 ·

Na **katedře fyziky** na Břehové běžely mini-projekty, které realizovaly **nejznámější pokusy z historie fyziky**. Mezi jinými pokus, dokazující Dopplerův jev (pohybuje-li se zdroj a pozorovatel vlnění, pak se mění kmitočet vlnění), objevený Christianem Dopplerem 1842, kdy působil jako profesor Pražské techniky. Spektrometrie záření alfa, která dokázala, že jádro má vnitřní strukturu a gama, která se dodnes používá k prvkové analýze materiálů. Millikanův pokus, měřící náboj elektronu a pokus e dle m, kde je na principu osciloskopické obrazovky měřen poměr náboje a hmotnosti elektronu. Dále Franck - Hertzův pokus, který byl velice podstatný při obhájení kvantové teorie, když dokázal, že energie elektronů je kvantována. V rámci mini-projektu Mechanické a elektrické resonance byly studovány mechanické a elektrické oscilátory a hledány analogie mezi nimi. Team mini-projektu Studium rentgenového spektra měděné anody pod vedením Doc. RNDr. Zlatka Maršáka, CSc. měřil vlnovou délku a energii záření vycházejícího z Cu anody na LiF krystalu. Členové teamu mini-projektu Atomová optika a kvantová informace si pod vedením Doc. Ing. Igor Jexe, DrSc. pokusy (difrakce na šterbině, Michelson-Morleyův pokus) ověřil dualistickou podstatu světla a teoreticky ji abstrahoval i na atomy. Mj. diskutoval i kvantové počítače a mnohé další zajímavosti. Téma softwaru pro práci s matematikou na počítači, které rozpracoval mini-projekt Mathematica a Famulus je bezpochyby naprosto krucální a právem byla prezentace tohoto projektu jedna z neočekávanějších.

Katedra fyzikální elektroniky v Troji a tak **katedra fyziky** hostovaly 4 mini-projekty, které se zabývaly lasery, jak teoreticky (Seznámení s lasery, jejich dělení, Pevnolátkové lasery), prakticky (studium systémů realizovaných na KFE, Základní experimenty s lasery, sestavení Nd^{3+} laseru, Kalibrace spektrometru), tak i jejich aplikacemi – např. Holografii (trojrozměrné zobrazování objektů, zachycující i fázi vlny), nebo gravírování dřeva CO_2 lasery.

Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, která sídlí na Břehová ul., ale často pracuje po celém území republiky, například na aplikacích v medicíně nebo na měřeních záření gama a neutronů v meziskladech či Temelínské jaderné elektrárně, se ujala vedení mini-projektů Použití radionuklidové rentgeno fluorescenční analýzy ke studiu památek, Měření dosahu elektronů na klinickém lineárním urychlovači v nemocnici Na Homolce, Využití termoluminiscence v dozimetrii a Stanovení objemových koncentrací radonu.

Na **katedře jaderných reaktorů** v Troji pracovali studenti, kteří si zvolili mini-projekty Dokázali byste udělat po domácku atomovou bombu?, který diskutoval problematiku na Internetu široce dostupných kuchařek, Povolili byste provoz JE Temelín?, který na základě údajů i prognóz o spotřebě energie atp. formuloval základní pro a proti jak jaderné energetice obecně, tak jaderné elektrárně Temelín, a konečně Urychlovačem řízené transmutační systémy, který se studoval dnes tak slibně se vyvíjející transmutační systémy (ADTT).

· Text tohoto článku je vhodný pro vložení do samostatného textového pole, příp. s odlišným pozadím.

určeno pro okamžitou publikaci

Katedra matematiky na Trojanově ulici vedla mini-projekty Neobvyklé reprezentace reálných čísel 1D na kvazikrystalech, a Doc. Ing. Edita Pelantová, CSc. se laskavě ujala mini-projektu Generátory pseudo-náhodných čísel, stujícího základní algoritmy generování pseudo-náhodných čísel, používané např. v oblasti počítačové bezpečnosti.

Na **katedře materiálů** na Trojanově ulici hostovali mini-projekty Elektronové mikroskopie a jejího využití v letectví, především pak ve metalografii a fraktografii (studiu lomů a deformací látek), **katedra jaderné chemie** projekty Plynová a kapalinové chromatografie, a v neposlední řadě Prof. Ivo Kraus, DrSc. z **katedry inženýrství pevných látek** se laskavě ujal mini-projektu Kdo znal paprsky X stejně dobře jako W.C.Röntgen, kterému zprostředkoval jedinečnou exkurzi do depozitářů Technického Muzea. Ke všem účastníkům pronesl krásnou přednášku o životě a díle W. C. Röntgena, za což mu patří dík.

Jak připravit úspěšnou prezentaci

Jakub Mareček
Gymnasium Vídeňská,
Brno

Lucie Sůkupová
Simona Viziblová
Gymnasium Hodonín

Faktory:

- téma
- prezentace
- osoba

Vaše téma:

Kdo je posluchač? Co chci?

- odbornost
v přednášeném oboru
⇒ co nejnižší, max.
poslední min. odborné
- další odbornosti?
- formálnost
- čeho chcete dosáhnout
- o čem chcete mluvit

Vaše prezentace:

*Omezovat, omezovat,
omezovat.*

- nemáte čas, omezte téma na jeden podstatný bod
- všichni potřebují vědět, jak po sobě slidy následují
- rovnice a tabulky jsou pomalé
- vizuály a odkazy na ně

Vaše osoba:

Budte slušní.

- přesvědčivý, sebejistý
- kontakt s posluchači, přátelské tváře
- získejte co nejdříve pozornost
- úvod, představení sebe i tématu, obsah, shrnutí
- mluvte jasně a srozumitelně, krátké věty

Vaše osoba (cont.):

Otázky

- budte uvolněný,
určitě ne agresivní,
neblafujte
- nepřerušujte,
zrekapitulujte, odkazujte
se na prezentaci
- máte právo říkat
„Nevím“, naučte se
říkat „děkuji“

Závěr:

Shrnutí

- Kdo je posluchač? Co chci?
- Omezovat, omezovat, omezovat.
- Buďte slušní.

Vaše otázky?

Generátory pseudonáhodných čísel

Jakub Galgonek
Michal Heppler
Petr Janata
Alexandr Kazda
Tomáš Urban

Za skutečně náhodnou posloupnost délky n považujeme posloupnost, k jejímuž vyjádření je potřeba všech n čísel. Nelze ji tedy vyjádřit pomocí několika parametrů a podmínek.

Náhodná čísla využíváme v simulacích, kde chceme, aby určitá situace nastala s danou pravděpodobností. Např. simulujeme-li růst stromu, chování zvířat, vývoj trhu nebo integrujeme-li složitou funkci, která se nedá vyjádřit primitivní funkcí (metoda Monte Carlo¹).

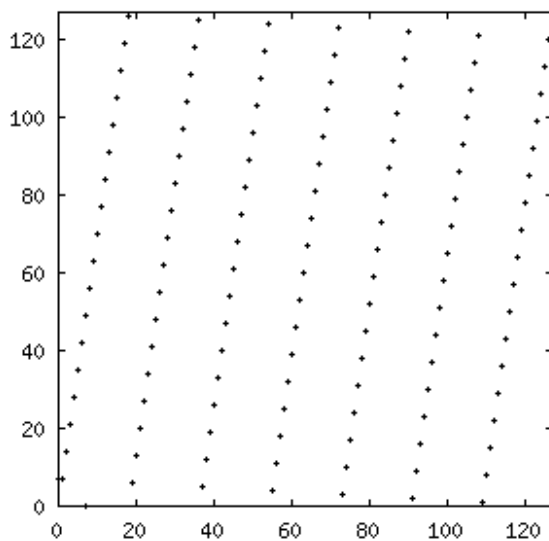
Generátory náhodných čísel užívají deterministický algoritmus jímž se snaží přiblížit skutečné náhodě. Kromě algoritmu potřebuje každý generátor inicializační hodnotu (často získané z nedeterministického systému, např. ze systémového času), což je počáteční hodnota, ze které se určují opakováním nějakého postupu další. Pro stejné inicializační hodnoty dostaneme i stejné posloupnosti. Většina generátorů vytváří rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti, které se dá upravit podle požadavků např. na normální rozdělení.

Lineární kongruentní generátory (LCG)

Čísla x se generují podle vzorce: $x_{i+1} = (a \cdot x_i + b) \bmod m$, kde a , b , m jsou přirozené konstanty (na jejich vhodné volbě závisí kvalita generátoru).

- Výsledkem je řada celých čísel o velikosti od 0 až do $m-1$.
- Výsledná řada je periodická, perioda řady je nejvýše m .
- I u dobrého LCG generátoru však body $[x_i; x_{i+1}]$ nevyplňují plochu hustě.

Např. pro $x_{i+1} = (7 \cdot x_i + 0) \bmod 127$



Aby nebylo nutné brát neustále nové inicializační hodnoty (a také kvůli zvýšení tzv. kryptografické bezpečnosti), je délka periody důležitý parametr generátoru. Zvýšení periody se dá dosáhnout buď zvyšováním m (což způsobuje pro velká m snížení rychlosti generátoru), nebo spojením několika generátorů.

Nejjednodušší takové spojení je prosté střídání dvou generátorů, liché prvky generuje první generátor, sudé druhý. Tato metoda zvyšuje maximální periodu na $m_1 \cdot m_2$ (pokud jsou m_1, m_2 nesoudělná). Tato metoda je rychlejší než vzít jeden generátor s $m' = m_1 \cdot m_2$.

Složitější je spojení tří LCG (každý má své parametry) tak, že v každém kroku vygeneruje každý z nich jednu hodnotu x_i, y_i, z_i a výsledná hodnota w_i se spočítá jako

$$w_i = \left(\frac{x_i}{m_x} + \frac{y_i}{m_y} + \frac{z_i}{m_z} \right) \bmod 1 \quad (x \bmod 1 \text{ vrací desetinnou část čísla } x, \text{ čili výsledkem jsou}$$

racionalní čísla v intervalu $\langle 0,1 \rangle$). Pro tento generátor jsou zvlášť výhodná čísla objevená

Whichmanem a Hillem jsou to:

$$a_1=171, a_2=172, a_3=170$$

$$m_1=30269, m_2=30307, m_3=30323$$

$$b_1=b_2=b_3=0$$

Perioda je nejvýše $m_1 \cdot m_2 \cdot m_3$, rozdělení hodnot je rovnoměrné.

Kromě toho existují i neperiodické generátory. Například APRNG (Aperiodic Random Number Generator) používá dva LCG a nekonečný dvouprvkový aperiodický řetězec², který určuje, ze kterého generátoru brát hodnotu x_i (pokud je na i -tém místě první prvek, generuje x_i první generátor, pokud druhý, generuje druhý). Protože aperiodickou posloupnost (či aspoň její část) je třeba udržovat v paměti, má tento generátor vyšší požadavky na paměť, než prostý LCG (časová složitost je o také o trochu vyšší, kvůli generování aperiodické posloupnosti), ale zato vytváří skutečně aperiodickou posloupnost a stačí tedy zadat inicializační hodnotu pouze jednou.

Pozn.: 1) Monte Carlo je algoritmus pro přibližný výpočet určitého integrálu nějaké funkce $f(x)$. Bez újmny na obecnosti lze předpokládat, že integrujeme kladnou funkci. Náhodně se určí N bodů $[x, y]$, kde $x \in \langle a, b \rangle$ (a, b jsou meze integrace) a y je omezeno shora a zdola (necht' např. $y \in \langle c, d \rangle$). Poté se spočítají body ležící pod grafem funkce $f(x)$ a výsledek n_0 se vydělí N a dostaneme tak část obsahu obdelníku se stranami $b-a, d-c$, čili

$$\int_a^b f(x) = \frac{n_0}{N} (b-a)(d-c).$$

2) Takovýmto řetězcem je např. fibonacciho řetězec získaný opakovanou substitucí $A \rightarrow ABA, B \rightarrow AB$, přičemž začínáme písmenem A .

$A \rightarrow ABA \rightarrow ABAABABA \rightarrow ABAABABAABAABABAABABA \rightarrow \dots$

Povolili byste provoz jaderné elektrárny Temelín?

Mihulka Jan, Jež Pavel*, Cupal Vladimír**, Pošta Petr***

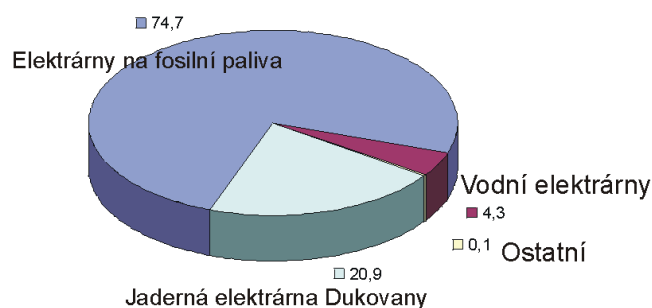
Gymnázium Roudnice nad Labem, ul. Havlíčkova
*Gymnázium Petra Bezruče Frýdek - Místek, ul. ČSA
**Gymnázium Jeseník, ul. Komenského
***Gymnázium Pardubice, ul. Dašická

Úvod

Téma našeho miniprojektu nezasahuje jen do otázek fyziky, ale také politiky či sociologie. Zhodnotíme bezpečnost Temelína a jeho přínos pro naši společnost-republiku. Uvážíme, jakými jinými způsoby by bylo možno získat náhradu za energii z Temelína a jestli tuto energii potřebujeme. Politický stav kolem této elektrárny je všeobecně známý, a proto není tato stránka věcí v naší prezentaci zahrnuta. Z dostupných informací vyvodíme logický závěr, kterým odpovíme na řečnickou otázku v názvu miniprojektu.

O výstavbě Jaderné elektrárny Temelín bylo rozhodnuto v roce 1980 v rámci energetického plánu. Předpokládal výstavbu čtyř jaderných elektráren na území Československa včetně JETE. V roce 1990 vláda rozhodla o snížení počtu bloků JETE ze čtyř na dva. Samotná stavba byla dokončena až nedávno. Během ní se veškeré technologie několikrát modernizovaly, zejména po havárii v Černobylu. Majoritním investorem a provozovatelem je státní firma ČEZ, a.s., která do tohoto projektu vložila nemalé prostředky a úsilí.

Výroba el. energie v ČR podle zdroje v %



Chyby a malé nedostatky, které Temelín má a o nichž nás důsledně informují média, se pokusíme zhodnotit nezájatě. Zjistili jsme, že těchto problémů ve skutečnosti není mnoho a některé jsou značně zveličovány. Ještě bychom nastínili další otázky, na které také budeme postupně odpovídat: Chceme JETE? Co nám JETE přinese a čím nám uškodí? Jaká je budoucnost elektrárny a možnost rozšíření o systém na znovuvyužití vyhořelého paliva ADTT?

Potřebujeme novou elektrárnu?

Neustále se ozývají hlasy, které tvrdí, že novou elektrárnu nepotřebujeme. Že nám stačí ty stávající. To je možná pravda v současnosti, ale rozhodně to nebude pravda už v blízké budoucnosti. Celosvětový trend ve vyspělých státech (např. USA) směřuje ke zvýšení odběru elektřiny. Ve Spojených státech je odběr elektřiny na obyvatele 2x vyšší než u nás a v Kanadě dokonce 3x.

Veškeré prognózy vývoje odběru elektrické energie, které s oblibou používají protitemelínští aktivisté, vycházejí z faktu, že vlivem poklesu průmyslové výroby se v posledních deseti letech odběr nezvyšoval, či dokonce klesal. V současné době se restrukturalizace průmyslu chýlí ke konci a se zaváděním nových technologií, které vesměs využívají elektroniku, se odběr bude přirozeně zvyšovat s možností vývozu el. energie do zahraničí.

V této době vyrábí více než polovinu elektrické energie v ČR tepelné elektrárny. Že tato situace je nebezpečná (závislost na stále se zvyšujících cenách fosilních paliv) jsme dostali vhodný příklad na počátku tohoto roku, kdy vlivem zvýšení cen ropy došlo k totální energetické krizi celého Západního pobřeží USA - jednoho z nejvyspělejších ekonomických regionů světa. Jediným stabilním článkem energetické soustavy byly jaderné elektrárny.

Z těchto faktů vyplývá, že zvýšení výroby elektrické energie v ČR je už nyní nevyhnutelné, neboť až nám bude elektřina chybět, tak bude pozdě, protože výstavba elektrárny trvá několik let.

Alternativní zdroje elektrické energie

Elektřina je možné vyrábět mnoha způsoby, avšak naše geografické podmínky do značné míry determinují jejich úspěšnost. V ČR nejsou žádné veletoky jako Volha, ani rychlé ledovcové řeky jako ve Skandinávském pohoří či v Alpách, proto není možné vybudovat nové velké vodní elektrárny, zvláště vezmeme-li v úvahu, že už všechny vhodné toky byly za tímto účelem využity. Nebudeme ani zmiňovat obrovský dopad na mikroklima

okolí, který je větší, než v případě JETE. Nelze ovšem nijak snižovat význam malých přehrad na potocích, které mají důležitý *lokální* význam, ale stále budou pouze doplňkem hlavní energetické soustavy.

Ani pro využití větrné energie nejsou v ČR vhodné podmínky. Hraniční pohoří brání západním větrům, aby svobodně vály přes ČR, a vnitrozemské klima způsobuje značnou proměnlivost směru i síly větru na celém území. To způsobuje, že větrná energie se může využívat pouze lokálně. Řady generátorů na kopcích pak nepřispívají k hezkému panoramatu našich hor.

Podnebí také značně omezuje až znemožňuje využití energie slunečních paprsků, protože na žádném místě nedopadají sluneční paprsky s dostatečně vysokou intenzitou, aby výstavba byla více než pouhým experimentem. Kromě své obrovské ceny mají solární elektrárny další nevýhodu v zabírání obrovské plochy v poměru k výkonu (2 MW - 5 km²).

Využití jiných obnovitelných zdrojů (např. geotermálního) v ČR z objektivních příčin nemůže překročit lokální význam (mnohdy zásobuje elektrárna na obnovitelné zdroje jediný dům) a domníváme se, že celkově se na výrobě budou podílet maximálně 10% (20% s přehradními nádržemi).

Z předchozích bodů tedy vyplývá, že v současnosti (ani v příštích cca 30 - 40 letech) nebude možné v ČR vyrábět většinu elektrické energie jinak než v uhelných či jaderných elektrárnách.

Srovnání jaderné a uhelné elektrárny

Uhelná elektrárna má vůči jaderné řadu nevýhod. Pomineme-li vyšší výrobní náklady, tak to je obrovská spotřeba paliva (tisíce tun denně), která zatěžuje dopravní systém a působí (během své přepravy a dobývání) značné znečištění hlukem a prachem. Další nevýhodou je (i s odsířením emisí) zcela prokazatelné přispívání ke skleníkovému efektu. A v neposlední řadě je nevýhodou odpad, který sice není radioaktivní (tolik), jako vyhořelé jaderné palivo, avšak denně se ho produkují stovky tun.

Temelín by přispěl ke zlepšení životního prostředí. Jeho uvedení do provozu pravděpodobně umožní vyřadit z provozu další zastaralé uhelné elektrárny, čímž se ročně ušetří zhruba 14 miliónů tun uhlí, což je přibližně čtvrtina naší roční těžby, a půl miliónu tun kvalitního bílého vápence k odsíření, což je asi třetina naší roční spotřeby vápence k tomuto účelu. *Těžba vápence také narušuje životní prostředí.* Díky Temelínu se produkuje ročně o 100 km³ emisí méně a produkce oxidu siřičitého už klesla o 95% (uzavření několika uhelných elektráren).

Jaderná havárie a radioaktivní odpad

Temelín je dále neustále napadán pro dvě věci - možné nebezpečí jaderné havárie a radioaktivní odpad.

Co se týče radioaktivního odpadu, je pravdou, že je nebezpečný, že bude dlouho nebezpečný, a že ho je relativně mnoho (stále je to zanedbatelné množství v porovnání s objemem odpadu (pevného, tekutého i plynného), který vyprodukuje uhelná elektrárna). V současné době je možné jaderný odpad bezpečně skladovat, ale už v blízké budoucnosti bude možné jej zpracovat pomocí technologie ADTT.

Je nezbytné uvědomit si, že JETE je v současné době jedna z nejmodernějších a tedy i nejbezpečnějších elektráren na světě. Často napadaná kombinace sovětské a americké technologie, která údajně "prostě nemůže fungovat", funguje ve Finsku už několik desítek let zcela bez problémů. Temelín byl postaven tak, aby vydržel přímou dvojnásobnou prasklinu primárního okruhu kombinovanou s výpadkem elektrického proudu a zemětřesením o síle 8 stupňů RichtEROVY stupnice. Šance, že tento jev nastane, je řádově nižší, než ta, že zahyneme vlivem pádu meteoritu.

Tyto dvě zmíněné nevýhody jsou ovšem do značné míry hypotetické (pravděpodobnost jedné je obrovsky malá a druhá bude pravděpodobně v dohledné době vyřešena) a jsou vyváženy výhodami, které mají okamžitý kladný dopad.

Bezpečnost

Bezpečnost reaktoru je kromě bariér obklopujících primární okruh opřena o základní fyzikální principy (tzv. **inherentní bezpečnost**) a prvky tzv. **pasivní bezpečnosti**, které by zabránily i při nesmírně nízké pravděpodobnosti havárie úniku radionuklidů mimo prostor reaktoru, popřípadě kontejnmentu také v případě selhání ostatních bezpečnostních systémů.

Inherentní bezpečnost se opírá o fakt, že jevy, provázející nehody v jaderné části elektrárny, např. zvýšení teploty reaktoru, obecně znesnadňují průběh štěpení jader, vykazují **záporný koeficient reaktivity**. Zhoršuje se přirozenou cestou zpomalování neutronů, nastává pokles počtu štěpících se jader.

Pasivní bezpečnost se rozumí použití takových systémů regulace výkonu, chlazení aktivní zóny a jejího havarijního dochlazování, které budou fungovat i v případě výpadku všech zdrojů energie pro havarijní systémy. Příkladem jsou **havarijní tyče**, které jsou umístěny nahoře nad reaktorem a v případě havárie klesnou působením gravitace do aktivní zóny.

Bezpečnostní prvky doplňuje ochranná obálka - kontejnment. Železobetonová konstrukce kontejnmentu je stavba vysoká 56 metrů. Skládá se z válce a kulového vrchlíku. Stěny válce jsou silné 1,2 metru, konstrukce kopule je pouze o deset centimetrů slabší. Vnitřní průměr kontejnmentu je 45 metrů.

Ochranná funkce kontejnmentu je zajištěna několika, převážně pasivně působícími prvky:

- vnitřní povrch kontejnmentu je pokryt 8 mm silnou vrstvou nerezové oceli, která hermeticky uzavírá vnitřní prostor kontejnmentu a tak brání úniku radionuklidů do okolí,
- kontejnment je projektován na maximální přetlak 0,49 MPa při 150 °C,
- trvalé udržování podtlaku uvnitř kontejnmentu umožňuje v případě malých úniků radioaktivity její odfiltrování a nízkoaktivní zbytek kontrolovaně odvést do ventilačního komína. Vypnutí systému ventilace při větších haváriích umožňuje lokalizovat radioaktivitu uvnitř kontejnmentu,
- konstrukce kontejnmentu je provedena z předpjatého betonu. Předepnutí je provedeno ocelovými předepínacími lany, která procházejí celou konstrukcí kontejnmentu.

K výkonným bezpečnostním systémům na JE Temelín např. patří:

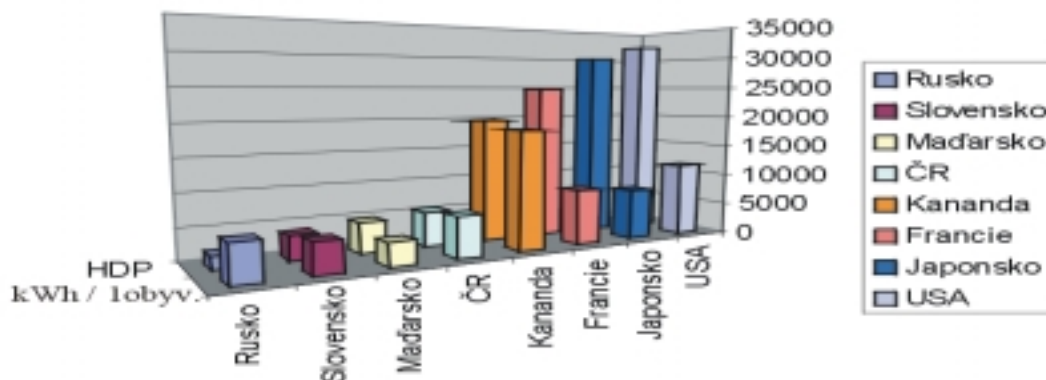
- **Pasivní systém havarijního chlazení aktivní zóny (AZ) reaktoru:** čtyři hydroakumulátory - rychlé zaplavení AZ při náhlém poklesu tlaku v primárním okruhu.
- **Čtyři trojnásobně jištěné aktivní systémy:**
 - **Nízkotlaký systém havarijního chlazení AZ:** dochlazování AZ a dlouhodobý odvod zbytkového tepla
 - **Vysokotlaký havarijní doplňovací systém:** potlačení havárií s rychlým nárůstem výkonu reaktoru.
 - **Vysokotlaký systém havarijního chlazení AZ:** udržování AZ v podkritickém stavu při zachování vysokého tlaku, chlazení AZ při havárii spojené se ztrátou chladiva.
 - **Sprechový systém ochranné obálky:** snížení tlaku v hermetických prostorech (brání úniku radioaktivních látek)
- **Systém ochrany primárního okruhu při převýšení tlaku:** zabraňuje porušení integrity primárního okruhu
- **Systém ochrany sekundárního okruhu:** zajišťuje regulaci tlaku páry v parovodech.
- **Mechanický systém odstavení reaktoru:** zajišťuje pád souboru absorpčních tyčí do AZ.

Fakta: JE Temelín vyhovuje českým bezpečnostním **normám** (závazné předpisy), které byly vytvořeny v souladu s doporučeními Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni.

