Za svobodna X-Rayova

R. Možnar, J. Vlach, M. Vozák
moznarad@fjfi.cvut.cz, vlachji7@fjfi.cvut.cz, vozakmat@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Člověk má rád hmatatelné věci, a proto když přijde do kontaktu s něčím, co jeho dotykové receptory nejsou schopny zaznamenat, snaží se nalézt jinou cestu poznání a jiný prostředek k zaznamenání oné nedotknutelné existence. I nás stejně jako W. C. Röntgena zaujaly paprsky X (aj. X-Rays), které jsou dnes označovány jako rentgenovo záření a které velkou mírou přispívají v mnoha oborech dnešní vědy. Náš cíl byl tyto paprsky vyprodukovat a zároveň zaznamenat. Zimní semestr jsme chtěli, aby naše rentgenka byla vlastní výroby, a proto jsme odmítli moderní přístroje, které nám byly k dispozici, což se podepsalo na našich výsledcích. Jelikož byly tyto výsledky neuspokojivé až skoro destruktivní, rozhodli jsme se tentokrát pro použití elektronky, která vyřešila mnoho problémů za nás.

1 Teorie

Röntgenovo záření je elektromagnetické záření jehož vlnová délka je zhruba od 10^{-8} m do 10^{-12} m. Röntgenovému záření o větších vlnových délkách z uvedeného intervalu se říká měkké a záření o menších vlnových délkách se označuje jako tvrdé, protože s klesající vlnovou délkou roste energie záření.

Podle vzniku dělíme röntgenovo záření na brzdné a charakteristické. Pro pochopení vzniku těchto dvou záření je důležité nejprve zmínit aparaturu tzv. rentgenku. Hlavními součástmi rentgenky je skleněné tělo (baňka) a dvě elektrody. Energie elektronů v rentgence je závislá na výši napětí a abychom vyprodukovali röntgenovo záření, potřebujeme napětí v desítkách kilovoltů. Elektrony ztrácí energii při srážkách s atomy plynu, a proto je tlak plynu v rentgence co nejmenší (několik pascalů). Napětí také způsobuje pohyb elektronů směrem k anodě, kde jsou elektrony zbržďovány vlivem coulombovských sil mezi elektrony a protony v jádře. Z maxwellovy elektrodynamiky plyne, že při každém zrychleném (v našem případě zpomaleném) pohybu elektrického náboje dochází k vyzáření elektromagnetických vln. Čím prudší je zabrždění, tím energetičtější a tvrdší "brzdné"záření vzniká. Proto se jako materiál anody volí prvky s vysokým počtem protonů v jádře (Wolfram, Molybden). Pokud bychom měřili spektrum brzdného záření, zjistili bychom, že je spojité. Elektrony se totiž na anodě zpomalují v různých vzdálenostech od jádra a tudíž vznikají záření o různých energiích a jim příslušným vlnovým délkám. Energie záření však nepřevyšují energii dopadajícího elektronu na anodu. Charakteristické záření vzniká tak, že elektron urychlený napětím mezi elektrodami "vykopne"elektron z anody a jeho místo zaplní elektron, který "seskočí"z vyšší elektronové slupky. Podle Bohrova druhého postulátu jsou tyto přeskoky doprovázený zářením, jehož energie je rovna rozdílu energií obou slupek. Elektron z jeho slupky může také vykopnout vzniklé brzdné záření, které mu dodá dostatečnou energii k excitaci. Spektrum charakteristického záření je čárové a energie záření se odvíjí od materiálu anody.