JE Temelín dále vyhovuje evropským a světovým **standardům** (úroveň na jaké se zajištění bezpečnosti pohybuje) kladeným na jadernou bezpečnost.

JE Temelín nemůže vyhovovat evropským **normám** na jadernou bezpečnost, protože žádné takové normy neexistují.

Porovnání roční výroby elektřiny a HDP na 1 obyv. ve vybraných zemích



Srovnání nejčastějších typů elektráren

	VYHODY	NEVYHODY
Solární elektrárna	využívá pouze obnovitelné zdroje lehká údržba	vysoké náklady nízký výkon náročnost na plochu a podnebí
Větrná elektrárna	využívá pouze obnovitelné zdroje lehká údržba	hluk nízký výkon náročnost na plochu a podnebí narušuje vzhled krajiny
Průtoková elektrárna	velký lokální význam využívá pouze obnovitelné zdroje	nákladná údržba přehrazení řeky potřeba silného průtoku
Přehradní elektrárna	velký výkon protipovodňový význam rekreace zdroj pitné vody	finančně náročná stavba změna krajiny změna mikroklimatu přehrazení toku náročnost na plochu
Uhelná tepelná elektrárna	velký výkon nenáročnost na plochu a podnebí nízké stavební náklady	velká spotřeba uhlí drahé provozní náklady produkce skleníkových plynů velká spotřeba kyslíku surovinově nákladné odsíření obrovská produkce pevných odpadů radioaktivita popílků
Ostatní tepelné elektrárny na fosilní paliva	velký výkon nenáročnost na plochu a podnebí nízké stavební náklady	velká spotřeba fos. paliva produkce skleníkových plynů velká spotřeba kyslíku závislost na ceně fos. paliva náročnost na zpracování fos. paliva
Jaderná elektrárna	velký výkon nenáročnost na plochu a podnebí nízké provozní náklady neprodukuje skleníkové plyny nespotřebovává kyslík	náročné na bezpečnost vysoké stavební náklady produkce radioaktivního odpadu

Závěr

Naše skupina došla k názoru, že pozitivní význam provozu jaderné elektrárny na úrovni Temelínu naprosto převažuje nad negativními dopady, které se navíc stále zmenšují vývojem nových technologií. Pro bezpečnost bylo uděláno maximum, energie je žádána a lepší způsob, jak ji získat budeme v této době jen těžko hledat.

Jediné, co může Česká republika udělat, pokud si nechce zahrávat s blízkou budoucností svou a planety, je spustit a provozovat Temelín, který sice produkuje odpad, který nás může sužovat tisíce let, avšak v dohledné budoucnosti (30-40 let) je možné, že bude tento odpad zbaven radioaktivity a potom bude Temelín zdrojem opravdu čisté elektrické energie, který bude předstížen až jadernou fúzí.

Použití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek

Supervisor: Doc. Ing. Tomáš Čechák, Csc.

Řešitelé: Jana Petrová (Gymnázium Nad Alejí, Praha 6), Markéta Filipcová (Gymnázium Nad Alejí, Praha 6), Petr Koziel (Gymnázium Uničov), Miroslav Man (Gymnázium Sušice), Zdeňka Fartáková (Gymnázium Sušice), Lada Hůdová (Gymnázium Sušice)

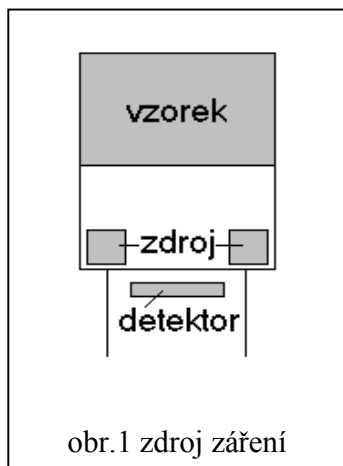
Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je metoda, která používá charakteristické záření vybuzečné ve vzorku k určení přítomnosti zájmových prvků. Tím je myšlen prvek, na který je naše zkoumání zaměřeno. Např. v uhlí je tímto prvkem síra, jejíž množství určuje jeho kvalitu.

Tato metoda se využívá například při zkoumání uměleckých děl. Příkladem může být složení barev, které si dříve malíři míchali sami, a tedy je pro ně typické. Tento poznatek se pak využívá při určení originality daného obrazu či při restaurování. Další ukázkou užití je i sonda Near, která přistála 14.2.2001 na planetce Eros. Díky tomu, že v sondě byl zabudován zářič, bylo možné prozkoumat chemické složení planety, i když se v tuto možnost ani nedoufalo. Do budoucnosti se dá počítat s aplikací těchto metod i v medicíně. Podle zastoupení jednotlivých prvků v orgánech by bylo možné určit typ onemocnění. Již známé uplatnění je v geologii, průmyslu a při monitorování životního prostředí.

Základním principem je použití radionuklidu, který ozařuje zkoumaný vzorek, a detektoru, který snímá charakteristické záření. Záření dopadající na vzorek je v něm částečně absorbováno, dochází k tzv. fotoefektu, nebo nastane jeho rozptýlení na atomech vzorku. Při fotoefektu dochází k vyrazení elektronu z vnitřní slupky elektronového obalu atomu fotonem, který přichází z radionuklidu a volné místo se zaplní přeskokem elektronu z vnější slupky. Při vyrovnávání vazebných energií dojde k vyzáření kvanta energie, která je snímána detektorem. Právě toto záření se nazývá charakteristické rentgenovské záření. Metoda je tedy postavena na skutečnosti, že existuje závislost mezi energií jednotlivých čar charakteristického záření a protonovým číslem atomu prvku, v jehož elektronovém obalu došlo k fotoefektu. Změříme-li tedy energii čáry, je možné určit, kterým prvkem byla emitována. A tím zjistíme, jaké prvky jsou ve vzorku zastoupeny. Z hustoty toku fotonů dané energie, které dopadly na okénko detektoru, jsme schopni získat informaci o jejich koncentraci.

Stejně jako jiné spektrometrické metody, je i radionuklidová rentgenfluorescenční analýza metoda relativní. Srovnáváme hustoty toku měřeného záření, které byly zjištěny u množství kalibračních standardů s hodnotami naměřenými u zkoumaného vzorku. Chyba, které se přístroj při měření dopustí, závisí na řadě faktorů. Roli hrají například zesilující matricový jev a absorbní matricový jev, které jsou založeny na vzájemném působení jednotlivých prvků ve vzorku. Důležité tedy je, aby při měření byly zachovány určité podmínky – konstantní geometrie, shodný zářič a detektor.

Úkolem naší práce bylo změřit spektra několika neznámých vzorků a zjistit jejich chemické složení. K tomuto účelu jsme použili: mnohokanálový analyzátor, polovodičový detektor Si(Li) se zabudovaným předzesilovačem a měřící hlavici, spektrometrický zesilovač, zdroj VN, PC, kalibrační vzorky.



Jako zdroje budícího záření byly použity radionuklidové zdroje ^{55}Fe a ^{238}Pu . ^{55}Fe je záchyťový zdroj, emitující záření X o energii 5.9 keV. Lze ho využít k buzení K linek prvků s nízkým protonovým číslem Z menším než 24. ^{238}Pu emituje primární záření v energetickém intervalu 13 – 21 keV a lze ho využít k buzení charakteristického záření u prvků se Z do 39. Jako detektor byl použit polovodičový detektor. Při provozu je nutné ho chladit na teplotu kapalného dusíku. Je sice mnohem dražší než scintilační a proporcionální detektory, ale má podstatně lepší energetickou rozlišovací schopnost.

Nejprve jsme změřili spektra kalibračních vzorků se zářičem ^{238}Pu a vyhledali jsme polohy píků charakteristického záření ve spektru. K těmto jednotlivým píkům, které spadají do příslušných kanálů, jsme vyhledali jim odpovídající energie E [keV] z tabulek. V nich je ke každému Z atomu prvku přiřazena energie čáry, která je prvkem emitována. Tímto jsme ke každému číslu kanálu přiřadili E a vypočetli kalibrační rovnici, jejímž grafem je přímka.

Rovnice přímky:

$$E = a \cdot CH + c$$

CH ... číslo kanálu

E ... energie čáry [keV]

a, c ... konstanty

Analogicky jsme postupovali při měření se zářičem ^{55}Fe .

Po provedení kalibrace jsme mohli měřit vzorky o neznámém chemickém složení. Z energie jejich spektrálních čar jsme určili prvky v nich obsažené. Nakonec jsme vypočítali plochy píků zájmových prvků a tím určili jejich koncentraci ve zkoumaném vzorku.

Měření byla velmi zajímavá, neboť jsme zkoumání podrobili cihlu z 30. let tohoto století z oblasti Orlických hor a uhlí z Vřesové.

Lasery a jejich aplikace: pevnolátkové lasery

**Lukáš Brůha¹, Jan Fanta⁴, Petr Gažák², Aleš Hanák³,
Lukáš Lejska³, Jaroslav Nejdřl¹**

¹ **Gymnázium J.Vrchlického v Klatovech**

² **Gymnázium Tachov**

³ **Gymnázium Hustopeče**

⁴ **Gymnázium Jižní město**

supervisor: Ing. Josef Blažej, Ph.D., katedra fyzikální elektroniky FJFI

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se se základními principy fungování laserů a se širokými možnostmi jejich použití. Ze všech možných typů laserů byla zvláštní pozornost věnována laserům využívajícím aktivní prostředí v pevné fázi. Princip laserů je založen na stimulované emisi (emise vyvolaná sestupem elektronu na nižší energetickou hladinu, která je podmíněna průletem fotonu s energií odpovídající rozdílu hladin) a na kladné zpětné vazbě tvořené rezonátorem.

Podmínkou pro vynucenou emisi je tzv. inverze populace hladin, tzn. že elektronů na horní je více než na dolní hladině. Populace hladin v systému v termodynamické rovnováze je dána vzorcem:

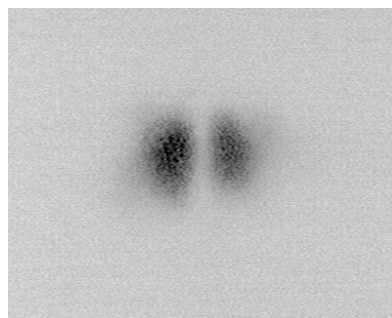
$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{E_2-E_1}{kT}}$$

e - základ přirozeného logaritmu; N_2 - počet elektronů ve vyšší vrstvě ; N_1 - počet elektronů v nižší vrstvě; E_2-E_1 – energetický rozdíl hladin; k – Boltzmannova konstanta; T – absolutní teplota

Lasery lze rozdělit podle různých kritérií. Podle povahy aktivního prostředí rozlišujeme lasery: pevnolátkové (typické použití v měřicí technice, v medicíně, polovodičové ve spotřební elektrotechnice), kapalinové (diagnostika), plynové (geodezie, technologie). Dále se dají dělit podle délky impulsu na: trvale svítící a impulsní (délka pulsu od femtosekund výše). Pak lze rozdělit podle způsobu buzení (excitace) aktivního prostředí: opticky, elektricky, chemicky, laserem popř. jadernou reakcí.

Během praktické části byla provedena různá měření na diodově čerpaném laseru používajícím jako aktivní prostředí krystal yttrium-hlinitého granátu dopovaného atomy neodymu (laser Nd:YAG).

Změnou parametrů rezonátoru jsme dosahovali různých příčných módů laserového svazku (viz obr.). Na osciloskopu jsme sledovali časový průběh laserového záření.



Literatura: Vrbová, Jelínková, Gavrilov: Úvod do laserové techniky, ČVUT 1994

Měření dosahu elektronů na klinickém lineárním urychlovači

V. Cviček, M. Frost, L. Gryc, D. Kupka, J. Prachař, E. Rozkotová, A. Vokálek

Úvod

Radiační onkologie (radioterapie) je významné odvětví onkologie využívající biologických účinků ionizujícího záření k léčbě zejména nádorových onemocnění. Uplatnění nachází mnoho druhů ionizujícího záření – brzdné záření X, záření γ , elektronové záření, těžké nabitě částice i neutrony.

Aby bylo možné elektronovými svazky vhodně ozařovat zhoubné nádory v různých hloubkách lidského těla, je potřeba znát jejich dosahy v lidské tkáni, které jsou jednoznačně určeny jejich energií. Protože v elektronovém svazku jsou také přítomny fotony brzdného záření (vznikající při ztrátě kinetické energie elektronů) a detektor, kterým dosah měříme, je citlivý jak na elektrony, tak na fotony, není jednoduché oba příspěvky odlišit tj. přesně stanovit, kam až doletují elektrony a odkud už je odezva detektoru způsobena pouze brzdným zářením. Z tohoto důvodu definujeme tzv. extrapolovaný dosah elektronů.

Předmětem tohoto miniprojektu bylo určit extrapolované dosahy elektronových svazků o nominálních energiích 6, 9, 12, 16 a 20 MeV.

Materiál a metody

Experiment byl proveden na klinickém lineárním urychlovači Varian CLINAC 2100C na radioterapeutickém oddělení s pomocí polovodičových detektorů a automatického vodního fantomu, což je nádrž s vodou, která se používá jako tkáňově ekvivalentní materiál. Automatický vodní fantom umožňuje měření tzv. procentuální hloubkové dávkové křivky (PHD křivky), což je závislost procentuální odezvy detektoru na jeho hloubce. Měření se provádí tak, že během měření se mění žádoucím způsobem jeho hloubka od povrchu fantomu.

Tímto způsobem byly naměřeny procentuální hloubkové dávkové křivky pro všech pět nominálních energií elektronových svazků (obr. 1). Extrapolovaný dosah se určí z PHD křivky následujícím způsobem: určí se rovnice tečny ke křivce procházející jejím inflexním bodem, dále se určí rovnice tečny k PHD křivce v oblasti, kde je již zřejmé, že odezva detektoru způsobují pouze fotony brzdného záření, a x-ová (hloubková) souřadnice průsečíku těchto dvou tečen je rovna extrapolovanému dosahu příslušného elektronového svazku (obr. 2).

Výsledky

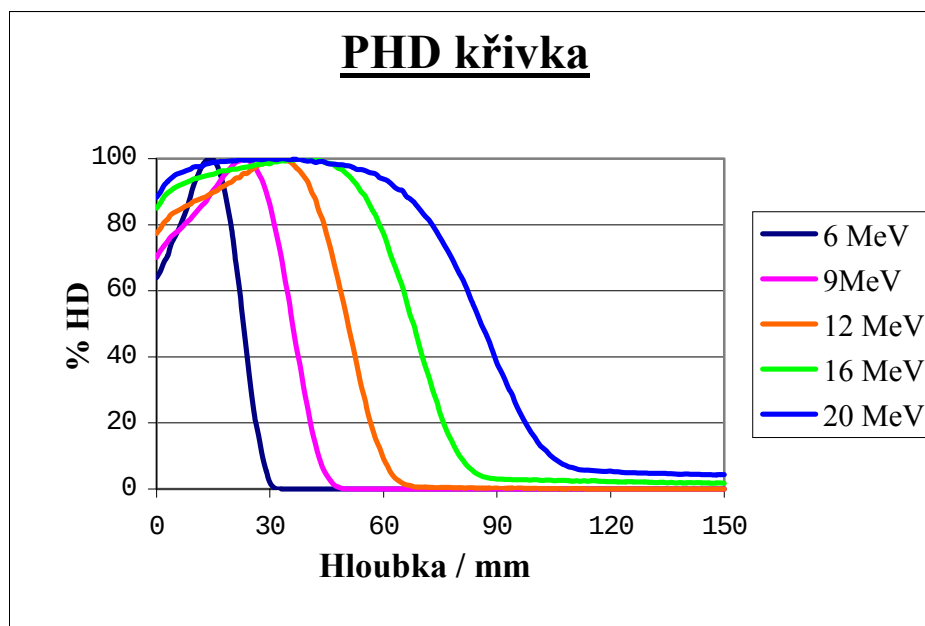
Pro všech pět nominálních energií elektronových svazků byly určeny hodnoty extrapolovaného dosahu. Tyto hodnoty byly porovnány s příslušnými hodnotami, které určil program řídicí detekční systém (automatický vodní fantom + detektory). Výsledky jsou uvedeny v tabulce.

Závěry a diskuze

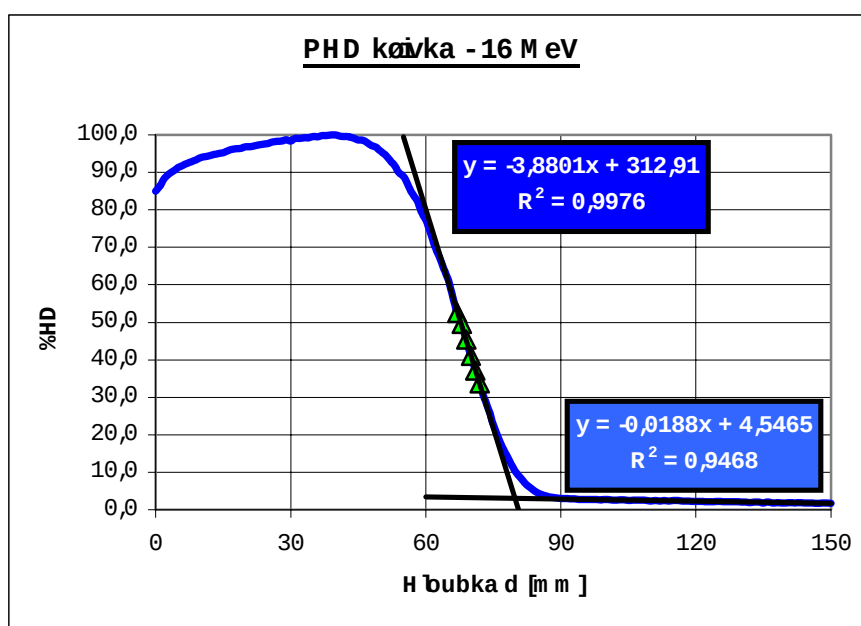
Z výsledků uvedených v tabulce je patrný velmi dobrý souhlas námi určených hodnot extrapolovaného dosahu s hodnotami určenými měřicím detekčním systémem. Rozdíl činí řádově desetiny milimetru a je způsoben pouze rozdílným matematickým algoritmem, který

počítá extrapolovaný dosah z PHD křivek. Větší rozdíly hodnot měřených a určených systémem u menších nominálních energií jsou způsobeny nahrazením derivace diferencemi s krokem 1 mm, což je aproximace, která je tím méně přesná, čím větší je sklon křivky.

Energie	Hodnota určená systémem	Naše naměřená hodnota
6 MeV	28,6	28,2
9 MeV	43,4	43,7
12 MeV	60,1	60,0
16 MeV	79,7	79,7
20 MeV	unknown	102,2



Obr. 1 – PHD křivky pro pět nominálních energií elektronových svazků



Obr. 2 – Metoda výpočtu extrapolovaného dosahu

Kdo znal paprsky X stejně dobře jako W. C. Röntgen

**Michal Horáček (Uničov), David Němeček (Uničov), Tomáš Sábł
(Semily), Filip Starosta (Praha), Jiří Šimek (Semily), Ondřej Vilikus
(Praha)**

Ivan (Johann) Puluj (1845 - 1918)

Ivan Puluj se narodil 2. února 1845 ve Hrymalově v Haliči. Absolvoval teologickou a posléze i filozofickou fakultu vídeňské univerzity. Po jejím absolvování (s vyznamenáním) působil dva roky na Námořní akademii v Rijece a pak 6 let jako soukromý docent experimentální fyziky ve Vídni. V roce 1884 byl jmenován řádným profesorem pražské německé vysoké školy technické.

Nejvíce se prosadil v elektrotechnice, telekomunikaci, energetice a jako konstruktér fyzikálních přístrojů. Jeho lampa z roku 1881 byla nejen zdrojem viditelného světla, ale, jak se později ukázalo, i výkonnějším generátorem neviditelného záření X, než měl později ve Würzburgu k dispozici Wilhelm Conrad Röntgen.

V roce 1910 byl jmenován dvorním radou a o šest let později dokonce nominován na ministerské křeslo. Spolupracoval s významnými českými inženýry Křižíkem, Kolbenem, Daňkem. V letech 1911 – 12 býval častým hostem Pulujovy laboratoře v pražské Husově ulici číslo 5 také Albert Einstein.

Tepelná elektrárna v Holešovicích slouží Pražanům už od konce 19. století. Málokdo však ví, že díky Pulujovi. Kolem projektu bylo mnoho sporů. Řada městských radních i technických poradců s vybudováním elektrárny na střídavý proud za hranicemi města nesouhlasila. Radní doporučovali větší počet rovnoměrně rozmístěných energetických zdrojů vyrábějících stejnosměrný proud (Edisonův typ). Argumentovali také tím, že případná porucha jediné elektrárny povede k energetickému kolapsu. Časem se ukázalo, že byly ve hře i zájmy realitních kanceláří. Ivan Puluj se stal průkopníkem výroby elektrické energie i v Mariánských Lázních, Havlíčkově Brodě, Cvikově a Vyšším Brodě.

Profesor Puluj zemřel 31. ledna 1918 na Smíchově v dnešní Preslově ulici č. 15 na Smíchově. Pohřben je na hřbitově Malvazinky.

Pulujova vědecká práce

Za největší Pulujův objev je obvykle považována speciální konstrukce výbojky. Měla sloužit k osvětlování podobně jako Edisonova žárovka nebo Křižíkova oblouková lampa; jejich „zásluhou“ však upadla téměř v zapomnění.

Podstatou funkce lampy jsou dvě elektrody ve vakuové trubici. Mezi nimi je umístěna *antikatoda*, jež není, na rozdíl od rentgenky, vodivě spojena s anodou, ale je v lampě upevněna úhlopříčně. Při zapojení lampy ke zdroji stejnosměrného proudu jsou z katody uvolňovány elektrony (katodové záření). Ty, které dopadnou na antikatodu pokrytou scintilační látkou, změní svou kinetickou energii na energii zářivou. Profesor Puluj však netušil, že při tomto procesu dochází také k emitování záření mimo viditelné spektrum.

Toto záření se dělí na dvě části. Tzv. *brzdné záření* vzniká při dopadu (zabrzdní) rychle letících elektronů na atomy látky. Protože se kinetická energie mění na energii zářivou postupně, vznikne spektrum spojitě. Druhou složku nazýváme *charakteristické záření*. Jeho spektrum je čárové (diskrétní) a velikost vlnové délky závisí na materiálu (protonovém čísle atomů) antikatody. Pulujova lampa byla mnohem lepším (intenzivnějším) zdrojem neviditelných paprsků X, než iontové trubice, které měl koncem roku 1895 k dispozici sám slavný wůrburský profesor.

Návštěva v depozitáři Národního technického muzea v Praze

Součástí našeho miniprojektu byla i ukázka Pulujovy lampy v praxi. Na vlastní oči jsme viděli, jak více než sto let starý vynález funguje. Osvětlení sice nebylo tak silné, jak se někdy uvádí (údajně se dalo číst i ve vzdálenosti čtyř metrů od lampy), ale i přesto byl experiment velice efektivní.

Mohli jsme shlédnout v činnosti i řadu dalších výbojových trubic, mezi nimi např. lampu s mlýnkem, který se dopadem neviditelných elektronů uvolněných z katody roztočil. Za demonstraci historických přístrojů v Národním technickém muzeu děkujeme panu ing. Jiřímu Markovi.

DOKÁZALI BYSTE UDĚLAT PO DOMÁCKU ATOMOVOU BOMBU?

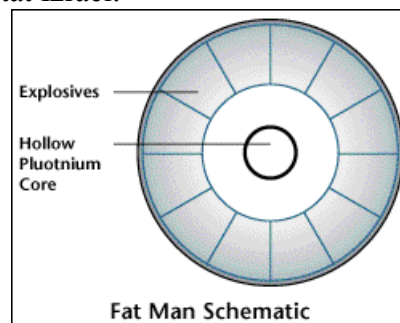
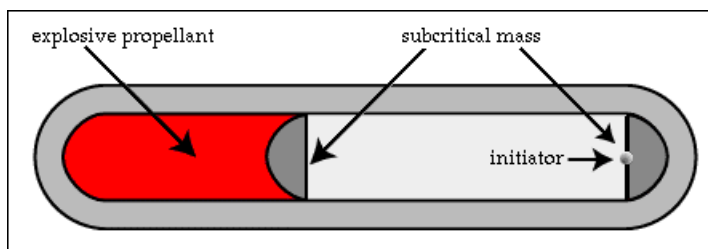
Radek Kovář, Petra Nyklová, Milena Štolbová, Martin Hamrle, Jiří Dvořák*, Tomáš Sankot**

Gymnázium Havířov, ul. Komenského

*Gymnázium Pelhřimov, ul. Jirsíkova

I. ÚVOD

Počátkem minulého století se začaly rozvíjet představy o stavbě atomu. Nejprve byl objeven elektron a popsána stavba elektronového obalu, později byla zjištěna existence protonu - atomového jádra. Neutron, částice v atomovém jádře bez el. náboje, byl objeven až v roce 1932 (zjištění jeho přítomnosti se musí provádět nepřímě). Tím se rozpoutaly úvahy o jeho vlastnostech a možnostech využití pro lidstvo. Koncem 30. let se v Německu přišlo na to, že atomová jádra těžkých prvků např. uranu lze štěpit a že neutrony hrají v tomto procesu zásadní roli. Příčinou je jeho neutrální náboj, dobře tedy proniká do atomových jader a díky své vysoké hmotnosti a ostatním specifickým vlastnostem může způsobit štěpení. Čím má menší rychlost, tím je větší pravděpodobnost srážky s atomovým jádrem. Při štěpení se uvolňuje velké množství energie, čehož se politici a vědci od začátku války snažili využít k sestrojení bomby. V roce 1942 byl v Chicagu spuštěn první jaderný reaktor (Enrico Fermi). Po první řízené reakci byla vyrobena v roce 1945 první atomová bomba v Los Alamos (Nové Mexiko). Její zkouška proběhla v 16. července 1945 v poušti Nevada a v srpnu už atomové bomby Little Boy a Fat Man srovnaly se zemí Hirošimu a Nagasaki. V Sovětském svazu byla zkonstruována atomová bomba až po válce v roce 1949. Vodíková bomba, využívající místo štěpení těžkých jader slučování lehkých, byla vyvinuta v roce 1952 v USA a o rok později i v Sovětském svazu. Tím se tyto země staly prvními jadernými velmocemi. V 50. a 60. se k nim přidaly také Velká Británie, Francie a Čína, neoficiální jaderné velmoci jsou i Indie a Pákistán. O výrobu této zbraně se naštěstí neúspěšně snaží některé rozvojové státy jako Irák, Irán, Severní Korea a další. Jadernou zbraň měla Jihoafrická republika a pravděpodobně ji vlastní i stát Izrael.



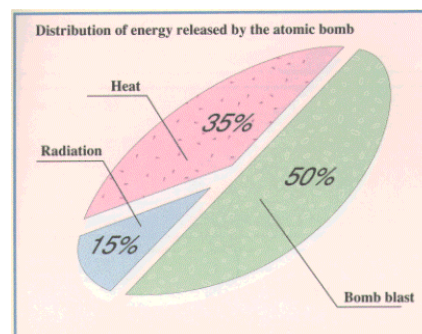
II. PRINCIP A VÝROBA JADERNÉ PUMY

Základem atomové bomby je dostatek štěpného materiálu, a to pokud možno v čisté formě. Každá příměs vede k tlumení reakce. Jako štěpný materiál se může použít uran izotop 235 nebo plutonium 239. V jaderných zbraních se narozdíl od většiny elektráren nepoužívá moderátor, štěpení probíhá s neutrony, které mají stejnou energii, s jakou se při štěpení uvolňují. Nepřítomnost moderátoru má dvojí význam. Jednak se tím výrazně zvýší rychlost reakce a jednak dochází k reakci v menším prostoru. Tyto výhody jsou vykoupěny větším množstvím paliva a jeho čistotou.

Samotné sestrojení bomby není také nijak triviální. Základní věc, které chceme dosáhnout, je nechat dostatečně dlouho probíhat reakci, aby se uvolnilo co nejvíce energie. Kdybychom nechali pouze nadkritické množství u sebe, tak by byla reakce velmi brzy přerušena – rozprášena do okolí bez výraznějšího efektu (pouze ozáření blízkého okolí).

Při přepravě bomby musíme udržet podkritické množství a až na místě plánovaného výbuchu rozběhnout štěpnou řetězovou reakci tj. shromáždit nadkritické množství. Toho se zpravidla dosáhne odpálením náloží, které výbuchem smrští podkritická množství do sebe.

Snažíme se uvolnit co nejvíce energie v co nejkratším čase. Na začátku výbuchu musí reakci (kvůli síle a rychlosti rozběhnutí) iniciovat obrovský zdroj neutronů z neutronového děla. Samo o sobě by se reakce dlouho neudržela, první uvolněná energie by způsobila expanzi nálože a zastavení řetězové reakce, a proto se použije pevný obal, jenž obal sám o sobě také není dostatečně pevný, a tak mu pomůže sada výbuchů, které co nejdéle udrží reakci v běhu. Co nejdéle znamená v praxi asi zlomky sekundy. Pak se uvnitř zadržovaná energie uvolní do okolí. Vznikne známý hřib, dostaví se záblesk záření a tlaková vlna. Nejvíce energie se projeví ve formě tlakové vlny, záření a tepla. Všechny materiály není zdaleka využít ke štěpení, pouze několik procent štěpného materiálu je rozštěpeno a tak z něj uvolněna energie. Zbytek je následně rozprášen do okolí.



Základní komponenty na výrobu atomové bomby

Při výrobě jaderné bomby se nejvíce používají ^{235}U a ^{239}Pu . ^{235}U se nachází volně v přírodě, ovšem v uranové rudě je ho velice malé množství, je nutné provést jeho obohacení. S plutoniem už je to horší. Plutonium se totiž vyrábí z produktu atomové reakce v reaktorech jaderných elektráren a tato výroba je velmi nákladná a složitá. Základní reakcí jaderné bomby je reakce volného neutronu s jednou z těchto dvou látek. Produkty této reakce jsou dva štěpné produkty, dva nebo tři neutrony a energie. U vodíkové bomby se používá reakce deuteria s tritiem za vzniku helia, neutronů a velkého množství energie.

Postup při výrobě bomby je tedy následující :

- Získání štěpných materiálů
těžba uranové rudy, separace uranu a získání štěpitelného materiálu
U235 - příroda 0,71%, nutné obohacení
Pu239 - nutná výroba v reaktoru a následná separace z vyhořelého paliva
- rozdělení na podkritická množství a instalace v zařízení bomby
- výroba neutronového děla
- výroba a instalace velice přesné rozbušky

III. TYPY JADERNÝCH PUM

1.klasická jaderná puma (štěpná puma, A-bomb, U-bomb)

Je založena na štěpné řetězové reakci cílené tak, aby se uvolnilo maximum energie v malém objemu a výbuch tak byl co nejsilnější. Základem jaderné bomby je dostatečné množství štěpného materiálu v co nejčistší formě (příměsi zpomalují reakce a vedou ke ztrátě neutronů). Používají se především izotopy ^{235}U a ^{239}Pu , v menší míře pak také ^{233}U . Nejlépe se štěpí ^{239}Pu a ^{233}U , které se v přírodě nevyskytují a musejí se vyrábět. Naopak ^{235}U se štěpí hůře, ale v přírodě se v malém množství nachází. ^{238}U , který je v přírodě nejhojnější, je pro jaderné štěpení nepoužitelný, protože neutrony pohlcuje a neštěpí se (stává se z něj jiný izotop).

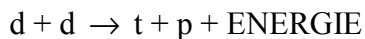
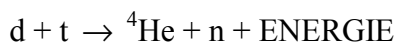
Kritické množství je množství, které v optimální geometrii (v tomto případě kulové) dokáže udržet samovolnou štěpnou řetězovou reakci. Toto množství je pro ^{239}Pu 4,5-10kg, pro ^{235}U 12,5-40kg (záleží na čistotě a na stupni obohacení).

V bombě jsou skladována pouze množství o něco menší než malá (tzv. „podkritická množství“) a jsou od sebe oddělena (aby se zabránilo explozi). Pro sestrojení „dobré“ bomby je tedy nutné zařízení, které v daném okamžiku (velmi náročném na přesnost - řádově 10^{-6} s) přiblíží všechna podkritická množství (nejčastěji 6) k sobě tak, aby vznikla nadkritická soustava. V tomto okamžiku se reakce spustí. Pro množství energie je však rozhodující doba, po kterou může reakce působit. Proto se používá neutronové dělo, které zvýší počáteční počet neutronů a další přesně načasované nálože, které zajistí, aby nadkritické množství bylo pospolu co nejdelší dobu a štěpná reakce se mohla co nejvíce rozvinout. I při optimálním uspořádání trvá reakce zlomek sekundy, ale uvolní ohromné množství energie, která se projeví především jako tlaková vlna, záření a teplo. Účinky se měří v tunách TNT, maximum je cca 50-100 kt TNT.

$^{235}\text{U} + n \rightarrow X + Y + 3n + \text{ENERGIE}$ (X, Y jsou radioaktivní prvky - tzv. štěpné produkty)

2.termojaderná puma (fúzní, slučovací bomba, H-bomb, vodíková puma)

U tohoto typu se uvolňuje mnohem větší množství energie, jejíž hlavní část pochází z termojaderné reakce (fúze). Konstrukčně jde o klasickou štěpnou pumu, která představuje zdroj energie pro zahájení termojaderné fúze (reakce probíhající např. ve hvězdách), spolu s vrstvou např. hydridu a deuteridu lithného LiH a LiD (neškodně vyhlížející bílý prášek). Nejdříve je aktivována štěpná puma, jejíž energie odstartuje fúzní reakci deuteria a deuteria nebo deuteria a tritia.



Důležitá je obrovská teplota a hustota k zapálení fúzní reakce. Čím déle se kritické množství podaří udržet pohromadě a při co největším tlaku, tím lépe se fúzní reakce rozvine a tím větší množství energie se uvolní (i když stlačení trvá pouze zlomky sekundy). Ničivost je mnohonásobně vyšší než u štěpné pumy (max. 50Mt TNT).

3.neutronová puma

Tento typ má omezenou emisi elektromagnetického záření, ničivý účinek je směřován především proti živé síle a je zapříčiněn emisí velkého množství vysokoenergetických neutronů získaných reakcí vznikajícího ionizujícího záření s beryliovým obalem. Konstrukčně jde o menší klasickou jadernou nálož obalenou beryliovým pláštěm. Puma má snížené mechanické destrukční účinky, dá se použít na zničení všeho živého (např. pěchoty) při zachování budov, vozidel apod.

V. ZÁVĚR

Technologická a metodická náročnost výroby je natolik složitá a riziková, že není v silách jednotlivce, menších i větších skupin tuto zbraň po domácku vyrobit tak, jak se můžete dočíst na internetu. Problémy vznikají už při samotné těžbě materiálu, protože těžební ložiska není možno utajit. Kromě toho separace, obohacení je chemicky náročné a velmi nákladné. Možnost krádeže je prakticky nulová kvůli bezpečnostním opatřením. Vlastní technologie bomby je také velice náročná na přesnost odpalovacího zařízení. Naštěstí pro lidstvo zůstává výroba jaderné zbraně privilegiem několika málo zemí.

Neobvyklé reprezentace reálných čísel

Ondřej Váňa¹, Jan Hudeček², Michal Till³ a Martin Popel⁴

¹ Gybu - Praha

² Gymnázium Voděradská

^{3,4} Gymnázium Nad Alejí

Úvod

Naše skupina se zabývala dvěma miniprojekty: generátory pseudonáhodných čísel a neobvyklými reprezentacemi reálných čísel. O generátorech pseudonáhodných čísel si můžete přečíst v příspěvku skupiny, která se tématu věnovala po oba dva dny.

Miniprojekt

Kromě číselných soustav s celočíselným (2 – binární, 10 – decimální, 16 – hexadecimální) základem, které jsou běžné, existují i soustavy s reálným základem. My jsme studovali vlastnosti soustavy se základem zlatého řezu ($\tau = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \cong 1,62$ jako jeden z kořenů rovnice $x^2=x+1$, dále jen soustava τ).

Celočíselné soustavy	Soustava τ
$1+1=2$	$1+1=10,01$
$11=11$	$11=100$
$101+10=111$	$101+10=1001$
$\tau+\tau=2\tau$	$\tau+\tau=\tau^2+1/\tau$

V soustavě o základu 10 se každé číslo dá napsat jako

$$x = a_k 10^k + a_{k-1} 10^{k-1} + \dots + a_1 10 + a_0 10^0 + \dots a_{-j} 10^{-j}$$

$$\text{např.: } 123,4 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1}$$

obdobně můžeme vyjádřit čísla i v ostatních soustavách s celočíselným základem.

Soustava τ

V této soustavě můžeme také zapsat číslo ve tvaru:

$$x = a_k \tau^k + a_{k-1} \tau^{k-1} + \dots + a_1 \tau + a_0 \tau^0 + \dots a_{-j} \tau^{-j}$$

$$101,01 = 1 \cdot \tau^2 + 0 \cdot \tau^1 + 1 \cdot \tau^0 + 0 \cdot \tau^{-1} + 1 \cdot \tau^{-2}$$

Pokud se v zápisu vyskytnou dvě jedničky za sebou (11) je nutné tento řetězec rozepsat jako 100. To vychází z rovnice: $\tau^2=\tau+1$. Obecně se řetězec 11 považuje za zakázaný rozvoj a je nutné jej vždy nahradit.

Tato soustava má některé pozoruhodné vlastnosti.

Soustavy s celočíselným základem	Soustava τ
Čísla s ukončeným rozvojem mají jednoznačný zápis	Ne ($11=100$)
Součet dvou celých čísel je celé číslo	Ne ($1+1=10,01$)
Vzdálenost mezi jakýmkoli dvěma sousedními celými čísly je na číselné ose vždy stejná.	Ne jsou dvě různé ($A=1$ a $B=1/\tau$) *

* Vezmeme si posloupnost celých čísel (0,1,10,100,101,1000,1001...) v soustavě τ a rozdíly mezi dvěma sousedními čísly zapíšeme jako posloupnost (ABA AB ABA...). Stejnou posloupnost získáme aplikováním substitučních pravidel ($A \Rightarrow ABA$ a $B \Rightarrow AB$) na řetězec A. Bližší informace o této zajímavé substituční metodě získáte z příspěvku o generátorech náhodných čísel.

Počítání s touto soustavou

$3+2=5$ aneb v soustavě τ

$$\begin{array}{r} 100,01 \\ +10,01 \\ \hline \end{array}$$

$110,1001 \Rightarrow 1000,1001$ (oprava zakázané sekvence)

pravidla pro počítání (a,b jsou celá čísla, m,n jsou racionální čísla):

-součet: $(a+b\tau)+(c+d\tau)=(a+c)+(b+d)\tau$

-součin: $(a+b\tau)(c+d\tau)=(ac+bd)+(ad+bc+bd)\tau$

-podíl: $\frac{a+b\tau}{c+d\tau} = \frac{c+d\tau}{c+d\tau} = (m+n)\tau$

Využití

- Modelování kvazikrystalů
- Generátory náhodných čísel
- Neztrátové uchování iracionálních čísel v počítači (ve tvaru $a+b\tau$)

Urychlovačem řízené transmutační systémy (ADS - Accelerator driven systems)

*Miniprojekt, v rámci Fyzikálního týdne na
Fakultě Jaderné a Fyzikálně inženýrské ČVUT*

Řešitelé:

David Brychta - *Gymnasium Otokara Březiny Telč*

Josef Fischer - *VOŠ a SPŠE Plzeň*

Jan Kallay - *Gymnasium Ostrov*

Supervisor:

Ing. Jiří Křepel - KJR - FJFI - ČVUT v Praze

Použité zdroje informací:

Zdrojem všech následujících informací jsou publikace: Kamil Tuček - "Likvidace radioaktivních odpadů transmutací s použitím urychlovačů částic", Kamil Tuček - "Likvidace jaderných odpadů v jaderných reaktorech řízených urychlovačem", Jiří Křepel - "Reaktorové systémy s roztavenými solemi" a informace z internetových adres:

<http://clio.neutron.kth.se/IAEA/>

www.fjfi.cvut.cz

www.eldar.cz

mujweb.cz/www/pets/addt.html

ADS

Urychlovačem řízený systém (ADS) se od klasických reaktorů liší hlavně přítomností vnějšího neutronového zdroje, tedy urychlovače. Urychlovač sám slouží jen jako zdroj těžkých nabitých částic např. protonů, které nalétávají do terče, kde dochází ke tříštivým neboli spalačným reakcím. Tyto reakce jsou vyvolány srážkou jádra atomu a urychlené částice o kinetické energii $T > 100 \text{ MeV}$, při které dochází k takzvanému hlubokému štěpení. Toto je zdrojem velkého počtu neutronů, které se uvolňují z nestabilních odštěpků. Reaktor sám je podkritický a je dotován těmito neutrony. Vzhledem k tomu, že neutronů je nadbytek, lze tyto systémy použít k transmutaci vyhořelého paliva z klasických jaderných elektráren.

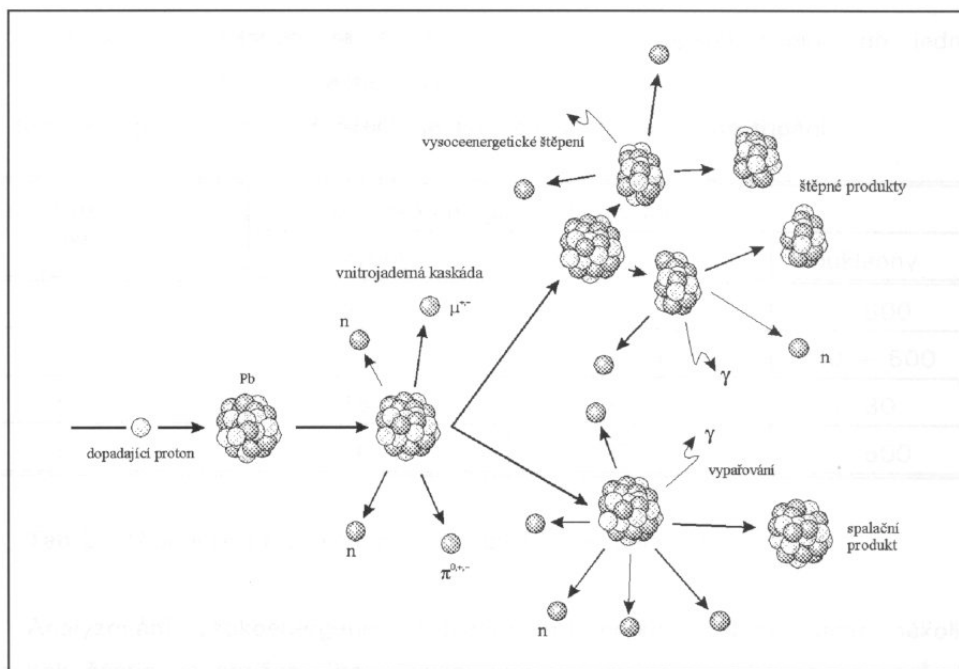
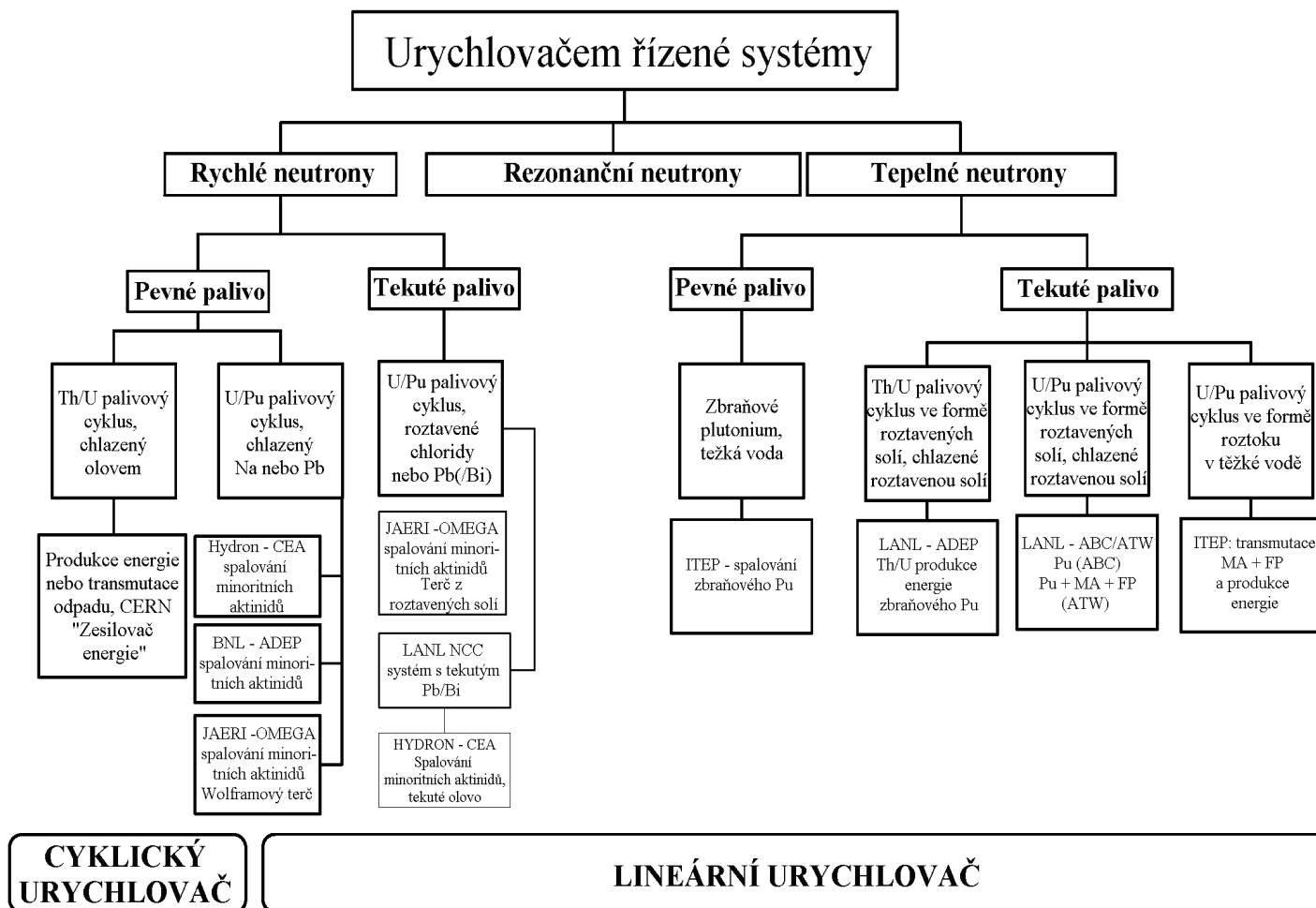
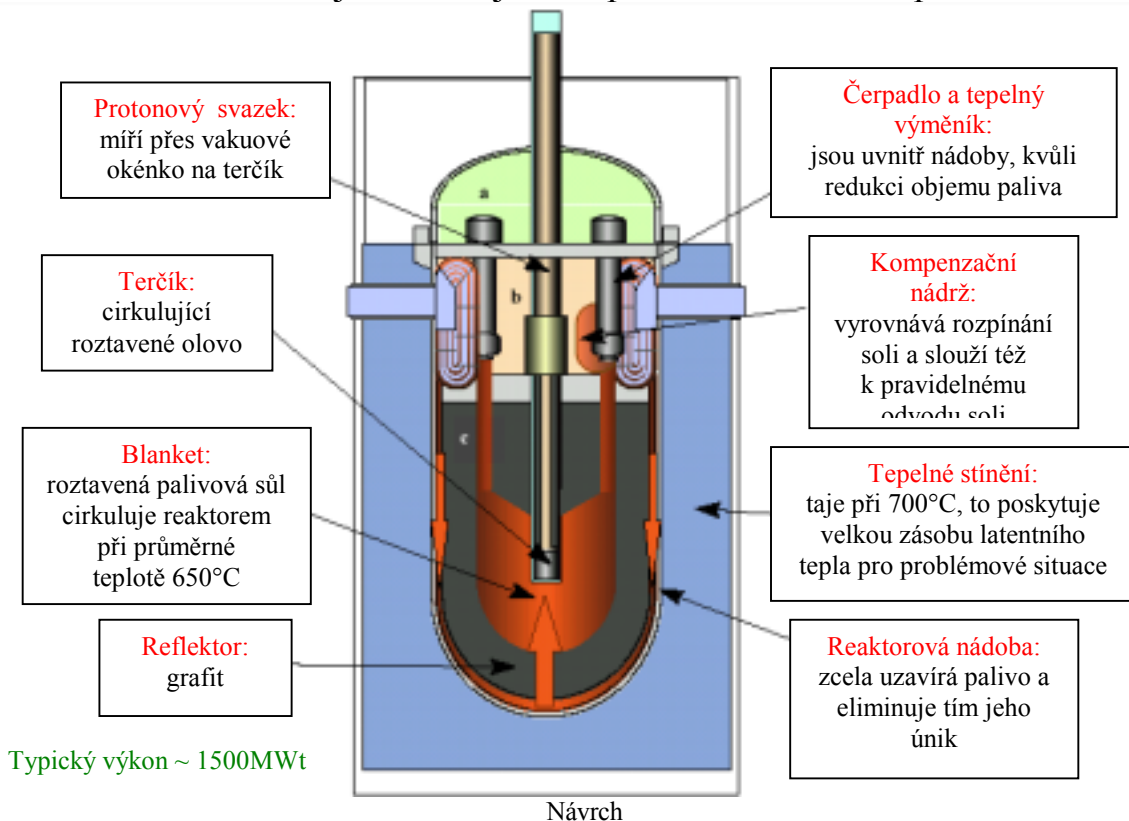


Schéma spalační reakce.

Urychlovačem řízené systémy můžeme rozdělit podle skupenství paliva, použitého urychlovače, nebo energie neutronů. Toto dělení je zobrazeno na následujícím schématu:

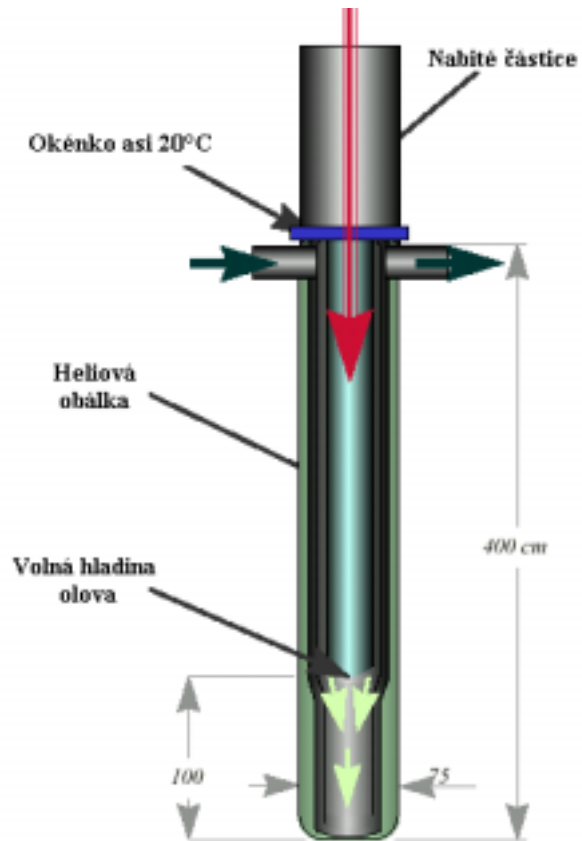


Jako jeden z příkladů projektů urychlovačem řízené transmutace vyhořelého paliva, kterým se budeme jako vhodným příkladem dále zabývat, je americký projekt ATW. Projekt vznikl v LANL a jeho palivem mají být fluoridy aktinidů rozpuštěné v ${}^7\text{LiF} - \text{BeF}_2$ v poměru 0,67:0,33. Bod tání této směsi je 450°C a navrhované provozní teploty jsou od 600°C do 700°C . Bod varu je 1700°C . Dílčí tlak par při 700°C je nižší než 1,33Pa. Pro snížení absorpce neutronu by obsah izotopu ${}^6\text{Li}$ měl být co nejmenší. Všechny složky palivové směsi mohou být rozpuštěné na fluoridy v adekvátním množství nosné soli, která je na vzduchu inertní. Nevýhodou je ale vysoký bod tání a přítomnost lithia, která vede k produkci tritia. Použití jiné soli třeba NaF ke snížení tohoto není vyločené a může být praktické. Teplosměnné médium v sekundárním okruhu by mohla být směs NaF – NaBF_2 , která byla zvolena proto, že je kompatibilní se slitinou Hastelloy a je levnější v porovnání s ostatními solemi slučitelnými s lithiem. Má také přiměřené hodnoty bodu tání, viskozity, tepelné kapacity, tepelné vodivosti a je také schopna absorbovat unikající tritium. Vhodné vlastnosti této směsi byly experimentálně ověřeny během předchozích experimentů. Při vysokých teplotách a kontaktu s palivovou solí se fluoroboritan rozpadá na BF_3 . Tato směs má také omezenou slučitelnost s vodou a přítomnost vlhkosti tedy způsobuje korozi. Můžeme samozřejmě volit i jinou teplosměnnou látku např. olovo.

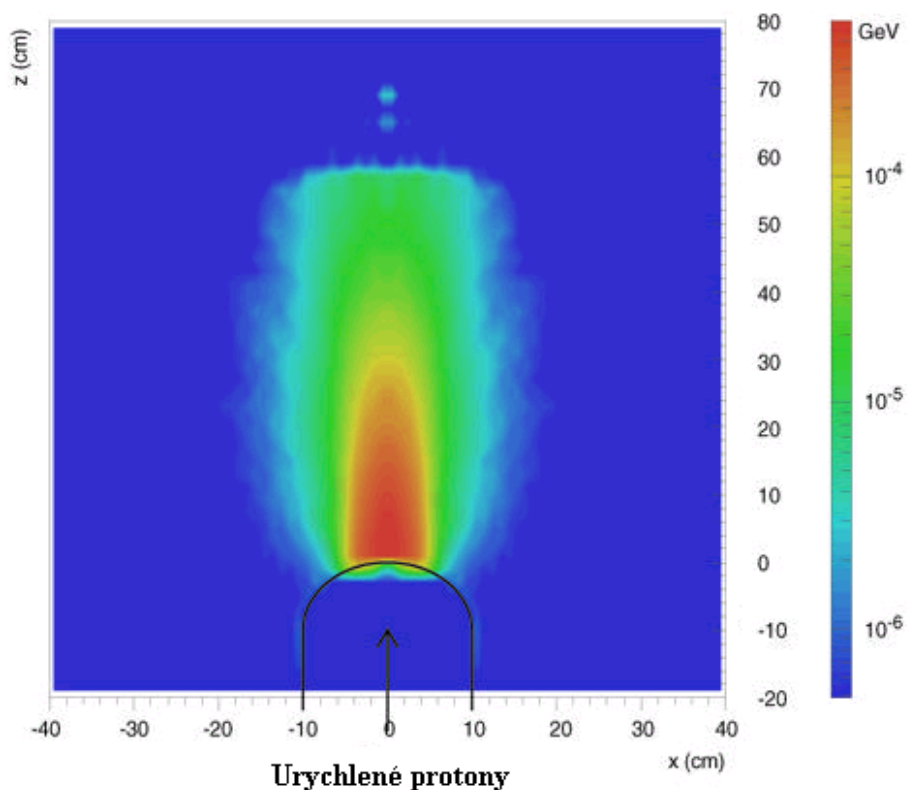


Aby byl minimalizován objem vysoce radioaktivní palivové soli v primárním okruhu, vychází návrhy ATW z bazénové koncepce. To znamená, že tepelné výměníky a čerpadla jsou uvnitř reaktorové nádoby, která tedy uzavírá celý primární okruh, což zvyšuje bezpečnost celého systému.

Terč je specifická část těchto systémů. Vytváří zdroj neutronů pomocí urychleného svazku nabitých částic, které způsobují tříštivé reakce atomů výplně. Předpokládá se, že výplní by mohlo být olovo nebo jeho slitina, která má ze všech slitin Pb+Bi nejnížší bod tání směs s bizmutem, která má bod tání 125°C (o 200°C nižší než samotné olovo) a bod varu obou látek je větší než 1600°C. Se směsí Bi-Pb je jistá zkušenost z reaktorových systémů a významným problémem je u ní tvorba plutonia. V čistém olovu je tvorba plutonia nižší, ale experimentální zkušenosti jsou podstatně menší. Výhoda roztavených kovů v terči je, že mohou cirkulovat do vnějšího tepelného výměníku a výkon terče pak může být vyšší. V LANL byla měřena produkce neutronů ve velkém olověném terči a výsledky ukázaly zisk 22 neutronů na jeden proton o energii 800MeV. Tento výtěžek byl značně vyšší než u jiných materiálů.



Na tomto obrázku je názorně vidět rozložení energie protonů $E=1\text{GeV}$ v olověném terči. Je to grafické zpracování výsledků výpočtu, který metodou monte carlo provedli v rámci projektu Energy Amplifier v Cernu. Tento systém se svou koncepcí sice liší od ATW, ale tento výsledek je prakticky stejný pro oba systémy.



Zhodnocení a shrnutí

Výhody:

1. ADS umožňuje výrobu jaderné energie bez dlouhodobého, vysoce radioaktivního odpadu, transmutaci štěpných produktů i aktinidů z jaderného odpadu.
2. Aktinidy - jedna z nejnebezpečnějších složek odpadů - se stanou palivem, pro jaderné elektrárny s podkritickým reaktorovým systémem.
3. Na rozdíl od reaktorů, kde jsou štěpné produkty spalovány v důsledku napjaté neutronové bilance a nízkých hustot neutronových toků. Použitím urychlovače lze v podkritických systémech dosáhnout relativně krátké doby spalování (dny-měsíce).
4. Provoz podkritického systému lze řídit pomocí urychlovače.
5. Nemůže dojít k nekontrolovatelnému rozvoji štěpné reakce, z čehož vyplývá zvýšení jaderné bezpečnosti.

Nevýhody:

1. Velké náklady na stavbu energetické jednotky (až 2,3 mld. \$).
2. Potřebují se velké proudy p^+ , a posléze zabezpečit spolehlivost a bezporuchový provoz urychlovače.
3. V okolí terče dochází k zvýšenému toku energie tepelné a radiační zátěže.
4. Nedořešený zůstává problém kontinuálního chemického a izotopického čištění paliva, při kterém se jedná o operace s vysokými aktivitami.

Závěr

Málokdo z nás si dnes dovede představit život bez elektřiny, ústředního topení nebo automobilu, každý si na využívání přírodních zdrojů energie již dokonale zvykl a tato společnost je na těchto zdrojích již dokonale závislá. Jakýkoli další vývoj je podmíněn dostatkem energie. Stojíme před věčným úkolem hledání jejích zdrojů. V dnešní době je také prioritní, aby zdroj energie byl šetrný k životnímu prostředí. Je otázkou, jestli se nám povede najít levný a ještě k tomu dostatečně šetrný zdroj energie. Pravděpodobně asi ne, a pokud ano, asi nebude levný. Jedním z těchto zdrojů by mohla být i jaderná energie. Pokud by se navrhované systémy na likvidaci vyhořelého jaderného paliva osvědčily, stala by se velice čistým zdrojem energie.

Holografie

Anna Moravová, Marek Jansta, Jiří Syrový, Otakar Franc, Jan Ondřích, Tomáš Mrázek,
Tomáš Kolouch

27.6.2001

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Definice pojmu holografie	1
1.2 Historie	1
2 Základní principy holografie	1
2.1 Interference světla	1
2.2 Difrakce světla	3
2.3 Záznam	3
2.4 Rekonstrukce	4
3 Aplikace	4
3.1 Obrazová holografie	4
3.2 Bezpečnostní aplikace	5
3.3 Ostatní aplikace	5

1 Úvod

1.1 Definice pojmu holografie

Holografie zkoumá způsoby záznamu a opětovné rekonstrukce světelných vln. Základní principy holografie jsou interference a difrakce světla.

1.2 Historie

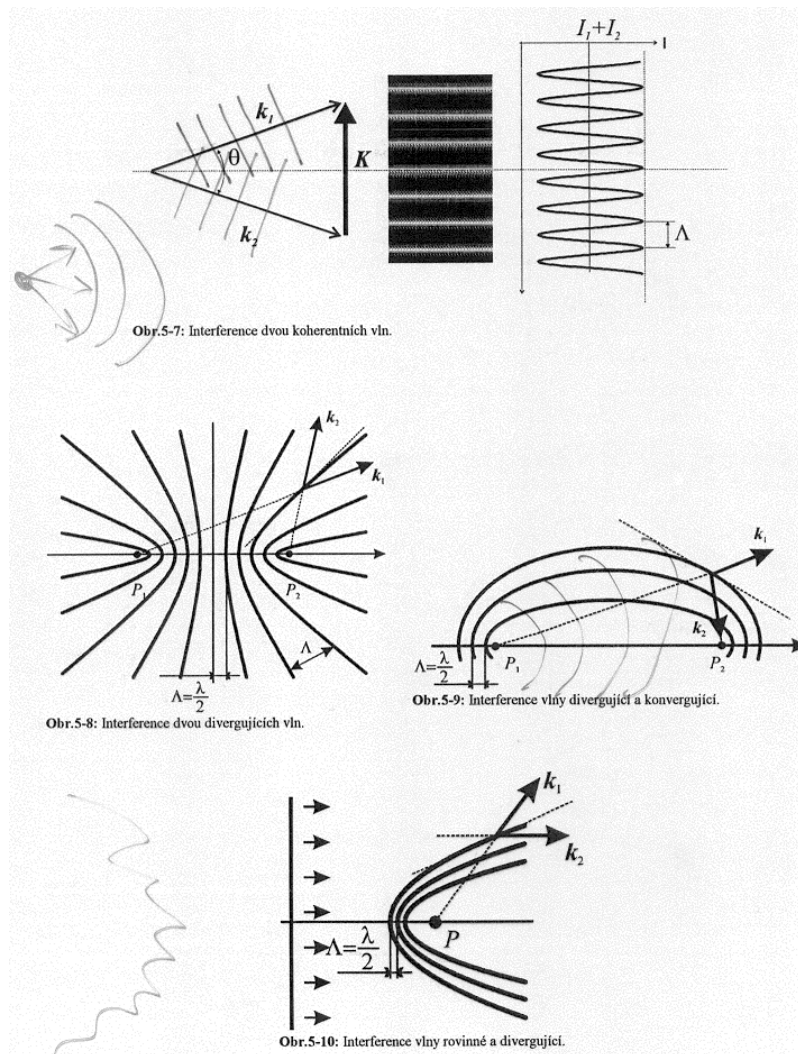
Otcem holografie je Denis Gabor, který v roce 1948 navrhuje dvoustupňový proces nazvaný rekonstrukce vlnoplochy, později nazvaný holografie.

2 Základní principy holografie

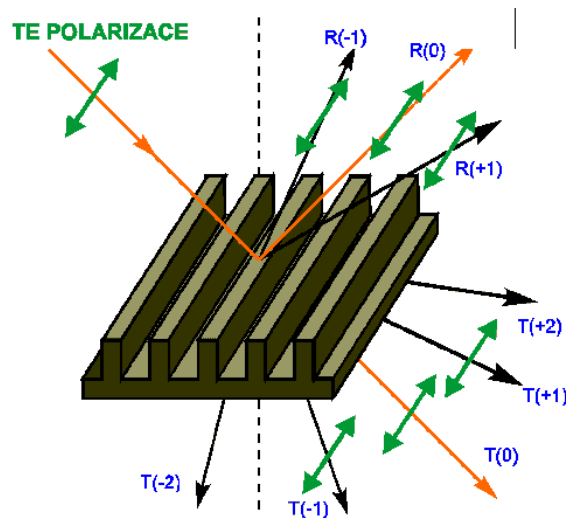
2.1 Interference světla

Interference světla (obr. 1) spočívá v tom, že vlnění, která přicházejí do určitého bodu z různého zdroje se v tomto bodě skládají, tzn. sčítají se okamžité výchylky.

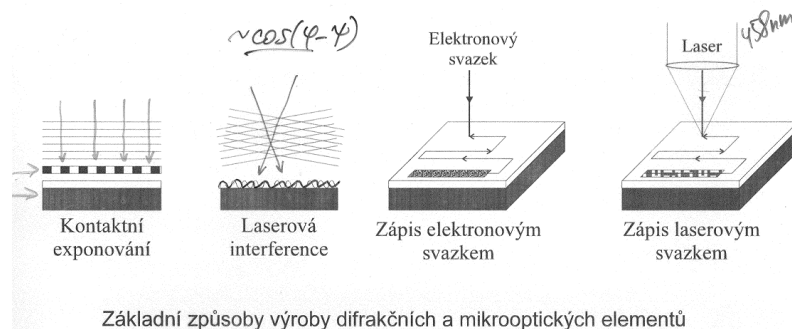
Interferenci lze pozorovat například při Youngově pokusu, ve kterém světlo z bodového zdroje dopadá na dvojici štěrbin. Při malé vzdálenosti štěrbin dochází k interferenci světla za štěrbinami, na stínítku se pozoruje interferenční obrazec. Maxima vznikají v místech, kde světelná vlnění mají stejnou fázi, minima naopak v místech, kde mají fázi opačnou.



Obrázek 1:



Obrázek 2:



Obrázek 3:

$$I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 I_2} \cos \varphi,$$

kde $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ je fázový rozdíl obou vln.

2.2 Difrakce světla

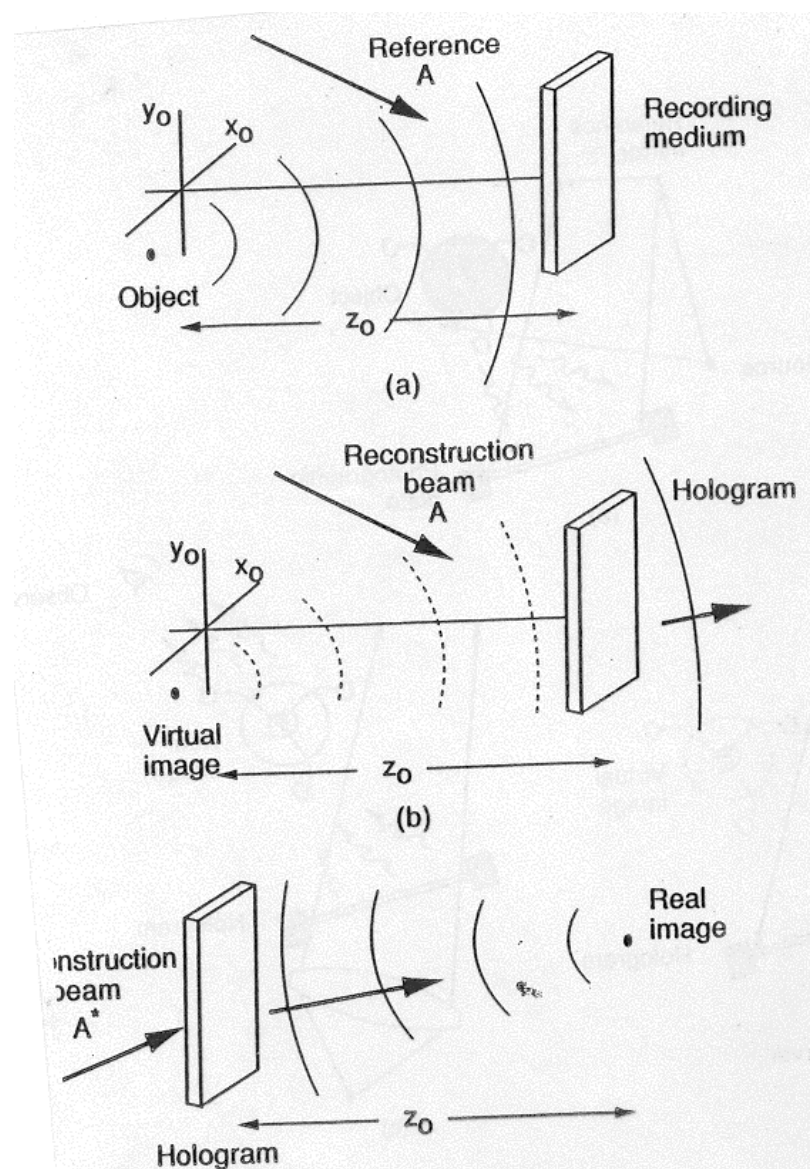
Difrakce, neboli ohyb světla (obr. 2) je jev podmíněný vlnovými vlastnostmi světla. Jejich důsledkem je odlišné šíření světla, než by odpovídalo přímočarému šíření světla. Ohyb se projevuje tak, že po dopadu na okraj překážky se světlo šíří za překážkou i do oblasti geometrického stínu, tzn. do prostoru, kam by na základě přímočarého šíření nemělo světlo proniknout.

2.3 Záznam

Záznam hologram se může provádět:

(obr. 3)

- Laserovou interferencí
- Elektronovým či jiným svazkem s dostatečnou silou
- Mechanickým rytím



Obrázek 4:

2.4 Rekonstrukce

Rekonstrukce hologramu se provádí pomocí osvětlení stejným referenčním osvětlením, jaké bylo použito při záznamu. (obr. 4)

3 Aplikace

3.1 Obrazová holografie

3D zobrazování patří mezi nejrozšířenější oblast aplikace optických difrakčních struktur. Do této oblasti patří kusové hologramy nebo malosériové hologramy, které se používají jako obrazy, prostorové ilustrace, dokumentace, šperky nebo reklamní prvky.

Hologramy s informačním obsahem - mají vysokou prostorovou hustotu, kde je pro vizuální pozorování řada informací nadbytečná.

Duhové hologramy - redukuje obsah na pro oko nezbytnou a přiměřenou úroveň.

3.2 Bezpečnostní aplikace

Jedna z významných oblastí, kde holografie přinesla něco zcela nového je problematika ochrany dokumentů proti padělání. Vzhledem k neustále se zdokonalující reprodukční technice z hlediska barev, materiálu, rozlišení je holografie stále relativně bezpečná možnost vzhledem k velké obtížnosti reprodukce v amatérských podmínkách.

3.3 Ostatní aplikace

Mezi další oblasti využití holografie patří Optické zpracování informací (optické procesory, paměti, ...) nebo v měřicí technice neboli interferometrii. V těchto oblastech se používají difrakční struktury například holografické čočky, ...

Reference

- [1] R.J. Collier, C. B. Burckhardt a L.H. Lin, *Optical Holography*, Academic Press, 1971.
- [2] M. Miler, *Holografie - teoretické a experimentální základy a její použití*, Populární přednášky o fyzice 22, SNTL Praha 1974.
- [3] B. E. A. Saleh a M. C. Teich, *Základy fotoniky 1-4*, Matfyzpress Praha, 1994.
- [4] J. W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*, 2. vydání, McGraw-Hill, 1996.
- [5] *Microoptics: Elements, systems and applications*, Editor H. P. Herzig, Taylor & Francis, 1997.

Metalografie – práce s optickým mikroskopem

David Adámek, Ondřej Vencálek, Petr Kuběna, Anna Fučíková, Tomáš Renč

Supervisor: Ing. Jan Adámek

Tuto práci jsme zpracovávali na katedře materiálů FJFI ČVUT. Hovoříme-li o materiálech, měli bychom uvést jejich rozdělení:

1. Kovy
2. Keramické materiály (a skla, která jsou složena ze stejných elementů, ale mají jiné uspořádání)
3. Polymery (běžně označované za plasty)
4. Kompozity (kombinace předchozích typů)

V naší práci jsme se soustředili hlavně na kovy. Ty jsou složeny z malých krystalů, které jsou spojeny a vytváří oblasti, kterým se říká zrna. Kov však vypadá uceleně a rozdíly jsou patrné až pod značným zvětšením.

Postup při zjišťování struktury zrn na kovovém vzorku:

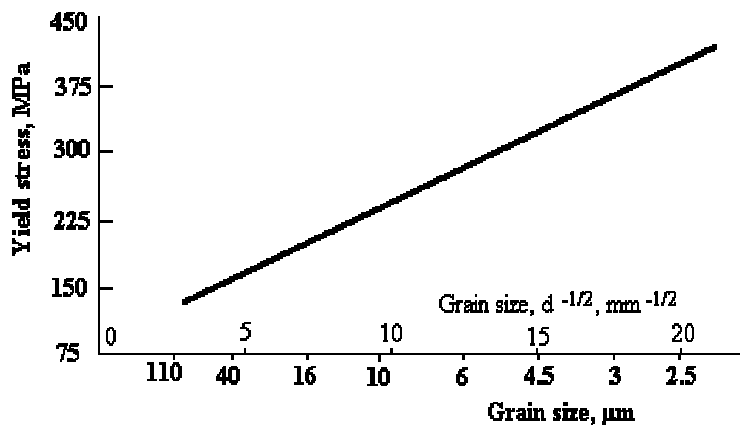
1. Zpracování vzorku

- zalití do pryskyřice (z praktických důvodů)
- vybroušení (provádí se pod proudem vody, aby nedošlo k tepelnému narušení struktury vzorku)
- leštění (brusným papírem, diamantovou pastou, doleštění sametem)
- leptání povrchu (chemicky, pro zvýraznění struktury kovu)

2. Pozorování metalografickým optickým mikroskopem

- v odraženém světle

Závislost meze kluzu oceli na velikosti zrna dokumentuje následující graf:



Vlastnosti kovu závisí na velikosti a tvaru zrn. Proto je důležité strukturu zrn studovat, čímž se zabývá metalografie. Tento obor má široké využití v letectví a dopravě vůbec, v nejrůznějších průmyslových výroбах (od jemné mechaniky až po těžké strojírenství).

Odkazy:

<http://www.matter.org.uk>

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/anatomy/anatomy.html>

FRAKTOGRAFIE A ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE

Jiří Pospíšil, Tibor Vansa, Jaroslav Příbyl, Jan Mrázek, Tomáš Vlk, Petr Novák

Fraktografie je laické veřejnosti poměrně málo známá věda, která je však pilířem mnoha projektů a vynálezů, na kterých někdy závisí i lidské životy. Jedná se o vědní obor studující zákonitosti lomů a deformací pevných látek. Pod tímto záhadným vyjádřením se skrývají mimo jiné i výpočty zajišťující, že letadlu, kterým možná brzy poletíte na dovolenou, uprostřed letu neupadnou křídla.

Vědecky řečeno, fraktografie analyzuje morfologii lomových ploch a na bázi získaných informací interpretuje závěry posléze vedoucí k optimalizaci konstrukce konkrétního výrobku. Získávání primárních informací se děje širokou paletou metod sahajících od běžného vizuálního pozorování přes užití zvětšovacího skla až po nejmodernější řádkovací elektronové mikroskopy, umožňující vysoké zvětšení při velké hloubce ostrosti.

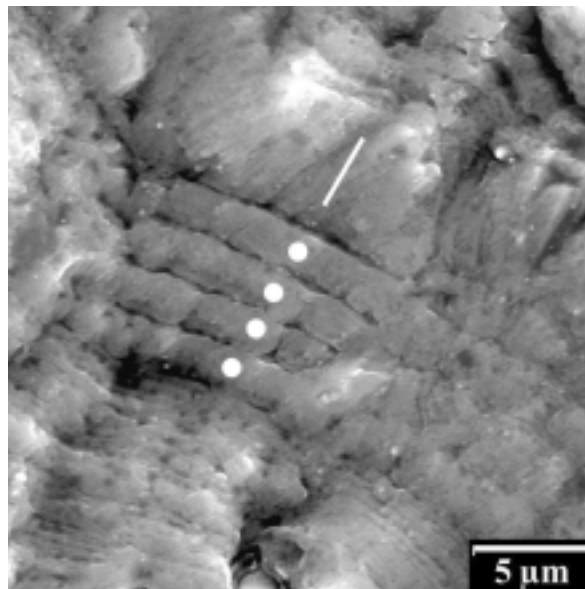
Narozdíl od běžných světelných mikroskopů se v řádkovacích elektronových mikroskopech místo světla používá svazku elektronů urychlených vysokým napětím. Tímto proudem částic je bod po bodu bombardován povrch vzorku a tzv. sekundární elektrony, vznikající interakcí primárních elektronů ze svazku s atomy vzorku. Sekundární elektrony jsou zachyceny detektorem, z jehož výstupu je sestavován výsledný obraz na monitoru. Mikroskop je propojen s počítačem, na němž se snímky ukládají a dále zpracovávají. Připojením analyzátoru rtg záření k řádkovacímu mikroskopu je možno zjišťovat chemické složení materiálu vzorku.

Fraktografická analýza umožňuje nejen určení mechanismu porušování jednotlivých komponentů, ale popis historie degradace celých konstrukcí. Základním požadavkem kladeným na analýzu, zejména pak v aviatice, je fraktografická rekonstrukce kinetiky únavového porušování. Jedním ze špičkových pracovišť zabývajících se tímto vědním oborem je katedra materiálů FJFI ČVUT v Praze. Katedra se ve spolupráci s podniky leteckého průmyslu podílela na vývoji československých a posléze českých civilních a bojových letounů, mezi jinými i L-410UVP, L-39MS a L-159.

Fraktografické analýzy je nedílnou součástí hodnocení únavových vlastností konstrukcí letadel.

To se děje například při únavové zkoušce, kdy je prototyp letounu podroben nejrozsáhlejšímu zatěžování simulujícímu provozní podmínky (mimo jiné „mávání křídly“ pomocí hydraulických zvedáků). Po zkoušce je prototyp rozebrán na jednotlivé součástky, které jsou zkoumány na výskyt únavových trhlin. Pracovníci KMAT (katedry materiálů) FJFI ČVUT vyvinuli unikátní metodu značkovacího zatěžování, čímž umožnili přesnou časovou lokalizaci vzniku a rozvoje jednotlivých poruch a tím i přesnější odhady životnosti komponent i celých letounů.

Další možnosti aplikace fraktografie je zkoumání příčin poškození součástí způsobujících letecké i jiné havárie. V takovém případě se analyzuje porušený díl a na lomových plochách se hledají znaky charakteristické pro určitý typ namáhání, případně různé typy technologických defektů.



Fraktografická značka na lomu podélníku trupu letounu L-159

ATOMOVÁ OPTIKA A KVANTOVÁ INFORMACE

supervisor: Doc. Ing. Igor Jex, DrSc.

vědecký tým: Pavel Hejbal – GYMNÁZIUM NAD ALEJÍ

Tomáš Hlaváček - GYMÁZIUM NA VÍTĚZNÉ PLÁNI

Jáchym Holeček – GYMNÁZIUM BUDĚJOVICKÁ

Jiří Palek – GYMNÁZIUM NOVÉ STRAŠECÍ

Adam Richter – PRVNÍ ČESKÉ GYMNÁZIUM V KARLOVÝCH VARECH

Vít Tuček - PRVNÍ ČESKÉ GYMNÁZIUM V KARLOVÝCH VARECH

Program:

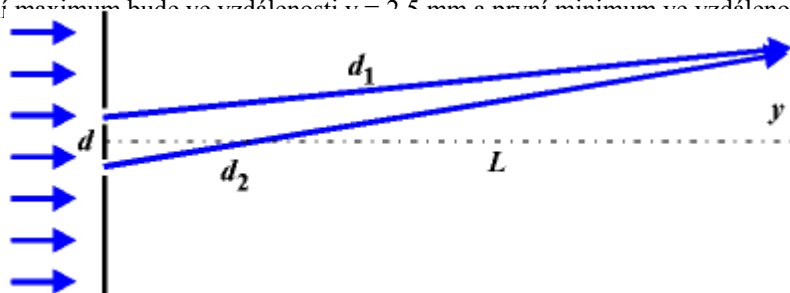
V pondělí dopoledne nám pan Jex krátce přednesl historický vývoj, který nás postupně dovedl až k základním aspektům kvantové teorie. Velmi zjednodušeně nám tak představil kvantování veličin, částicově-vlnový dualismus, interferenci, superpozice a na počítačových animacích demonstroval některé interferometry.

Odpoledne jsme se přesunuli do laboratoře, kde jsme si mohli sami vyzkoušet se zvukovými vlnami Youngův dvouštěrbinový experiment. Poté jsme přešli k laseru, kde jsme provedli tentýž pokus (tentokrát samozřejmě se světelným paprskem). Dále jsme laseru položili do cesty pouze jednu štěrbinu a mohli tak na stínítku pozorovat difrakční obrazce. Interferenční jevy jsme si dále demonstrovali použitím difrakční mřížky. nakonec jsme s laserem sestavili Michelsonův interferometr. Pan Jex nám následně dovysvětlil pozorované jevy, přidal hrubý nástin funkce kvantových počítačů a popsal provázané stavy částic a jejich eventuální využití při teleportaci.

Ve středu se náš tým dostal do rukou dvou studentů (pan Jex musel bohužel odjet do zahraničí), kteří nám pomáhali při přípravě naší presentace. Velmi ochotně se nám též pokusili objasnit teoretické, či spíše početní vyjádření našich experimentů z předchozího dne.

např. Určete polohu prvního maxima a prvního minima v Youngově experimentu se světlem o vlnové délce $\lambda = 500$ nm. Vzdálenost štěrbín je $d = 1$ mm, vzdálenost stínítka $L = 5$ m.

První maximum bude ve vzdálenosti $y = 2.5$ mm a první minimum ve vzdálenosti 1.25 mm.



$$\begin{aligned}d_2 - d_1 &= \sqrt{L^2 + (y + d/2)^2} - \sqrt{L^2 + (y - d/2)^2} = \\&= L \sqrt{1 + \frac{(y + d/2)^2}{L^2}} - L \sqrt{1 + \frac{(y - d/2)^2}{L^2}} = \\&\approx L \left(1 + \frac{1}{2} \frac{(y + d/2)^2}{L^2} \right) - L \left(1 + \frac{1}{2} \frac{(y - d/2)^2}{L^2} \right) = \frac{y d}{L}.\end{aligned}$$

teorie:

základní pojmy:

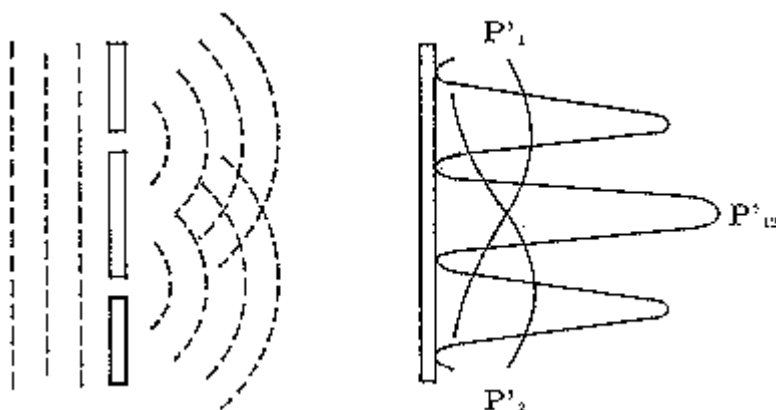
vlnově-částicový dualismus: Experimentálně bylo již mnohokrát prokázáno, že tentýž mikroobjekt (například elektron, foton, neutron, atom atd.) se za jistých okolností chová jako částice, zatímco jindy se projevuje jako vlnění. Mikroobjekty "samy o sobě" tudíž nemohou být ani klasickými částicemi, ani klasickým vlněním.

interference světla: Výrazným projevem vlnových vlastností světla, zejména u světla monochromatického, je interference. Jev spočívá ve skládání různých příspěvků vlnění v daném místě. Jeho projevem je vznik interferenční struktury - u monochromatického světla se projevující vznikem světlých a tmavých proužků, či ploch, u bílého světla duhovostí. Pro pozorování interference je důležitá koherence světla, tedy dobrá definovanost a uspořádanost světla

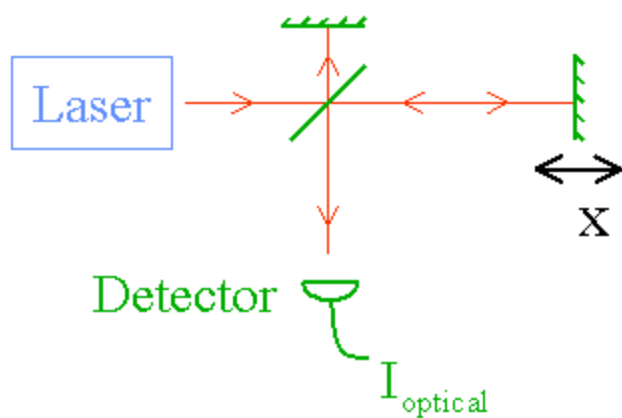
difrakce světla: Projevem vlnových vlastností světla je také difrakce neboli ohyb světla. V jejím důsledku se světlo nešíří přímočaře, ale i do oblasti geometrického stínu, vzniklého za překážkami. Pokud je světlo koherentní, pozorujeme ohybový (difrakční) obrazec jako výsledek *interference* vlnění přicházejících z různých směrů, a tedy s různými dráhovými rozdíly

pokusy:

Youngův experiment: Ukazuje, že světlo se při svém šíření chová jako vlnění a nikoli jako proud částic. Vlny mezi sebou interferují a na stínítku tak můžeme pozorovat světelná maxima a minima. Interference je způsobena tím, že se v daném místě stínítka setkávají dvě vlny od obou štěrbin v různé fázi: maximum vzniká tam, kde se setkají dva "vrcholy" vln a minimum tam, kde se setká "vrchol" a "údolí".



Michelsonův interferometr: Světelný paprsek prochází polopropustným zrcadlem, dělí se na dva proudy a posléze se oba odrážejí od zrcadel a směřují do detektoru. Změnou vzdáleností X můžeme regulovat vzájemný posun vln a měnit tak interferenci.



MILLIKANŮV EXPERIMENT

Na experimentu pracovali :

David Šubrt (Gymnázium Děčín)

Jakub Hraníček (Gymnázium Pelhřimov)

Václav Kohoutek, Šárka Dosoudilová, David Štencel, Michal Kolář (Gymnázium Šternberk)

Supervisor :

Ing. Vojtěch Svoboda - Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze
katedra fyziky

Celé téma a experiment probíhal na katedře fyziky FJFI ČVUT

Základní popis elementárního náboje

Jedna z nejfundamentálnějších konstant dnešní fyziky je tzv. elementární náboj / zn. e /. Je to elektrický náboj elementárních částic, charakterizuje jejich interakci s elektromagnetickým polem. K základním vlastnostem elektrického náboje patří jeho existence ve dvou formách – kladné a záporné. Dále zákon zachování elektrického náboje při všech procesech mezi elementárními částicemi, a konečně to, že náboj všech elementárních částic je až na znaménko přesně stejně velký a dále nedělitelný.

/ Podle kvarkové teorie jsou silně interagující částice – hadrony (př. proton) složeny z ještě „elementárnějších“ částic – kvarků, nesoucí zlomkový elementární náboj. Tyto částice jsou v hadronech velmi silně vázány a nebyly dosud samostatně pozorovány. /

Z tohoto tvrzení vyplývá, že elektrický náboj je vždy kvantován, je tedy diskrétní. Každý reálný náboj v přírodě je vždy celým násobkem elementárního náboje. / Dnešní technika však ještě není schopna tuto skutečnost prokázat při měření větších nábojů díky velmi malé hodnotě e . Klíčové postavení elementárního náboje mezi základními fyzikálními konstantami je dáno též tím, že spojuje mnohé makroskopicky měřitelné veličiny s veličinami atomárními ; např. z měrného náboje elektronu e/m_e lze pomocí e určit jeho hmotnost m_e , z Faradayovy konstanty $F=eN_A$ Avogadrovu konstantu, a tím i hmotnost jednoho atomu apod. Hodnota elementárního náboje je přibližně $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ / Dle Millikanových měření /.

PRINCIP MILLIKANOVA EXPERIMENTU

Mill. experiment je založen na principu měření pohybu nabitých kapek v elektrickém poli. Používá se olej podobný hodinářskému oleji. Do prostoru mezi vodorovně orientovanými deskami kondenzátoru jsou vstřikovány drobné olejové kapičky a jejich pohyb je pozorován mikroskopem. Kapičky nesou malé el. náboje získané třením při rozstřikování. Pokud na kondenzátor není podáno napětí, budou se kapičky pohybovat vertikálně dolů pod vlivem F_G , vztlaku , odporu prostředí, který je možno popsat Stokesovou silou. Díky odporu prostředí se rychlost kapiček v_g ustálí jako konstantní. Podáme-li na kondenzátor napětí, bude se táž kapička pohybovat vzhůru k opačně nabitě desce kondenzátoru konstant. rychlostí v_e . Změříme-li rychlost kapičky v obou případech, můžeme z pohybových rovnic určit poloměr kapičky a její náboj.

$$mg - m'g - 6\pi\eta r v_g = 0 \quad (\text{bez pole})$$

$$mg - m'g + 6\pi\eta r v_e = EQ \quad (\text{s polem})$$

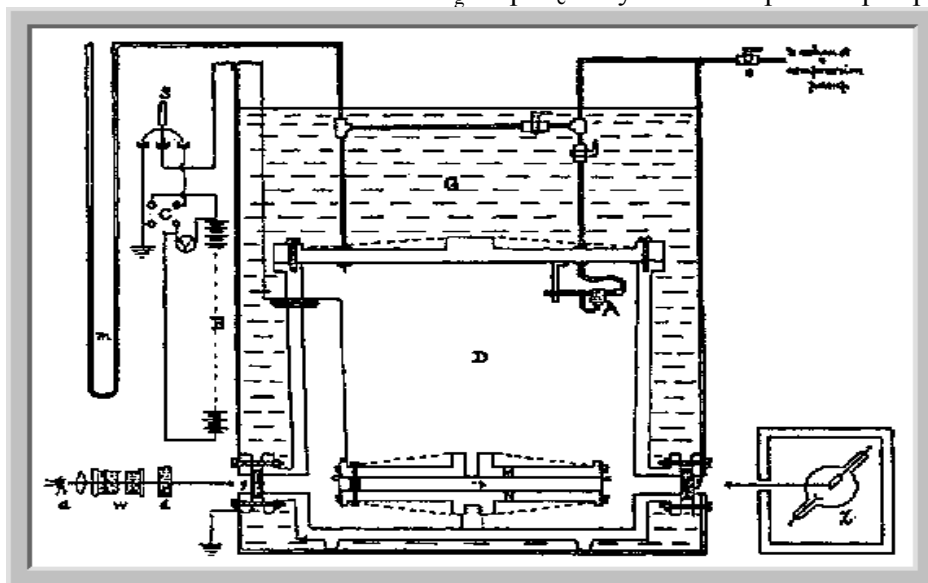
m - hmotnost kapičky ;

m' - hmotnost vytlačeného vzduchu

η - viskozita vzduchu

r - poloměr kapičky

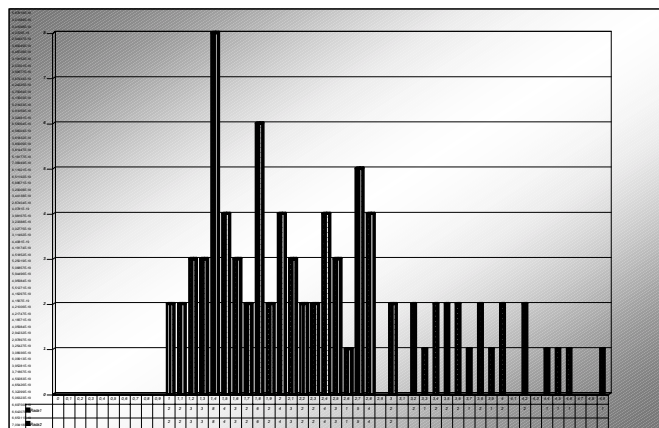
v_g resp. v_e - rychlost bez pole resp. s polem



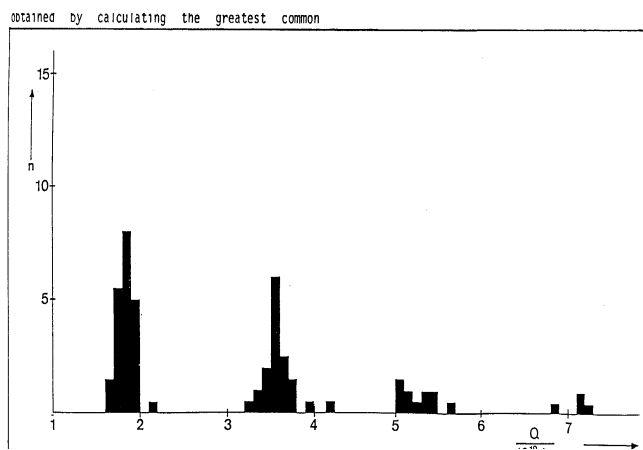
Nákres Millikanovy aparatury

Při našem měření jsme naměřili 90 údajů, které obsahovaly rychlost bez pole a s el. polem. Poté jsme podle rovnic určili náboje ke každé hodnotě a z těchto hodnot jsme sestavili histogram. Z něho jsme pak určili elementární náboj.

$$\text{rovnice : } r = \sqrt{\frac{v_g \eta}{2(\sigma - \rho)g}} \quad q = \frac{6\pi\eta r}{E}(v_g + v_e)$$



Histogram dle našich hodnot



Histogram sestavený dle manuálu

Konečný výsledek elementárního náboje dle našich měření byl vypočten na $1,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

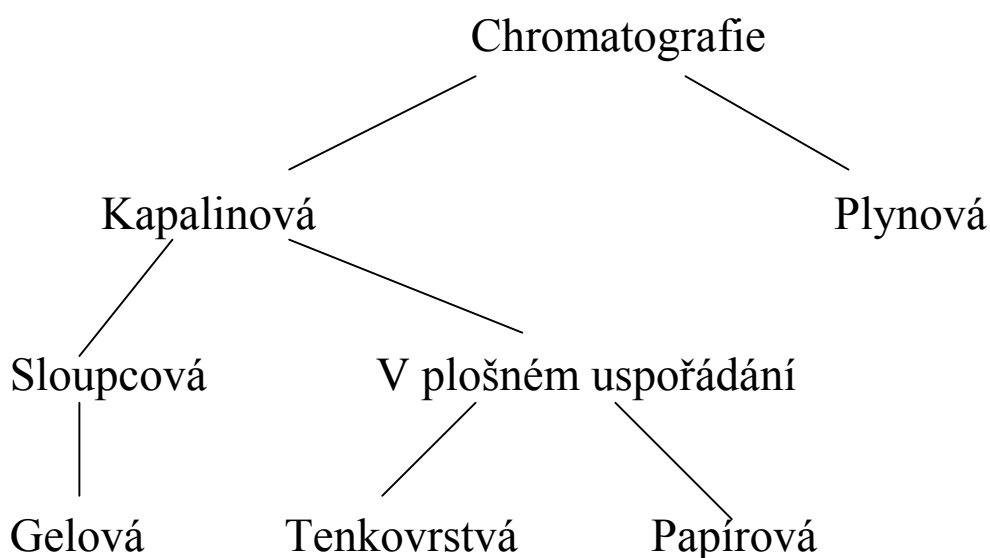
- Literatura :
- 1) Doc. Ing. Ivan Štoll, CSc. - Elektřina a magnetismus (FJFI ČVUT 1998)
 - 2) Prof. RNDr. Jaromír Brož , RNDr. Vladimír Roskovec, CSc. - Základní fyzikální konstanty (SPN 1987)
 - 3) Determining the elementary charge ; The Millikan experiment (LEYBOLD)

Chromatografie

Tomáš Przceczek, Bo-Anne Bělková, Ivan Málek, Vít Martinec
Gymnázium Havířov, Masarykova střední škola chemická, Gymn. B. Němcové HK

Úvod:

Byla prvně využita k rozdělování rostlinných barviv vědcem M.S. Cvetem v roce 1906. Před první světovou válkou nebyla využita až po roce 1941 začal její velký rozvoj. Stala se velmi významnou metodou k analýze neznámých látek. Danou metodou lze identifikovat neznámou látku a též stanovit její množství. Chromatografie je chemicko-fyzikální metoda analýzy.



Kapalinová chromatografie:

Rozdělení metod kapalinové chromatografie:

➤ Adsorbční kapalinová chromatografie:

Metoda je založena na schopnosti stacionární fázi selektivně sorbovat látku z roztoku.

➤ Rozdělovací kapalinová chromatografie:

Metoda je založena na fyzikální distribuci látky mezi kapalnou mobilní fází a s ní nesmíselnou kapalnou mobilní fází (vytváří se tenký film na povrchu pevného nosiče).

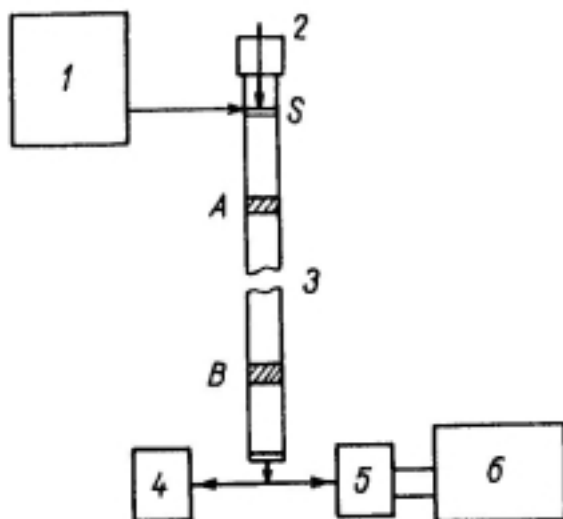
➤ Iontově výměnná chromatografie:

Je založena na rozdílné afinitě dělených iontových částic. Metodu lze využít k rozdělení kovových iontů, anorganických iontů a aminokyselin.

➤ Gelová chromatografie:

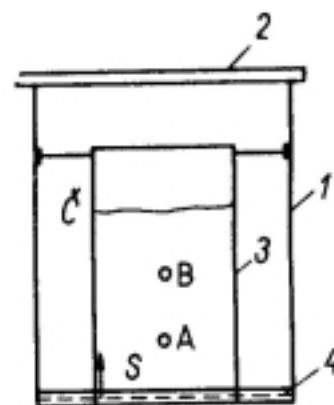
Zakládá se na schopnosti mikroporézních látek s definovanými rozměry pórů, v nichž je obsaženo rozpouštědlo, separovat molekuly podle jejich velikosti a tvaru na základě jejich omezené difúze do pórů.

Základní uspořádání sloupcové chromatografie a vzestupné chromatografie v plošném uspořádání:



Obr. 7.1 Základní uspořádání sloupcové kapalinové chromatografie

1 — zásobník mobilní fáze, 2 — dávkování vzorku, 3 — chromatografická kolona, 4 — sběrač frakcí eluátu, 5 — detektor, 6 — zapisovač vnějšího chromatogramu; A, B — zóny s rozdělenými látkami, S — místo startu



Obr. 7.2 Základní uspořádání vzestupné chromatografie v plošném uspořádání

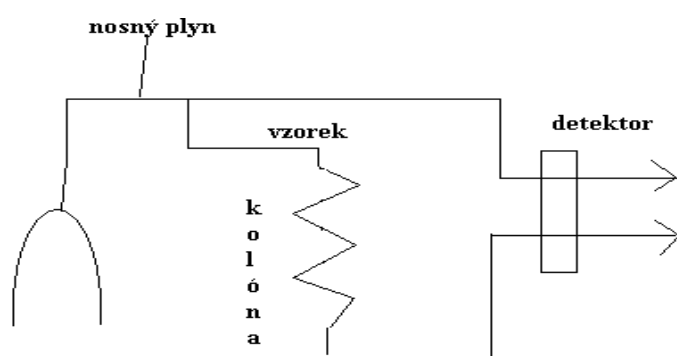
1 — chromatografická nádoba, 2 — těsnící víko, 3 — deska s tenkou vrstvou nebo arch papíru, 4 — eluční činidlo; A, B — skvrny rozdělených látek, C — čelo rozpouštědla, S — místo startu

Plynová chromatografie

Plynová chromatografie je nejmladší disciplína klasických chromatografií, kterou založil M.S. Cvet roku 1906.

Chromatografie je fyzikální metoda dělení, při které mají být oddělené komponenty.

Schéma chromatografické aparatury.



Přes kolónu trvale proudí inertní plyn (nosný plyn). S jeho pomocí se dostane vzorek do kolóny, kde je teplota upravená tak, že směs, kterou máme rozdělit, je v plynném stavu. Přejdem směsí přes kolónu se jednotlivé složky zachytí (adsorbují) na aktivním adsorbentě, nebo se rozpustí v organické látce. Každá složka směsi se nerozpustí stejně, proto molekuly těchto látek se budou pohybovat přes kolónu nesterjně dlouho. Ty co se rozpouštějí lépe, projdou kolonou pomaleji, než ty, co se málo, nebo vůbec nerozpouštějí.

Detektor indikuje přítomnost látky v plynu. Údaje detektoru zaznamenává počítač v podobě grafu- chromatografické křivky (chromatogram). Každý pík odpovídá jedné látce.

Franck – Hertzův pokus

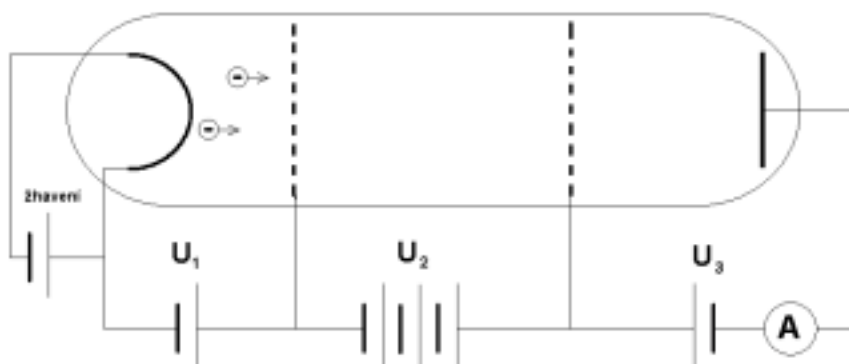
VYPRACOVALI: KATEŘINA NEZVALOVÁ¹⁾, LUCIE HORÁKOVÁ¹⁾, ZBYNĚK FĚDOR¹⁾, MATOUŠ RINGEL²⁾, PAVEL HANČAR³⁾,

¹⁾ Gymnázium Vídeňská, Brno; ²⁾ Gymnázium Broumov; ³⁾ SPŠ Jičín
SUPERVIZOR: ING. VOJTĚCH SVOBODA; FJFI ČVUT, Praha

Na Fyzikálním týdnu jsme znovu vyzkoušeli experiment, který poprvé provedli James Franck a Gustav Hertz v roce 1914. Za tento pokus získali v roce 1925 Nobelovu cenu. Stal se jedním ze základních pokusů na ověření kvantové mechaniky.

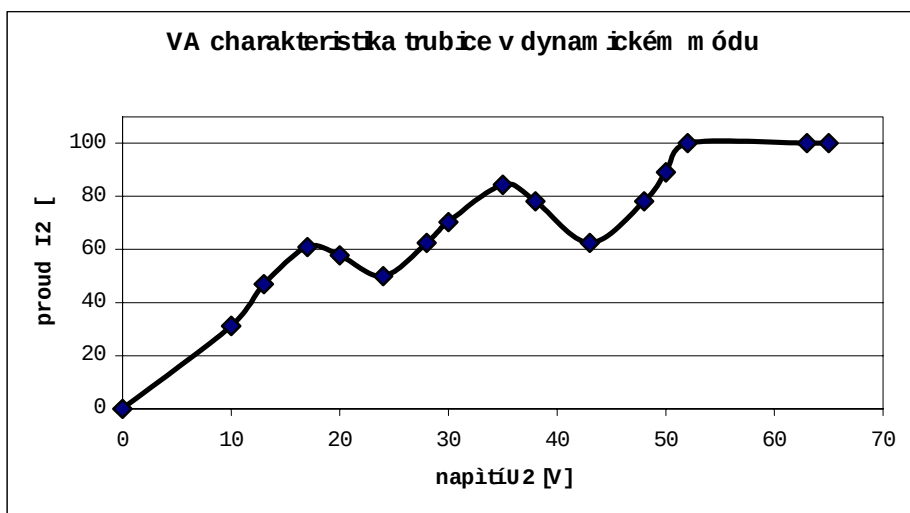
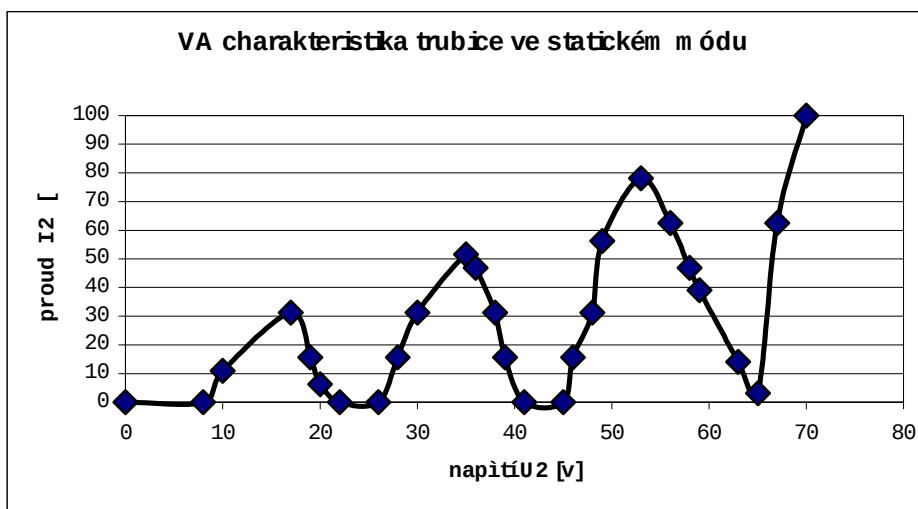
Ve svých pokusech nechali ostřelovat atomy rtuti v plynném stavu urychlenými elektrony. Jako zdroj elektronů použili nahřáté katody v katodové trubici, která byla zároveň urychlovačem.

Jejich aparatura byla poněkud nepraktická, proto jsme na rozdíl od nich užili upravené katodové trubice se dvěma mřížkami, naplněné neonem. V trubici probíhal následující děj. Elektrony, které v důsledku termoemise opustily katodu, byly urychleny urychlovacím napětím U_1 . Poté došly do prostoru mezi dvěma mřížkami, kde byly dále urychlovány napětím U_2 , a kde se zároveň srážely s atomy neonu. Elektrony s malou energií se díky brzdnému napětí U_3 , přiloženému na mřížku, nedostaly až na anodu, a byly svedeny druhou mřížkou ke zdroji.



Všimněme si blíže procesu srážek. Až do určité energie se elektrony s atomy srážejí pružně, čili po srážce nezmění svoji energii. Proud procházející katodovou trubicí je rostoucí funkcí urychlovacího napětí. Ovšem při určité energii elektronů, v našem případě přibližně 18 eV, začínají nepružné srážky. Energie elektronů začíná být atomy silně pohlcována. Proud I procházející trubicí prudce poklesne a při malinké změně napětí dosáhne minima. Při dalším zvyšování napětí U_2 proud opět roste, a to až do okamžiku, kdy energie elektronů dosáhne násobku 18 eV. Poté znovu dochází k pohlcování energie atomy (viz graf). Proud trubicí se pohybuje v řádu nanoampér, a v našem uspořádání pokusu podléhal poměrně velkým fluktuacím.

Snažili jsme se měřit proud jak ve statickém, tak v dynamickém režimu. Dynamického uspořádání jsme dosáhli rozmitáním napětí U_2 a zobrazením VA charakteristiky na obrazovce dvoukanalového osciloskopu. Oba módy se poněkud liší svým průběhem; velikost proudu je v dynamickém módu vesměs větší než v módu statickém. Odlišnost je způsobena tím, že ve statickém módu je při změně napětí systému poskytnuta dostatečná doba na zotavení.



CHARAKTERISTIKY TRUBICE PŘI $U_1 = 3,5\text{V}$ A $U_3 = 9\text{V}$

Atomy se po srážce s elektrony dostávají do excitovaného stavu. Excitovaný stav je velmi nestabilní a atom se v něm nachází po velmi krátkou dobu. Přebytké energie se atom zbaví vyzářením fotonu. Tento proces vypadá tak, že atomy nejprve přejdou do nižšího stavu nezáživým procesem a z tohoto stavu přecházejí do základního vyzářením fotonu ve viditelné části spektra.

Vlastnosti trubice závisí na parametrech U_1 , U_3 . Při zmenšování brzděného napětí U_3 , které se v našem experimentu měnilo v rozmezí 0 až 10,5 V, prakticky všechny elektrony dojdou na anodu, a díky tomu jsou poklesy proudu těžko rozlišitelné. Při zvyšování napětí U_1 , jehož hodnota se pohybuje mezi 0 a 5V, se zvětšuje proud protékající trubicí.

To, že atomy přijímají jen určité diskrétní energie, dokazuje, že energie elektronů v atomu je kvantovaná.

LITERATURA: <http://230nsc1.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>

A.Beiser, Úvod do moderní fyziky, Academia 1977

SPEKTROMETRIE ZÁŘENÍ GAMA

Vypracovali: Bernacik Stanislav, Drobisz Tomáš – Gymnasium Český Těšín

Kůs Vlastimil – VOŠ a SPŠE Plzeň

Pinkavová Lenka – Česko-anglické gymnasium České Budějovice

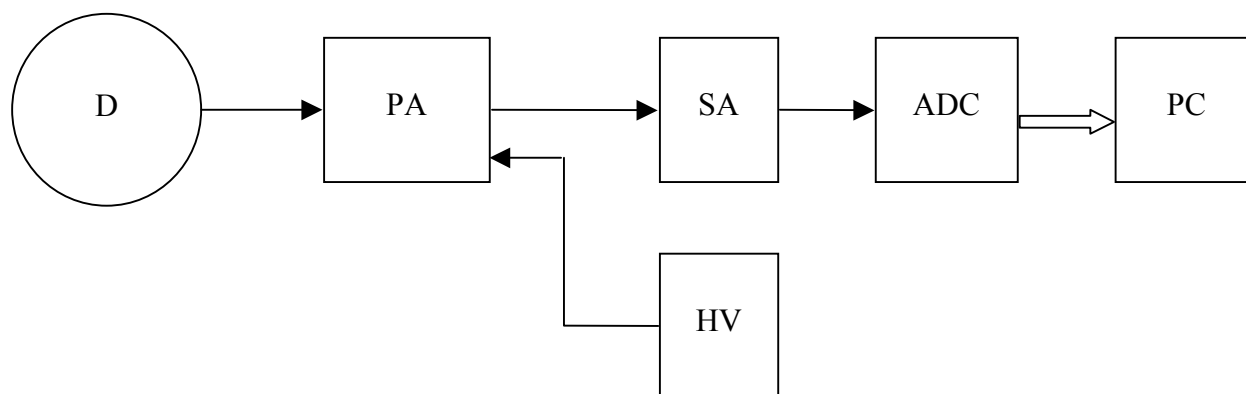
Šafář Václav- Gymnasium Broumov

Supervisor: Ing. Pavel Čermák

Spektrometrie je vědní obor, který se zabývá získáváním energetických spekter částic nebo fotonů emitovaných zdrojem záření. Spektrometrie záření gama je užívána jako jedna z metod pro nedestruktivní strukturní analýzu materiálů. Spektrum z energetického hlediska je zastoupení jednotlivých energií prvků ve vzorku.

Vlivem alfa nebo beta rozpadu mateřského jádra dochází ke vzniku dceřiného radioizotopu, který se může vyskytovat v excitovaném stavu. Při přechodu do základního stavu dochází k uvolnění přebytku energie vyzářením kvanta gama.

Hlavní součástí přístrojové aparatury (spektrometru) je detektor ionizujícího záření. V našem případě byl použit detektor vyrobený z čistého germania. Detektor je za provozu chlazen kapalným dusíkem a udržován na teplotě 77K. Elektrický pulz, který vzniká interakcí záření s citlivým objemem detektoru, je dále zpracováván elektronickými bloky.

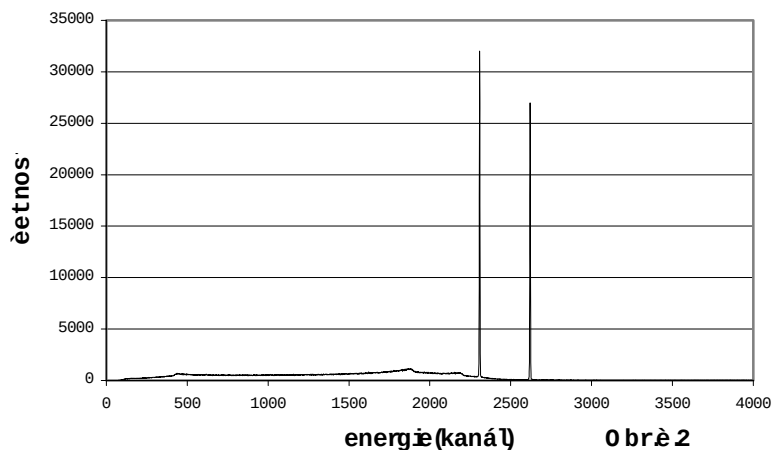


Obr.1: Základní principiální schéma mnohokanálové spektrometrické aparatury;

D – detektor, PA – předzesilovač, HV – vysokonapěťový zdroj, SA – spektroskopický zesilovač, ADC – analogově-digitální převodník, PC – počítač

Na obr. 1 je zjednodušené schéma spektrometru. Detektor je napájen vysokým napětím z bloku HV (zprostředkovaně přes předzesilovač (PA)). Signál z detektoru po úpravě předzesilovačem postupuje na spektroskopický zesilovač (SA), kde je zesílen a tvarován. Blok ADC určí pro každou událost amplitudu signálu a výsledná data jsou ukládána v paměti počítače a zpracovávána v grafické podobě. energii detekovaných částic je možné určit až po energetické kalibraci celé aparatury.

Spektrum kalibračního zářiče ^{60}Co



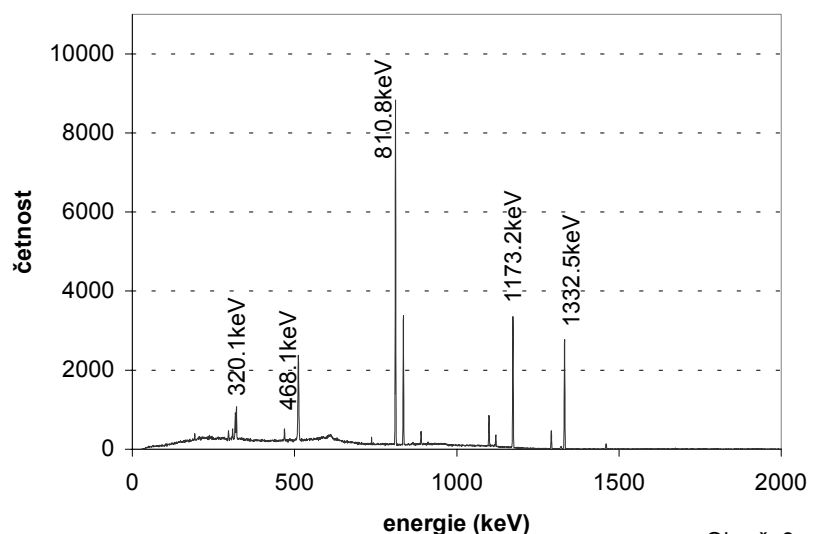
Obr. 2

Na obrázku č.2 je spektrum kalibračního zářiče ^{60}Co (čáry 1173,2keV a 1332,5keV), které bylo použito k určení převodního vztahu mezi kanály (kanál = pracovní jednotka, souvisí s principem ADC) a

Aparatura byla zkalibrována pomocí píků známého zářiče ^{60}Co . Ze dvou kalibračních bodů byl určen přepočítací vztah mezi energií vyjádřenou v kanálech a v jednotkách keV:
 $E[\text{keV}] = 0.51 * E[\text{kanál}] - 4.39$

Vzorek meteoritu

Po zkalibrování byly určeny polohy (v keV) několika nejintenzivnějších píků v neznámém vzorku (vzorek meteoritu nalezeného v květnu 2000 v ČR) – viz obr.č.3.



Obr. č. 3

K nalezeným energiím byla v tabulkách vyhledána jádra, která produkují kvanta gama s příslušnou energií: 320.1keV – ^{51}Cr , 468.1keV – ^{192}Ir , 810.8keV – ^{58}Co , 1173.2keV a 1332.5keV – ^{60}Co . Hodnoty energie byly určeny podle [3].

Seznam použité literatury:

- [1] I. Úlehla, M. Suk, Z Trka: *Atomy, jádra, částice*, Academia, Praha 1990
- [2] K. Matějka a kol.: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí*, ČVUT, Praha 1998
- [3] E. Browne, R. B. Firestone: *Table of Radioactive Isotopes*, John Wiley & Sons, 1986

Spektrometrie záření alfa

Ing. Vladimír Linhart

Supervisor projektu, KF FJFI ČVUT, Praha

Petr Havlíček

Gymnázium Voděradská, Praha 10

Lenka Kvítková

Gymnázium Čajkovského, Olomouc

Michal Petera

Gymnázium Voděradská, Praha 10

Jaroslava Schovancová

Akademické gymnázium, Praha 1

Abstrakt

V článku je prezentován obecný princip spektroskopického měření s detailním popisem výsledného spektra. Tvar spektra je zde vysvětlen a je ozřejmena podstata štěpení spektrálních čar.

Na základě precizního měření je v článku proveden důkaz existence vnitřní struktury atomového jádra. Společně s ním je uvedeno poznání, že vnitřní struktura jádra vykazuje vlastnost diskretně rozložených hladin.

Ke konci článku jsou stručně uvedeny některé z mnohých aplikací rozpadu alfa.

1 Úvod

V našem projektu jsme se seznámili se spektrometrií záření alfa. Tato spektrometrie se zabývá měřením kinetické energie alfa částic, tj. helionů. Heliony jsou jádra helia, která obsahují celkem 4 nukleony, 2 protony a 2 neutrony. Proud částic pocházejících z jednoho prvku se vyznačuje tím, že kinetické energie těchto částic nabývají několika diskretních hodnot. To svědčí o tom, že jádro má svou vnitřní strukturu, čili že není bodová částice. Každá diskretní hodnota odpovídá přechodu mezi jednotlivými energetickými hladinami. Nejpravděpodobnější je přechod mezi základními stavy. Objevují se však i jiné méně pravděpodobné přechody do jiných energetických hladin, které se nazývají vzbuzené stavy. Pro ty se vžil název jemná struktura čarového spektra, která je hlavním cílem našeho bádání. Energie alfa částic je specifická pro každý prvek, takže změřením kinetické energie můžeme pomocí tabulek určit, o jaký prvek se jedná.

2 Měření

2.1 Obecný princip detekce

Má-li částice nějakou kinetickou energii, bude se ve vakuu, podle 1. Newtonova zákona, pohybovat rovnoměrným přímočarým pohybem. Chceme-li takovouto částici detekovat, musíme jí do cesty postavit hmotu, se kterou bude interagovat. Interakce se projeví např. excitací, ionizací, destrukcí molekul nebo krystalické mřížky látky, do které narazí. Částice tím předá buď část energie, nebo veškerou svou energii. Jelikož dosah částic alfa v křemíku je typicky $20\mu m$, bude detektor o tloušťce $100\mu m$ absorbovat veškerou kinetickou energii. V případě polovodičových detektorů nás zajímá hlavně ionizace.

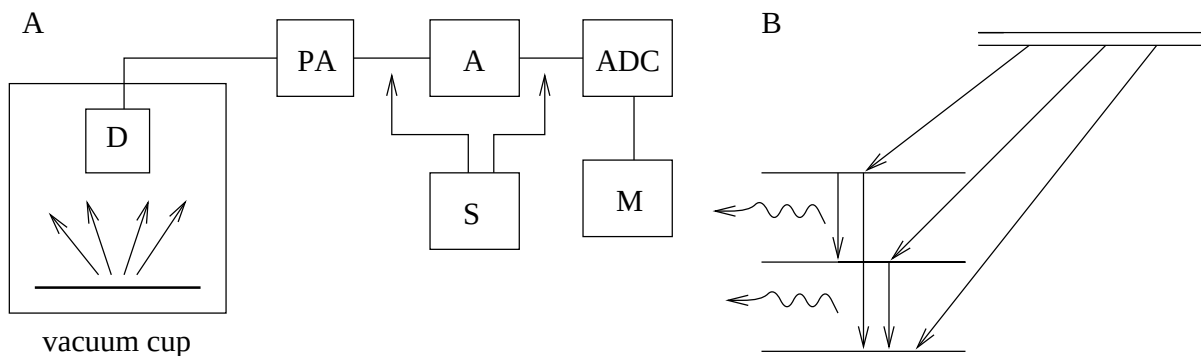
Bylo experimentálně zjištěno, že celkový náboj vzniklý ionizací je přímo úměrný energii, kterou částice zanechala v detektoru. Kvantifikaci tohoto náboje lze tedy stanovit deponovanou energií. Detektorem je v podstatě kondenzátor tvořený křemíkovým materiálem (dielektrikum), který je obklopen dvěma rovinnými deskami. Na desky se vloží napětí, které vytváří sběrné elektrické pole. Náboj sbíráme tímto elektrickým polem na sběrné elektrody detektoru (rovinné desky). Vzhledem k tomu, že detektor má kapacitu C , bude, vlivem přiloženého napětí, na jedné elektrodě náboj $+Q$ a na druhé $-Q$. Sbíráním elektronů a děr dojde k úbytku velikosti těchto nábojů. To se projeví v úbytku napětí ΔU na kondenzátoru. Velikost sebraného náboje q je pak přímo úměrná úbytku napětí. Konstantou přímé úměrnosti je kapacita C .

$$q = C \cdot \Delta U$$

Tím je převeden problém měření kinetické energie na problém stanovení úbytku napětí na kondenzátoru. Napětí měříme pomocí AD převodníku, který obsahuje integrované obvody. AD převodník rozděljuje jmenovitou hodnotu napětí na mnoho ekvidistantních interválků. Následovně posoudí, do kterého intervalu to které napětí patří. Každému intervalu je potom přiřazeno pořadové číslo. Jednotlivé intervaly se nazývají kanály.

2.2 Konkrétní realizace spektroskopického systému

Používali jsme klasickou spektroskopickou aparaturu složenou z nábojově citlivého předzesilovače, lineárního zesilovače a AD převodníku s pamětí (viz Obrázek 1 A). Předzesilovač převádí náboj na napětí. Lineární zesilovač zesiluje toto napětí a tvaruje signál za účelem co nejlepšího spektroskopického rozlišení. Parametrem tvarování je tzv. tvarovací čas. Námi použitý zesilovač od firmy Ortec zesiloval 50x a tvarovací čas byl $1\mu s$. Jako AD převodník jsme použili mnohokanálový analyzátor Cicero, který ukládal spektrum do paměti o velikosti 2k (tj. počet interválků byl 2048). Po nabrání dostatečné statistiky jsme spektrum převedli pomocí rozhraní RS232 do počítače.



Obrázek 1: **A)** Schéma spektroskopické aparatury, která se sestává z detektoru (D), předzesilovače (PA), zesilovače (A), analogově-digitálního převodníku (ADC), paměti (M) a osciloskopu (S).

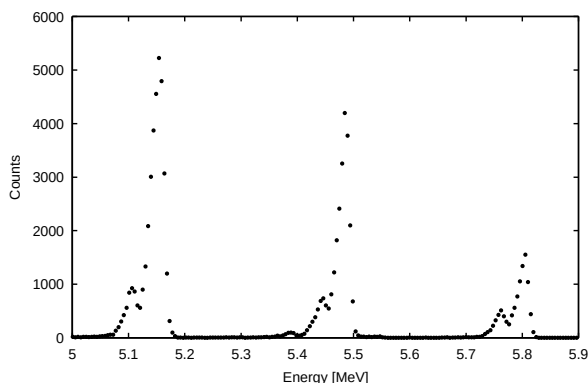
B) Grafické zobrazení rozpadu alfa částic, při kterém dochází k přechodu atomu (šikmé šipky) z jednoho základního stavu (dvojitá čára nahoře) do druhého (dvojitá čára dole) nebo do stavů vzbuzených (jednoduché čáry). Po přechodu do vzbuzeného stavu se uvolňuje doprovodné gama záření (vlnovky).

3 Popis spektra

Spektrum (viz Obrázek 2) vykazuje diskrétní hodnoty kinetických energií alfa částic. Získané spektrum je tedy čárové a je v něm možno pozorovat několik peaků. Některé z nich výrazně převyšují ostatní a většinou se nacházejí vpravo. Tyto hlavní peaky představují procesy, při kterých atomy přešly mezi základními stavy. Ostatní peaky tvoří tzv. jemnou strukturu. Z obrázku je dále patrné, že peaky mají jistou šířku. Šířka peaku je dána vlastností celého spektroskopického systému, nikoli vlastnostmi záření. Tato šířka určuje s jakou přesností můžeme měřit energii částic.

Vzhledem k tomu, že v preparátu nejsou přítomny atomy helia, heliony musejí pocházet z ostatních prvků preparátu. Jelikož se heliony nemohou vyskytovat v atomovém obalu, musejí být emitovány z atomového jádra. To dokazuje jeho vnitřní strukturu. Přítomnost jemné struktury naznačuje, že se atomové jádro může nacházet v různých energetických hladinách. Tyto hladiny jsou diskrétní. Hladinu

s nejnižší klidovou energií nazýváme základní, ostatní vzbuzenými (viz Obrázek 1 B). Pokud atom přešel do vzbuzeného stavu, přechází následně do stavu základního za současné emise gama záření.



Obrázek 2: Ukázka spektra získaného detektorem Canberra, znázorňující peaky ze tří zářičů (zleva ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{244}Cm). Díky dobré rozlišovací schopnosti přístroje, je nalevo od hlavních peaků velmi dobře patrná jemná struktura.

4 Využití

Při rozpadu částic se uvolňuje energie, která se mění na energii kinetickou. Ta se spotřebuje na pohyb vzniklého helionu a atomu. Tato energie je využitelná k destrukci látek, což lze použít např. v lékařství při odstraňování nádorů, kde už není jiný zákrok možný. Kinetická energie je dále využitelná k excitaci elektronů. Při zpětné deexcitaci dochází k jejich přechodu mezi vrstvami a uvolňuje se fotonové záření. To pak můžeme detekovat a podle jeho energie určit z jakých atomů se látka skládá.

Připravíme-li zářič tak, že z něj dokáží částice alfa vyletět, můžeme registrovat jejich počet a měřit jejich energii. Dáme-li jim navíc do cesty další materiál, může se tento počet snížit absorbcí helionů přidaným materiálem. Toho se využívá v požárních hlásičích, které detekují heliony. Při úbytku helionů v důsledku zvýšené přítomnosti sazí, které heliony pohlcují, je vyhlášen poplach.

Při nárazu helionu do nějaké látky helion ztrácí celou energii nebo část své energie, což je využitelné při určování mocnosti látek. K čím většímu snížení kinetické energie helionů dojde, tím je materiál mocnější. Pokud alespoň u jednoho helionu k žádnému snížení nedojde, znamená to, že je v látce díra.

5 Závěr

V našem projektu jsme dokázali, že jádro má vnitřní strukturu detekováním částic alfa, které jsou z něj emitovány. Precizním měřením jsme zaznamenali jemnou strukturu, která je důsledkem přechodu atomu i do vzbuzených stavů.

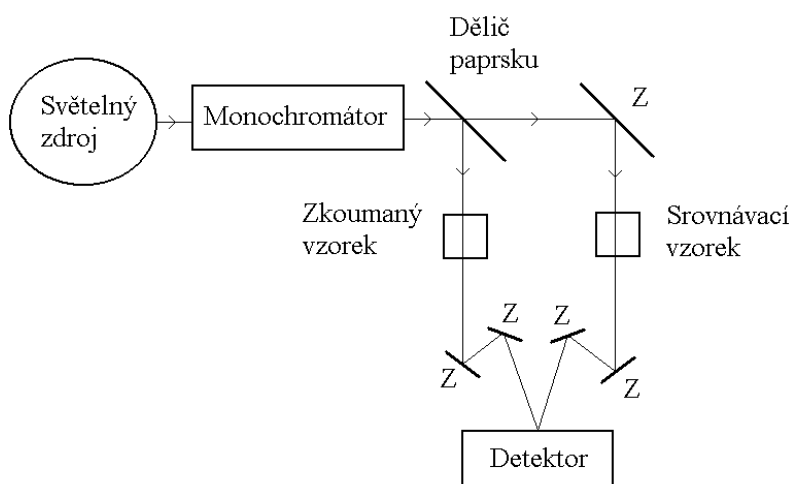
Ke konci jsou dále uvedeny některé z mnoha příkladů využití rozpadu alfa. Konkrétní praktické využití závisí jen na důvtipu experimentátora.

Absorpce světla v pevných látkách

Michal Anděl, Martin Rejman, Petr Šudoma

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s fyzikálními veličinami, které kvantitativně charakterizují absorpci elektromagnetického záření v pevných látkách, a experimentální aparaturou, která umožňuje jejich měření. Studovali jsme propustnost optického filtru, zjišťovali jsme tloušťku vrstvy oxidu germaničitého (GeO_2) nanesené na křemenné podložce a ověřili kvalitu běžně užívaných slunečních či dioptrických brýlí.

K měření transmise vzorků, což je poměr intenzity světla prošlého vzorkem k intenzitě světla dopadajícího na vzorek, jsme použili absorpční spektrofotometr SPECORD UV VIS firmy CARLZEISS, který umožňuje měřit v oblasti vlnových délek od 200 nm do 800 nm. Princip funkce spektrofotometru, jehož schema je na obr. 1, je možno popsat následovně. Paprsek světla vycházející z wolframové žárovky nebo deuteriové výbojky, které slouží jako světelný zdroj ve viditelné a ultrafialové oblasti spektra, je spektrálně rozložen monochromátorem. Dělič paprsku zajišťuje, že monochromatický světelný paprsek střídavě prochází zkoumaným a referenčním vzorkem. Dráhy paprsků procházející oběma vzorky jsou shodné. Přes soustavu zrcadel jsou paprsky prošlé zkoumaným a referenčním vzorkem odraženy na detektor, který měří poměr intenzit těchto paprsků. Takto získané



Obr.1. Schéma spektrometru

hodnoty transmise zkoumaného vzorku registruje počítač, který přes rozhraní řídí průběh experimentu a graficky znázorňuje naměřené hodnoty.

Při prvním pokusu jsme měřili propustnost světla dvěma různě tlustými hranovými absorpčními filtry OG 570. Aby nebyly výsledky zatíženy chybou bylo třeba zkoumané

vzorky před měřením důkladně vyčistit. K těmto účelům jsme použili líh o koncentraci 96%. Měření transmise $T(\lambda)$ v závislosti na vlnové délce světla λ jsme provedli pro filtry o tloušťce $d_1 = 2$ mm a $d_2 = 3$ mm. Referenční vzorek jsme nepoužili. Z naměřených spektrálních závislostí transmise tenčího a tlustšího filtru T_1 a T_2 jsme pomocí vzorce (1) určili spektrální závislost absorpčního koeficientu α v oblasti absorpční hrany filtru.

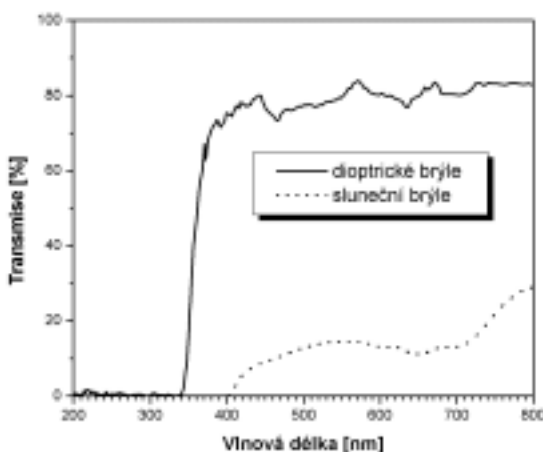
$$\alpha = \frac{1}{d_2 - d_1} \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (1)$$

Cílem druhého pokusu bylo zjistit tloušťku vrstvy oxidu germaničitého GeO_2 nanesené na průhledné křemenné podložce. Jako referenční vzorek jsme použili samostatnou křemennou destičku stejné tloušťky. Metoda vyžívá interference světelných vln vystupujících z tenké vrstvy, které postupně vznikají částečnými odrazy na rozhraních tenké vrstvy GeO_2 s indexem lomu n . Tloušťka nanesené vrstvy byla určena pomocí vztahu (2), kde vlnočty v_1 a v_2 odpovídají dvěma po sobě následujícím lokálním minimům ve změřené závislosti $T(v)$.

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

Proměřené vrstvy GeO_2 měli tloušťku 331,2 nm a 752,7 nm.

Při dalším experimentu jsme porovnávali propustnost slunečních brýlí s UV filtrem a dioptrických brýlí v rozmezí vlnových délek 200 - 800 nm. Postup měření byl shodný s postupem užitým při měření propustnosti filtrů. Z obr. 2 jasně vyplývá, že sluneční brýle absorbují značnou část záření z ultrafialové oblasti spektra a současně výrazně tlumí i intenzitu viditelného světla. Dioptrické brýle propouštějí část UV záření a ve viditelné oblasti spektra ovlivňují intenzitu světla podstatně menší měrou.



Obr. 2. Propustnost brýlí

FYZIKÁLNÍ TÝDEN NA FJFI ČVUT 2001

MINIPROJEKT

Mechanické a elektrické rezonance

Vypracovali: Jiří Orság – G P. I. Čajkovského Olomouc

Jiří Paleček – G Kladno

Jakub Frolec – Klvaňovo g. Kyjov

Milan Kvičera – G Jiřího z Poděbrad Poděbrady

Václav Vejborný – G Boženy Němcové Hradec Králové

Supervizor: Ing. Libor Škoda

Mechanický oscilátor

Mechanický oscilátor vzniklý z pružiny o tuhosti k a tělesa o hmotnosti m harmonicky kmitá s frekvencí netlumených kmitů $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Pokud mu dodáváme energii harmonicky proměnnou silou, zjistíme, že nucené

kmitý oscilátoru mají největší amplitudu, pokud se frekvence budící síly rovná frekvenci vlastních kmitů oscilátoru. Tento jev se nazývá **rezonance**.

Na těleso působí síla $F = -ky = ma$. Pokud uvažujeme tření, bude síla $F = ma = -ky - v\dot{y}$, kde h je koeficient tření. Tuto rovnici můžeme napsat pomocí derivací

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + h \frac{dy}{dt} + ky = 0$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{h}{m} \frac{dy}{dt} + \frac{k}{m} y = 0$$

a obecně pro jakýkoli oscilátor

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\delta \frac{dy}{dt} + \omega_0^2 y = 0 \quad (1)$$

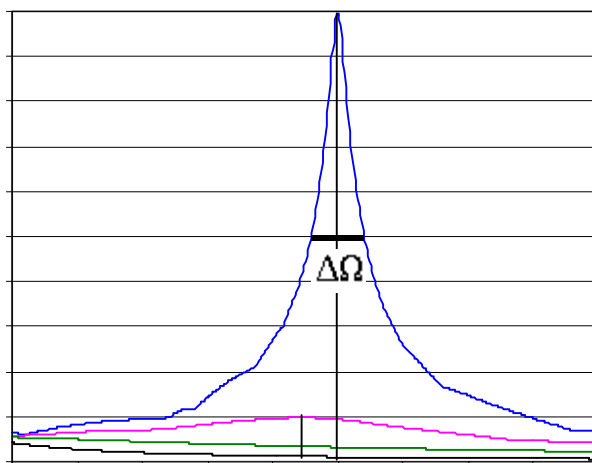
kde δ je **dekrement útlumu** a ω_0 frekvence vlastních kmitů.

V závislosti na hodnotě útlumu mohou nastat 4 případy

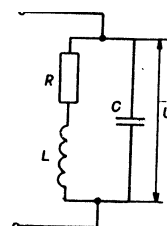
- útlum je nulový. Potom je rezonanční frekvence oscilátoru rovna frekvenci vlastních kmitů a amplituda v rezonanci je nekonečně velká.
- útlum je malý ($\delta^2 < \omega_0^2$). Potom je rezonanční frekvence rovna $\Omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$ a maximální amplituda je konečně velká. Rezananční křivka má plošší průběh.
- případ velkého útlumu ($\delta \geq \omega_0$). V tomto případě rezonance vůbec nenastane.

Jednotlivé rezonanční křivky pro různý útlum jsou v grafu.

Dále se zavádí činitel jakosti oscilátoru, který se určí jako $Q = \frac{\Omega}{\Delta\Omega} \sqrt{3}$, kde $\Delta\Omega$ je šířka rezonanční křivky v polovině maximálního napětí.



Graf 1: Rezananční křivky pro různé hodnoty tlumení



Obr. 3.1
Paralelní rezonanční obvod

Elektromagnetický oscilátor

Jako paralelní elmg. RLC oscilátor označujeme obvod sestavený podle schématu na obrázku. Vyjdeme z Kirchhoffových zákonů a sestavíme diferenciální rovnici pro proud tekoucí obvodem (první člen popisuje derivaci napětí na kondenzátoru, druhý na cívce a třetí na odporu)

$$\frac{1}{C} I + L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{d^2 I}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dI}{dt} + \frac{1}{LC} I = 0$$

Je jasné vidět, že tato rovnice je analogická k (1) a tedy budou tyto prvky tvořit oscilátor kmitající s vlastní

frekvencí $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Určení rezonanční křivky mechanického a elmg. oscilátoru

V rámci miniprojektu jsme sestavovali rezonanční křivku obou oscilátorů. V případě elmg. oscilátoru jsme měřili závislost napětí na frekvenci. Výslednou křivku najdete v grafu. Kondenzátor měl při experimentu kapacitu 500 pF a zjištěná rezonanční frekvence byla 241,6 kHz. Ze vztahu pro rezonanční frekvenci (uvažujeme nulové tlumení) jsme vypočítali indukčnost cívky $L=868\mu\text{H}$. Ze šířky rezonanční křivky jsme určili činitel jakosti obvodu $Q=5,3$. V případě, že jsme k cívce přidali jádro se činitel jakosti snížil na 4,3 a indukčnost se zvětšila na 1,5 mH.

Dále jsme sestavovali rezonanční křivku mechanického oscilátoru. Ze zjištěné rezonanční křivky jsme určili rezonanční frekvenci $f=1,78\text{ Hz}$. Dále jsme z šířky rezonanční křivky určili činitel jakosti $Q=62$.

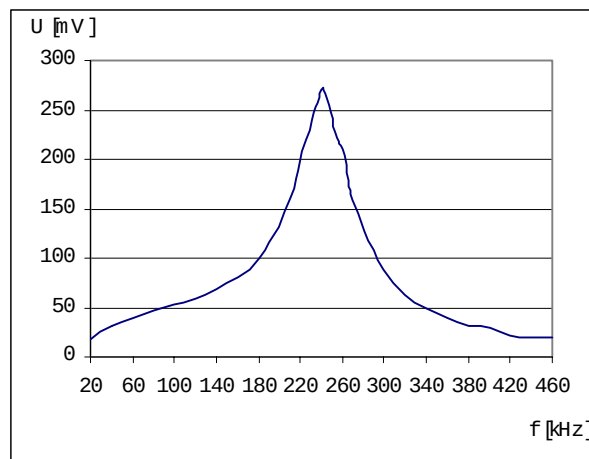
Malá jakost elektrického oscilátoru může být způsobena interferencí měřicími přístroji připojenými k obvodu.

Závěr

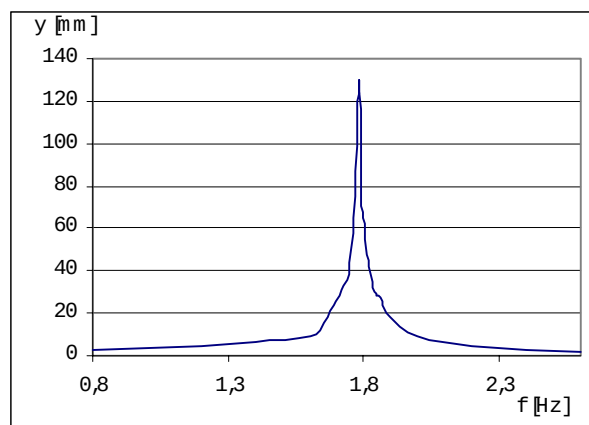
Zjistili jsme, že mechanický i elmg. oscilátor se řídí stejnými fyzikálními principy, pouze parametry, které je popisují, jsou odlišné.

Literatura

- [1] R. P. Feynman: Feynmanovy přednášky z fyziky
- [2] Kolektiv katedry fyziky: Fyzikální praktikum II
- [3] Doc. Ing. Ivan Štoll, CSc.: Mechanika
- [4] Doc. Ing. Ivan Štoll, CSc.: Elektřina a magnetismus



Graf 3: Rezonanční křivka elektrického oscilátoru



Graf 2: Rezonanční křivka mechanického oscilátoru

Všeobecná charakteristika	Mechanická vlastnost	Elektrická vlastnost
Nezávisle proměnná	Čas t	Čas t
Závisle proměnná	Poloha x	Napětí U
Setrvačnost	Hmotnost m	Indukce L
Pevnost	Tuhost k	$(\text{Kapacita})^{-1} \ 1/C$
Rezonanční úhlová frekvence	$\omega_0^2 = k/m$	$\omega_0^2 = 1/LC$
Rezonanční frekvence	$f_0 = 1/2\pi\sqrt{(k/m)}$	$f_0 = 1/[2\pi\sqrt{(LC)}]$
Koeficient jakosti	$Q = \omega_0/\gamma$	$Q = \omega_0 L/R$

Tabulka 1: Analogie mezi mechanickým a elmg. oscilátorem

Mathematica a Famulus

Supervizor: Ing. Vojtěch Svoboda

Autoři:

Ludvík Kupilík – VOŠ a SPŠE Plzeň

Jiří Hron – Gymnázium Christiana Doplera

Ondřej Čertík - Gymnázium Christiana Doplera

Miroslav Němec – SPŠE Pardubice

Madron Lukáš – Gymnázium T.G.M. Hustopeče

Famulus

Famulus je integrovaný systém pro numerické výpočty a názornou prezentaci jejich výsledků ve formě tabulek a grafů. Umožňuje jednoduše ovlivňovat a měnit jak formát výsledků, tak algoritmus samotného výpočtu. Lze jej použít pro zobrazování funkčních závislostí i naměřených dat, k modelování celé řady jevů a procesů z mnoha aplikačních oblastí (zejména v matematice, fyzice a v technických oborech), ke zpracování dat a porovnání výsledků s teoretickými modely, pro rychlou interaktivní práci ve vědecké a technické praxi i v dalších oborech činnosti a na druhé straně i pro značně náročné a rozsáhlé výpočty. Sám o sobě sice žádné výpočetní metody nenabízí, ale lze využívat hotových programů (tzv. modelů) a knihoven podprogramů (procedur a funkcí). Navíc obsahuje integrované prostředí pro vývoj a ladění algoritmů (debugger) umožňující krokovat výpočet a sledovat hodnoty výrazů a proměnných. Jazyk systému Famulus je velmi blízký běžným programovacím jazykům. Je však přizpůsoben tak, aby byl co nejefektivnější v oblasti numerických výpočtů.

Systém Famulus pracuje na počítačích PC kompatibilních s procesorem 286 a vyšším, 640 kB RAM, grafickou kartou CGA/Hercules/EGA nebo VGA. Je dodáván v kompletní české nebo anglické verzi spolu s dokumentací (3 příručky) a souborem příkladů. Famulus verze 3.1 je pro školy zdarma. Bližší informace.

Mathematica

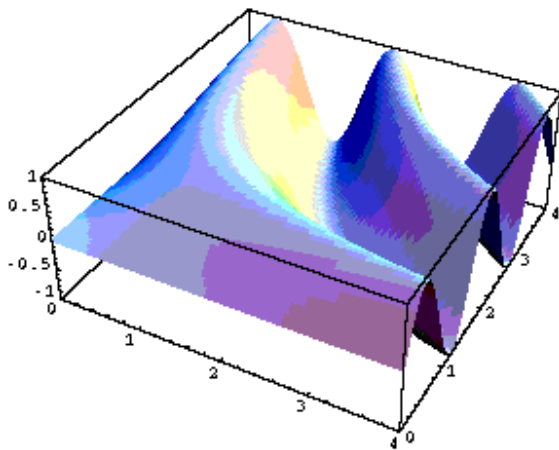
Mathematica patří do rodiny programu "Computer Algebra Systems" určených pro výše zmíněné usnadnění aplikací matematiky. Jedná se přitom nejen o klasické numerické výpočty, ale také o skutečně algebraickou práci s obecným zadáním - lidově řečeno o "práci s písmenky". Typickým příkladem je řešení kvadratické rovnice:

```
In[1] := Solve[ a x^2 + b x + c == 0, x ]
```

(Zde je vidět i základní strategie práce s programem: za In[.] vkládá uživatel svoje příkazy, za Out[.] = vypisuje program odpověď.)

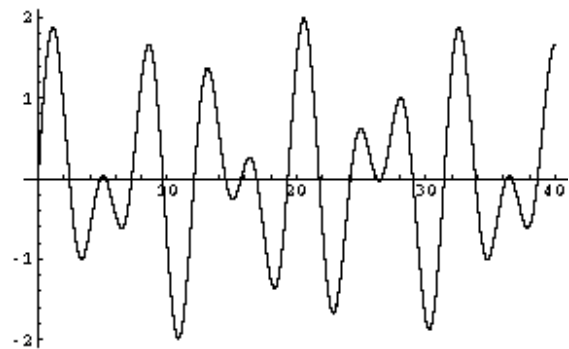
Tyto tzv. symbolické výpočty se neomezují jen na takovéto jednoduché případy, ale jsou možné ve všech oblastech od elementární algebry přes maticový počet až k diferenciálnímu a integrálnímu počtu a jsou silnou stránkou systému *Mathematica*.

Ukázka 3D grafu:



```
Plot3D[Sin[x*y], {x, 0, 4},  
{y, 0, 4}, Mesh -> False,  
PlotPoints -> 80]
```

Ukázka 2D grafu:



```
Plot[Sin[x] + Sin[1.6*x], {x, 0, 40}]
```

Ukázka zdrojových kódů a výsledků

```
100! =  
9332621544394415268169923885626670049071596826438162146  
8592963  
8952175999932299156089414639761565182862536979208272237  
58251185210916864  
000000000000000000000000000000
```

```
Factor[x^99 + y^99]
```

```
((x + y) ((x^2 - x y + y^2) ((x^6 - x^3 y^3 + y^6) ((x^10 - x^9 y + x^8 y^2 - x^7 y^3 + x^6 y^4 - x^5 y^5 + x^4 y^6 - x^3 y^7 + x^2 y^8 - x y^9 + y^10) ((x^20 + x^19 y - x^17 y^3 - x^16 y^4 + x^14 y^6 + x^13 y^7 - x^11 y^9 - x^10 y^10 - x^9 y^11 + x^7 y^13 + x^6 y^14 - x^4 y^16 - x^3 y^17 + x y^19 + y^20) ((x^60 + x^57 y^3 - x^51 y^9 - x^48 y^12 + x^42 y^18 + x^39 y^21 - x^33 y^27 - x^30 y^30 - x^27 y^33 + x^21 y^39 + x^18 y^42 - x^12 y^48 - x^9 y^51 + x^3 y^57 + y^60))))))
```

Základní experimenty s lasery

Josef Vašek, Ivo Kolář, Vladimír Dufek, Petra Hrabčáková, Martina Baldrmanová

- Fraumhoferův ohyb (měření vlnové délky laseru pomocí měřítka)
- Fresnelův ohyb (měření hustoty mřížky)

Použitá literatura: skripta Fyzika I a II – laboratorní cvičení (ČVUT)

-
- ohyb světla: odchýlení světla od přímočarého směru šíření
 - přesná teorie ohybu vychází z řešení Maxwellových rovnic
 - méně přesný, ale jednodušší je přístup vycházející z Huygensova principu
 - podle stupně přiblížení se rozlišují 2 třídy ohybových jevů:

FRAUMHOFERŮV OHYB

- jev, kdy jsou vlnoplochy ohýbajícího se světelného svazku rovinné v rovině překážky, na které dochází k ohybu

Ohyb světla na štěrbině

- kolmo na štěrbinu 0 dopadá svazek rovnoběžných paprsků monochromatického světla
- každý bod otvoru můžeme považovat za zdroj světla, ze kterého vystupují do všech směrů rozbíhavé svazky. Tyto svazky mají stejnou fázi, ale následkem optické dráhy ke stínítku S, dochází ke vzájemnému posunu fází a vzniká obrazec, v jehož středu je hlavní (nulté) maximum, minima intenzity vznikají pro úhly φ , pro které platí:

$$\sin \varphi_i = \frac{i}{d} \lambda \quad \text{pro } i = \pm 1, 2, 3, \dots$$

kde d je šířka štěrbin, λ je vlnová délka dopadajícího světla a i pořadové číslo minima.

$$\lambda = \frac{\sin \varphi_i}{i} d$$

$$\underline{\underline{\lambda = 647 \text{ nm}}}$$

podle údajů na laseru je skutečná hodnota vlnové délky rovna 632nm. Odchylka byla pravděpodobně způsobena nepřesností v měření a neideálností podmínek.

Ohyb světla na mřížce

- mřížkou M nazýváme skleněnou destičku, do které jsou vyryté rovnoběžné, stejně široké vrypy šířky a . Tyto vrypy jsou odděleny stejně dlouhými rovnoběžnými mezerami šířky b . Veličina $d = a + b$ se nazývá mřížková konstanta
- při osvětlení mřížky svazkem rovnoběžných paprsků monochromatického světla dopadajících kolmo na rovinu mřížky. Každý bod vlnoplochy je zdrojem záření. Toto záření se za mřížkou šíří všemi směry. Pro hlavní maxima osvětlení, vznikající pro úhly ϕ_i , platí:

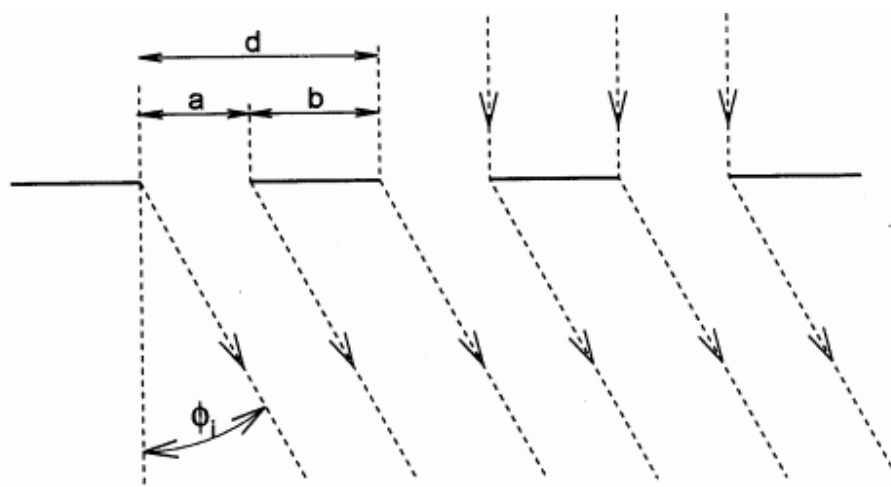
$$\sin \varphi_i = \frac{i}{d} \lambda \quad \text{pro } i = \pm 1, 2, 3, \dots$$

kde d je mřížková konstanta, λ je vlnová délka dopadajícího světla a i pořadové číslo minima.

$$h = \frac{\sin\left(\tan^{-1} \frac{a}{b}\right)}{i\lambda}$$

$$\underline{h = 593,2 \text{ vrypů/mm}}$$

kde h je hustota vrypů na mřížce, která nám vyšla. Původní hodnota je rovna 600 vrypů/mm. Odchylka byla pravděpodobně způsobena nepřesností v měření a neideálností podmínek.



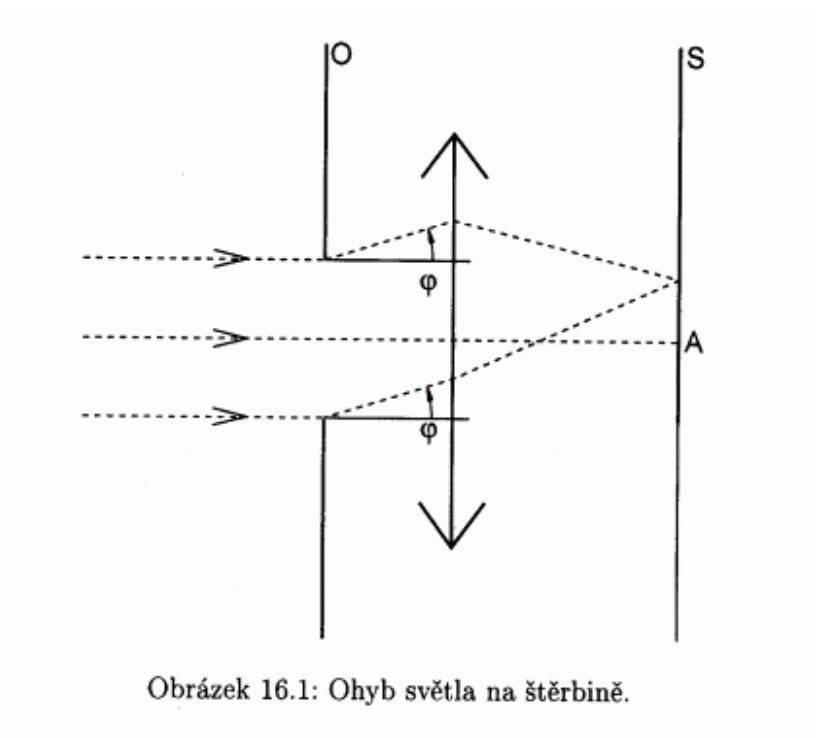
Obrázek 16.2: Ohyb světla na optické mřížce.

Zjištění hustoty vrypů kompaktního disku (CD)

- při tomto pokusu jsme využili stejného principu jako v předešlém pokusu s mřížkou
- řídili jsme se stejnými vzorečky a došli jsme k těmto výsledkům:

$$\underline{h=611,4 \text{ vrypů/mm}}$$

kde h je hustota vrypů na mřížce, která nám vyšla. Předpokládaná hustota by měla být zhruba stejná jako v případě mřížky, tedy 600 vrypů/mm. Odchylka byla pravděpodobně způsobena nepřesností v měření a neideálností podmínek.



Stanovení objemových koncentrací radonu

Jan Hošek¹, Daniel Vašata¹, Martina Příbylaková²

xor@email.cz, daniel.vasata@worldonline.cz, highpriestess@centrum.cz

¹Gymnázium J.K.Tyla Hradec Králové, ²Gymnázium Nový Jičín

Radon (^{222}Rn) je radioaktivní inertní plyn, bezbarvý a bez zápachu. Nachází se všude kolem nás. Je součástí uranové přeměnové řady. Vzniká rozpadem radia (^{226}Ra) v podloží, odkud se difúzí a konvekcí dostává do atmosféry a spodních vod.

Zdravotní riziko je spojené především s vdechováním produktů přeměny radonu. Epidemiologickými studiemi bylo prokázáno, že se vzrůstající koncentrací produktů přeměny radonu a vzrůstající délkou pobytu v takovém prostředí se zvyšuje pravděpodobnost onemocnění specifickým druhem rakoviny plic. Z celkového počtu rakovinných onemocnění plic je přibližně 15% způsobeno právě radonem. Při celoživotním pobytu v budovách, kde je koncentrace radonu vyšší než 200 Bq/m^3 (Bq = jeden rozpad za sekundu = jednotka aktivity) umírá zhruba 2% exponovaných osob na rakovinu plic o dvacet let dříve, přičemž průměrná koncentrace radonu v bytech ČR je přibližně 60 Bq/m^3 . Rozhodně se na vzniku rakoviny plic více podílí kouření.

Princip detekce radonu je založen na měření účinku α -záření radonu a především jeho dceřiných produktů (^{218}Po , ^{214}Po). Můžeme říci, že v příslušném materiálu po dopadu záření dochází vlivem určitých fyzikálních jevů k postupným ztrátám energie dopadajících částic a tato se v konečné fázi přeměny na teplo.

Detektory jsou založeny na využití principu ionizace (ionizační komory, polovodičové detektory) a excitace (scintilační). Na jiných principech fungují např. stopové detektory, u nichž dojde k mechanickému porušení detekčního materiálu letícími částicemi.

Měření lze provádět dvěma základními způsoby; jsou jimi kontinuální způsoby měření, založené na stanovování změn koncentrací radonu v krátkých časových intervalech, a integrální, u nichž se naopak jedná o intervaly dlouhodobé.

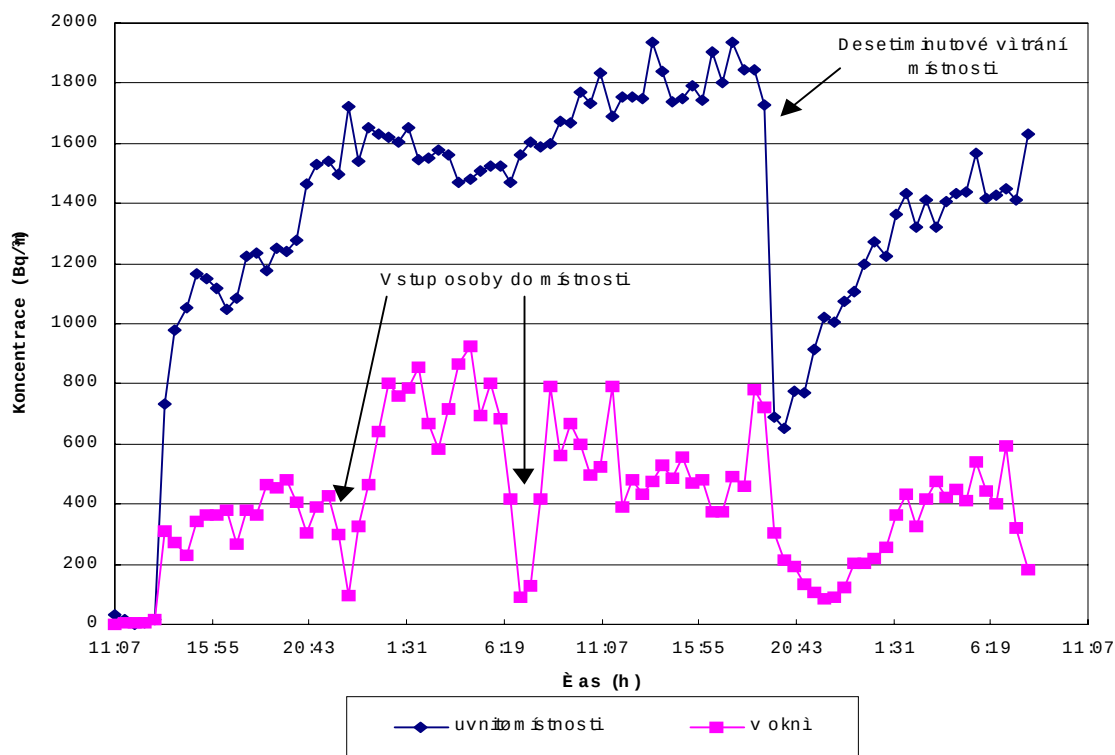
Naším úkolem bylo studium vlivu ventilace na koncentraci radonu, neboť hlavními faktory ovlivňujícími koncentrace radonu v místnostech jsou přísun radonu a ventilace místností. V uzavřené místnosti s konstantním přísunem radonu, který byl realizován umělým suchým zdrojem, byly umístěny dva kontinuální polovodičové detektory s difúzní komorou (Radim 3); jeden z přístrojů v prostoru mezi okenními tabulemi, druhý na stole uprostřed místnosti. Po dobu dvou dnů v časových intervalech 30-ti minut zaznamenávaly objemové aktivity radonu. Pro oba časové záznamy jsme provedli základní statistická zpracování.

Základní charakteristiky měřených souborů

	Minimum	Maximum	Aritmetický průměr	Statistická chyba
Přístroj v okně:	20,1	926,6	532,54	$\pm 222,2$
Přístroj v místnosti:	37,1	1935,1	1552,021	$\pm 441,4$

V průběhu měření jsme místnost vyvětrali, další pohyb osob nebyl úplně vyloučen. Ze získaných výsledků můžeme usuzovat na dva krátkodobé vstupy dalších osob (uklízečka).

Časový záznam koncentrace radonu v místnosti



Z grafu vyplývá zásadní vliv ventilace na objemovou aktivitu radonu v místnosti: po vyvětrání místnosti koncentrace radonu významně poklesla, což se projevilo na obou průbězích.

Z porovnání časových průběhů je patrný rozdíl ve ventilaci obou měřených míst. Oddělení přístroje v okně od vnitřního a vnějšího prostředí vede k prokazatelně nižším hodnotám objemové aktivity radonu vůči vnitřnímu prostředí. Jakákoli změna tlaku v místnosti (např. otevření dveří) se projeví změnou koncentrace v okně. Koncentrace radonu v uzavřeném prostoru s konstantním přísunem radonu zásadním způsobem závisí na ventilaci.

Zúčastnili jsme se také měření objemových koncentrací radonu v Koněpruských jeskyních u Berouna, kde jsme používali různé typy přístrojů (např. elektrety, ionizační komoru, monitor dávkového příkonu a Radim 3). V jeskyních se provádí kontinuální měření po dobu 14 dnů. Současně jsme změřili a výpočtem stanovili ekvivalentní objemovou aktivitu radonu. Měření bylo provedeno na dvou místech (v blízkosti vchodu: $a_{ekv} = 692 \text{ Bq/m}^3$ a hlouběji v jeskyni: $a_{ekv} = 2115 \text{ Bq/m}^3$).

Prameny:

Šeda J.: Dozimetrie ionizujícího záření
 Berka Z.: Základy a principy detekce radonu
 Moučka L.: Zdroje a transport radonu v budovách
 Radon bulletin, červen 2001
www.suro.cz
www.hyperlink.cz/radon-servis/
www.radon.com
www.epa.gov/iedweb00/radon/

Miniprojekt – Dopplerův jev

Autoři:

- Martin Prachýl (Gymnázium Uničov)
- Tomáš Kotraš (Gymnázium Uničov)
- Petr Sedláček (Gymnázium Vyškov)
- Jan Kaluža (GPB Frýdek - Místek)
- Miroslav Staněk (Gymnázium Jeseník)

SUPERVIZOR: ING. VOJTĚCH SVOBODA; FJFI ČVUT, Praha

Úvod:

Vycházíme z toho, že jsou-li vysílač i přijímač v klidu, vnímá přijímač vysílané vlny v nezměněné podobě. Jsou-li ovšem vysílač i přijímač ve vzájemném relativním pohybu mohou nastat tyto tři případy:

1. Přijímač se pohybuje ke zdroji

Přijímač vnímá o tolik kmitů za jednotku času méně, kolik vlnových délek připadá na ním uraženou dráhu za jednotku času tzn. Registruje vlnění o frekvenci $f' = f - v/\lambda$

Kde: f ... vysílaná frekvence

f' ... změněná frekvence

v ... rychlost pozorovatele

λ ... vlnová délka

$$(1) \quad f' = f \frac{c+v}{c}$$

2. Zdroj se pohybuje k přijímači (v klidu)

Zdroj se pohybuje směrem k přijímači rychlosti v , čímž se zkracuje vlnová délka o hodnotu vT , kde T je perioda vlnění.

Pozorovatel tedy registruje vlnovou délku λ' , $\lambda' = \lambda - vT$. Z tohoto vztahu jednoduchou úpravou odvodíme vzorec pro frekvenci:

$$(2) \quad f' = f \left(\frac{c}{c-v} \right)$$

3. Zdroj i přijímač se pohybují

Spojením předchozích dvou vztahu dostaneme potřebný vztah:

$$(3) \quad f' = f \frac{c-v}{c-w}$$

Kde v je rychlost přijímače a w je rychlost vysílače.

Dopplerova jevu jsme využili při měření rychlosti. Rychlost jsme určovali jak pomocí dráhy a času, tak i pomocí Dopplerova jevu. Využili jsme mikrovlnného vysílače, s vlnovou délkou asi 3 cm. Antenou jsme zachycovali vlnění, které vzniklo interferencí dvou vln. Vlny vysílané vysílačem a vlny odražené od pohybujícího se vozíku. Vozík odráží signál, to znamená, že se zde uplatňuje Doppleruv jev dvakrát. Vozík má funkci jak přijímače tak i vysílače. Pomoci vztahu ad. 1 a ad. 2 získáme výsledný vztah o změně frekvence:

$$f'' = f \frac{c+v}{c-v}$$

K interferencí dochází mezi signálem přímým a signálem odraženým od pohybujícího se předmětu. Přímý signál je popsán

$$U_{Vys} = U_o \cos \omega t$$

rovnici:

Kde ω ... základní frekvence

Pro signál odražený platí rovnice:

$$U_{Od} = U_o \cos(\omega + \Omega)t$$

Rozdíl mezi těmito dvěma signály vypočítáme ze vztahu :

$$U_R = U_{Vys} - U_{Od}$$

Tento vztah odpovídá :

$$U_R = U_o 2 \cos \frac{(2\omega + \Omega)t}{2} \cos \frac{\Omega t}{2}$$

Ω je rozdíl frekvencí, a je vůči ω zanedbatelně malé.

Dostaneme tak vztah:

$$U_R = U_o 2 \cos \omega t \cos \frac{\Omega t}{2}$$

Základní signál $\cos \omega t$, který má vysokou frekvenci, modulujeme pomocí signálu $\cos (0,5 \Omega t)$, který nám určuje amplitudy původního signálu – vznikají rázy.

Osciloskop však zachytává pouze půlvlny daného frekvenčním rozdílem.

Pomocí počítače jsme zkoumali rázy výsledného vlnění, z kterých jsme určili jejich periodu T .

Nyní jsme využili toho, že frekvence rázu je rovna rozdílu frekvencí f a $f^{\prime}$.

$$\Delta f = f'' - f = \frac{2cv}{\lambda(c-v)} \quad \Delta f = \frac{1}{T}$$

Tento vztah si upravíme na vztah pro rychlost:

$$v = \frac{c\lambda}{2c\Delta T + \lambda}$$

Dosazením jsme určili rychlost vozíku.

Projekt číslo 21

Měření měrného náboje elektronu

- o Jan Karpeta, SPŠE Havířov
- o Petr Král, Gymnázium Čelákovice
- o Filip Kučera, Gymnázium Český Těšín
- o Jan Szolár, Gymnázium Tábor
- o Václav Zycháček, Gymnázium Otrokovice

Supervizor : Ing. Ibrahim Ndiya

Zadání: zjištění měrného náboje elektronu měřením v podélném a příčném elektromagnetickém poli

Pomůcky: zdroj napětí 300 V a 2 kV, katodová trubice, Helmholtzovy cívky, ampérmetr, voltmetr, obrazovka s cívkou

Měrným nábojem elektronu nazýváme podíl jeho náboje a hmotnosti, v soustavě SI má rozměr C/kg. Měření bylo provedeno dvěma způsoby.

Fokuzace elektronů v podélném magnetickém poli

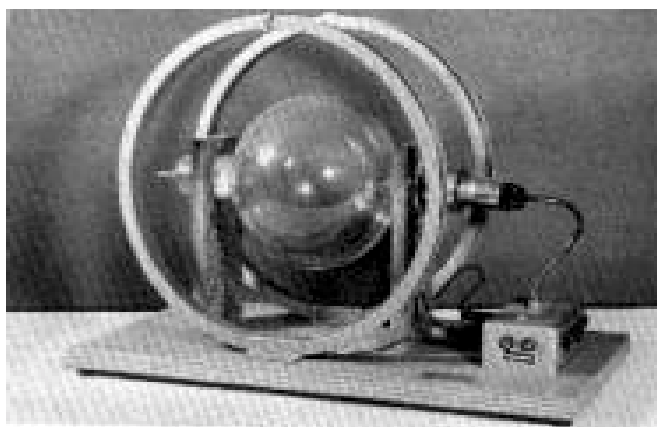
Tato metoda je založena na účinku podélného elektromagnetického pole na svazek elektronů, který vychází z anody osciloskopické obrazovky, která je žhavana napětím asi 1 kV. Svazek je urychlován určitým napětím. Cílem experimentu je fokuzován (soustředit) tento svazek do jednoho bodu. Žhavicí napětí anody zvyšujeme po 50 V v intervalu od 0,95 kV do 1,25 kV a měříme napětí a proud při fokuzaci svazku.

Popis zařízení: jedná se válcovitou cívku, v níž se vytváří podélné elektromagnetické pole. Na jednom konci je umístěna elektrony emitující anoda, na opačném stínítko citlivé na tok elektronů.

Zakřivování drah elektronů v příčném elektromagnetickém poli

Princip této metody je zčásti podobný metodě předchozí. Elektrony emitují z rozžhavené katody a jsou urychlovány příčným magnetickým polem. V tomto poli působí Lorentzova síla, která způsobuje zakřivování drah těchto elektronů. V obecném případě se elektrony pohybují po spirále. Pokud ale dodržíme podmínku kolmosti vektoru rychlosti pohybu elektronů a vektoru magnetické indukce, bude dráhou elektronů kružnice. Pro výpočet měrného náboje elektronu měříme poloměr trajektorie elektronu, napětí a proud, které vyvolávají dané magnetické pole

Popis zařízení : jedná se o baňku naplněnou zředěným vodíkem, v níž je umístěna katoda, která po nažhavení vyzařuje elektrony. Baňka je v prostoru omezeném dvěma kruhovými Helmholtzovými cívkami. V tomto prostoru vzniká elektromagnetické pole ovlivňující trajektorii elektronů.



Měření v podélném mag. poli :

měření	U_k [kV]	U_u [V]	I [A]	e/m [$\cdot 10^{-11}$ C/kg]
1.	0.95	100	3.85	2,477
2.	1.00	100	3.95	2,477
3.	1.05	100	4.10	2,414
4.	1.10	100	4.20	2,410
5.	1.15	100	4.30	2,404
6.	1.20	100	4.40	2,396
7.	1.25	100	4.55	2,334

Měření v příčném mag. poli

	U /V	I/A	r/cm	e/m - C/kg	$\Delta e/m$
1.	150	1	5,675	1,5272	0,47
2.	175	1,2	5,25	1,4457	0,552
3.	200	1,4	3,6	2,5816	0,584
4.	200	1,25	4	2,6231	0,6252
5.	100	1	3,4	2,8364	0,839
6.	120	0,75	6,875	1,5128	0,485
7.	105	1,05	3,3	4,4051	0,593
8.	110	1,1	3,32	2,7043	0,706
9.	140	0,95	6,15	1,3448	0,653
			součet	20,981	5,5072
			průměr	1,99789	0,6119

Závěr : Měrný náboj elektronu $c/m = 1,759 \cdot 10^{-11} \text{ C/kg}$. Z uvedených tabulek měření vyplývá, že metoda měření v příčném magnetickém poli je přesnější. Odchyłky od správné hodnoty vznikly pravděpodobně nepřesným měřením poloměrů trajektorií elektronů. V případě podélného mag. pole vznikla poměrně velká odchyłka od správné hodnoty, která je způsobena nepřesným zaostřením svazku. Ostatní veličiny (napětí a proud) lze měřit velmi přesně.

Studium rentgenového spektra Cu anody

Vypracovali: Daniel Leško (Gymnázium Boženy Němcové v Hradci Králové)

Martin Másilko (Gymnázium Roudnice nad Labem)

Jan Havel (Gymnázium A.Jiráska Litomyšl)

Jan Klusoň (Gymnázium A.Jiráska Litomyšl)

Hana Matoušová (Gymnázium A.Jiráska Litomyšl)

Supervisor: Doc. RNDr. Zlatěk Maršák, CSc. , FJFI ČVUT

Rentgenové záření vzniká dopadáním elektronů, urychlených napětím U na přiměřenou rychlost, na atom nějaké látky. Může dojít k tomu, že se energie dopadajícího elektronu jedinou srážkou změní v jeden foton, ale častěji elektron ztrácí energii postupným brzděním, a proto i frekvence (resp. vlnová délka) se rozprostírá v celé šíři spektra.

Existují dvě metody studia rentgenového spektra – Braggova metoda odrazu na přirozené ploše krystalu a Debye-Scherrerova metoda průchodu krystalovým práškem.

Námi zvolená a použitá k měření byla metoda Braggova .

Dopadá-li na rovinnou plochu krystalu rovnoběžný svazek rentgenových paprsků pod úhlem θ , odráží se na krajní vrstvě iontů pod stejným úhlem. Zároveň však také vniká do krystalu a odráží se na vnitřních vrstvách iontů pod stejným úhlem. Oba odražené paprsky se zesilují, je-li jejich dráhový rozdíl celistvým násobkem délky vlny. Tím je vlastně splněna Braggova rovnice.

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

Na této rovnici je Braggova metoda založena. Svazek X paprsků dopadá na otáčivou destičku krystalu. Jestliže úhel θ vyhovuje Braggově rovnici, Geiger-Müllerův počítač (registruje záření odražené od krystalu) vyhodnotí maximální počet pulzů. Četná spektrografická měření ukázala, že spektrum paprsků X obsahuje dva druhy záření. Impulsové záření, které má spojité spektrum, a charakteristické záření, které má charakteristické spektrum.

Naším úkolem bylo určit velikost energie, kterou vyzáří elektron ve formě fotonů při přestupu do nižší elektronové slupky. Vypočítali jsme ze vzorce : $E = \frac{h c}{2 d \sin \theta}$

Druhým úkolem bylo vypočtení Planckovy konstanty. Planckovu konstantu jsme vypočetli ze vzorce:

$$h = \frac{2 e U d \sin \theta}{c}$$

Teorii jsme čerpali z výkladu našeho supervisory, z internetu (adresa: <http://sweb.cz/phys>) a z dostupné literatury (Úvod do moderní fyziky- Arthur Beiser, Fyzika pro 4.ročník gymnázií-Státní pedagogické nakladatelství Praha) . Samotné měření jsme již prováděli sami. Velikost vyzářené energie a Planckovu konstantu jsme spočítali. Do výsledků se promítla chyba měření. Měření se všem líbilo a spolupráce supervisory byla stoprocentní.

Kalibrace spektrometru PCS 2000

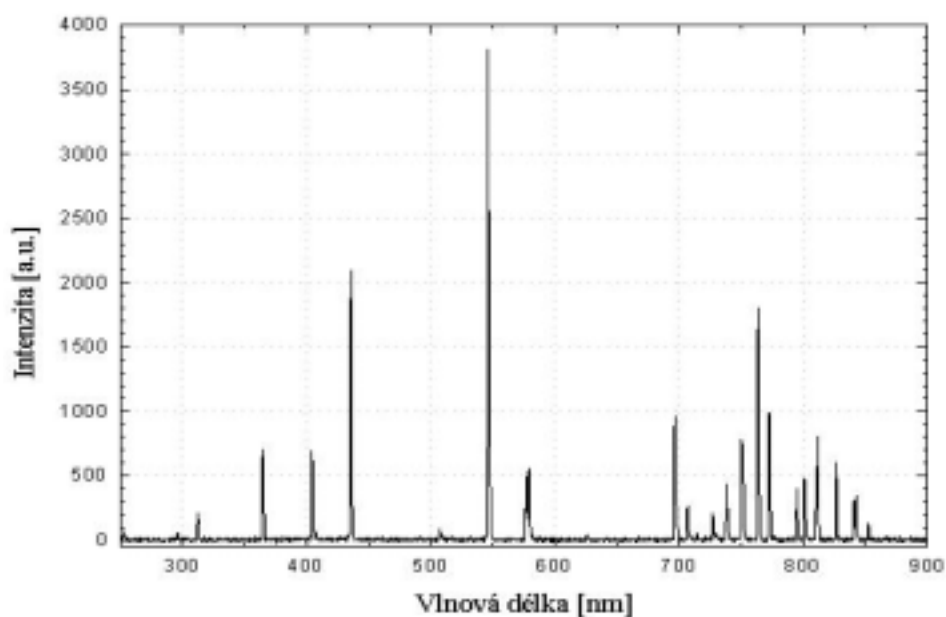
Filip Lang¹, Radek Mušálek², Miroslav Valkovič³, Jan Vích⁴, Tomáš Němec⁴, Přemysl Rubeš⁵, Jan Dvořák⁶, Lenka Nádvorníková⁶ a Alexandr Jančárek⁶

1) SPŠ Na Třebešíně, Na Třebešíně 2299, Praha 10, 2) Gym Třinec, Komenského 713, 739 61 Třinec, 3) Česko-anglické gymnázium, Třebízského 1010, 370 06 České Budějovice, 4) Gymnázium Horní Počernice, Chodovická 2250, 193 00 Praha 9, 5) Gymnázium Pardubice, Dašická 1083, 530 02 Pardubice, 6) ČVUT v Praze, FJFI, Břehová 7, 115 19 Praha 1

Spektrometrie je vědní disciplína zabývající se studiem spektrálních čar zdrojů záření. Spektra můžeme rozdělit na emisní, absorpční a reflexní. Každý zdroj elektro-magnetického vlnění (hlavně nás zajímá rozsah UV až NIR záření) má charakteristické spektrum. Ke studiu spekter používáme spektrometry. Jsou to zařízení, která dokáží detekovat fotony a stanovit jejich energii. Výstupem může být graf znázorňující spektrální čáry zdroje, podle nichž můžeme určit například složení zdroje, množství prvků ve směsi atp.

Naše skupina se zabývala kalibrací spektrometru Ocean Optics PCS 2000. Každý spektrometr je kalibrován předtím, než opustí výrobní továrnu. Postupně však dochází vlivem času, změn teplot a jiných podmínek ke snížení jeho přesnosti. Proto je třeba spektrometr znovu překalibrovat. K tomu se používá kalibrační lampa, která má větší počet přesně definovaných spektrálních čar. Její spektrum je na obr. 1.

Obr. 1: Spektrum kalibrační lampy Oriel 6025-M



Kalibrace se provádí změřením polohy spektrálních čar kalibrační lampy na CCD prvku. Pomocí počítačového programu se provede zpracování dat metodou lineární regrese. Výsledkem jsou koeficienty C_1 , C_2 , C_3 rovnice:

$$\lambda_p = I + C_1 p + C_2 p^2 + C_3 p^3$$

kde λ_p je vlnová délka dopadající na p-tý pixel CCD řádkového senzoru, I je vlnová délka záření dopadajícího na pixel s číslem 0, p je pořadové číslo pixelu, na který záření dopadá, C_1 , C_2 , C_3 jsou koeficienty určující přesnost spektrometru. Tyto hodnoty se pak zadají do nastavení obslužného softwaru spektrometru (OOIBase32).

Tab. 1: Zápis z kalibrace kanálu Slave2

Vlnová délka k.lampy (nm)	Pixel #	Vlnové délky naměřené	
		Před kalibrací	po kalibraci
404,70	461	405,10	404,67
435,80	551	436,15	435,90
546,10	876	546,24	546,15
577,00	969	577,02	576,94
579,10	976	579,32	579,25
696,50	1341	696,66	696,56
750,40	1515	750,56	750,48
763,50	1558	763,67	763,60
811,50	1718	811,67	811,66
842,50	1823	842,48	842,56

Tab.2: Výsledná tabulka zpracování získaných dat

Regresní statistika	
Součinitel R	0,999999918
R na druhou	0,999999837
Stand. odchylka	0,076440696
Počet pozorování	10
Koeficienty	
I	240,2615713
C_1	0,364306562
C_2	-1,61083E-05
C_3	-1,38697E-09

K ověření kalibrace jsme změřili spektrum kalibrační lampy a vlnovou délku dusíkového laseru emitujícího záření 337,1 nm. Zjistili jsme, že se nám podařilo zvýšit přesnost spektrometru.

**Matematické
modelování**

**Fyzika
v medicíně**

**Laserová
fyzika**

**Informatika
a software**

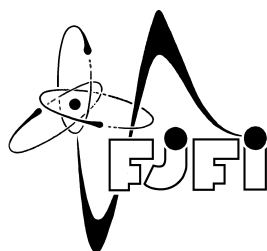
**Fyzikální
Jaderná
vlastnosti
materiálů**

**Elementární
částice**

**Jaderná
chemie**

Optoelektronika

**bezpečnost
a ekologie**



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Českého 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 (třileté), 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 ústavu 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 zařízení, 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 technologií 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 zájmu 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 návštěvě tradičně konaných Dnů otevřených dveří (v listopadu a únoru) a též bezplatného Kurzu z M a F k pojímacím zkouškám na VŠ technické (od listopadu do března). Uzávěrka pro podání přihlášek ke studiu je vždy 31.března, přijímací zkoušky pak v polovině června (případně druhé kolo na konci srpna).