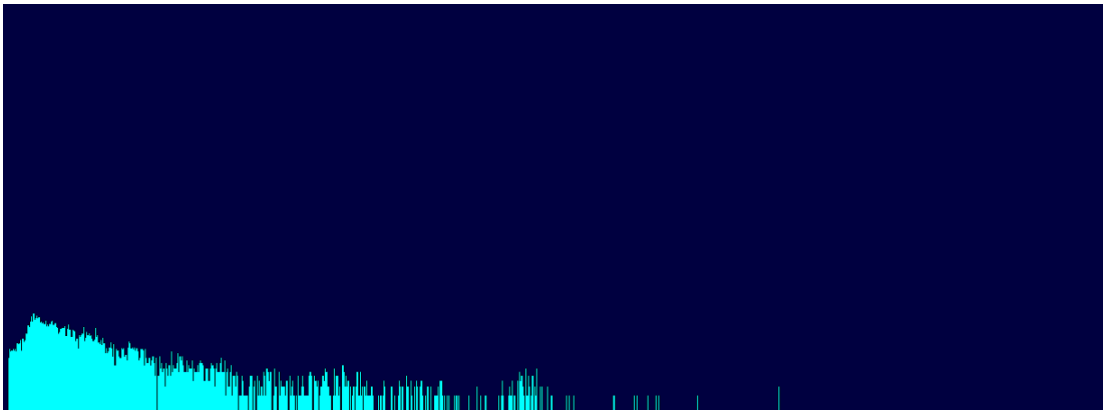
2 Praxe

Minulý semestr jsme se snažili o vytvoření celé rentgenky od základu. Tělo našeho experimentu tvořil kovový podstavec s několika otvory, které jsme použili na přívod napětí, hadici na odčerpání vzduchu pomocí vývěvy a detektor tlaku. Kovový podstavec byl z vrchu zakryt tlustým skleněným válcem, abychom mohli odsát vzduch. Uvnitř válce byla umístěna konstrukce zhotovená ze stavebnice merkur, která udržovala dvě elektrody. Jelikož jsme nesehnali lepší materiál, tak naši katodu tvořily měděné dráty z kabelu od auta a anodu měděný plíšek napájený na druhý kabel. Elektrody byly vůči sobě ve vertikální poloze (katoda nad anodou). Jako zdroj vysokého napětí jsme využili Ruhmkorffův induktor, což je zařízení, které se skládá z transformátoru, feromagnetické kotvy a wagnerova kladívka a mělo by produkovat napětí přibližně 60 - 100 kV. Je nutné, aby do induktoru šel stejnosměrný proud a proto jsme do obvodu před induktor přidali také měnič. Pro odstínění rentgenového záření jsme zakryli celou aparaturu olověným kobercem. Na zjištění záření byl použit Geiger-Mülerův detektor.

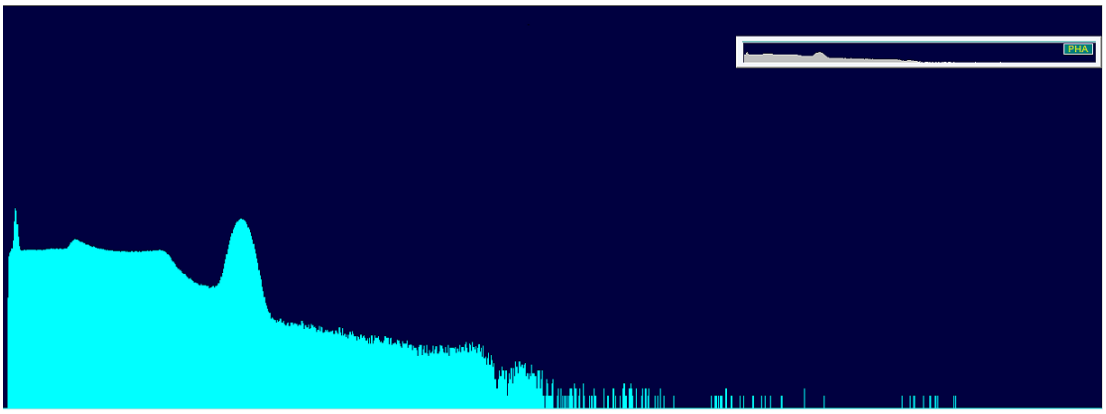
Tento semestr jsme zvolili poněkud jednodušší způsob na tvorbu rentgenového záření. Místo vakuové pumpy na odčerpání vzduchu ze skleněného válce, stavebnicové konctrukce ze stavebnice Merkur a měděné anody a katody jsme použili již zhotovenou elektronku typu DY 86, použité ze staré televize, kterou nám zapůjčil Ondřej Vrba. Pro odstínění rentgenového záření jsme opět použili olověný koberec. Narozdíl od minulého semestru, kdy byl na detekci záření použit Geiger-Mülerův přístroj, jsme zvolili scintilační detektor. Detektor jsme nejprve museli zkalibrovat pomocí radionuklidů Cs 137 (viz. Obrázek 2) a Co 60. Dále jsme naměřili radioaktivitu přirozeného pozadí (viz. Obrázek 1), ale doba snímání byla moc krátká (cca 10 minut), obvykle se měří i celý den. Nakonec bylo změřeno vlastní záření elektronky (viz. Obrázek 3). Vše bylo vyhodnoceno v PC v programu MAESTRO, kde z grafu (viz. Obrázek 2) bylo vyditelné (jedná se o levý pík), že se s největší pravděpodobností jedná o stříbro s charakteristickou hodnotou energie záření cca 22 keV.

3 Závěr

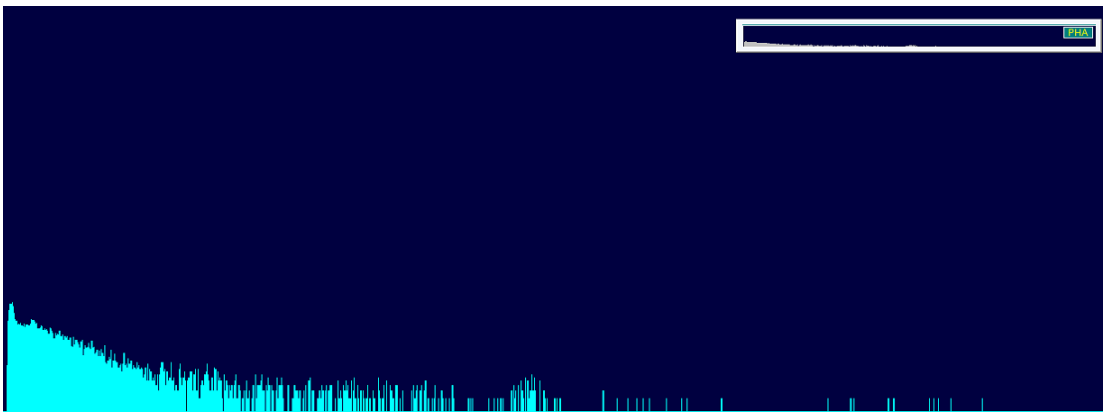
Prvotně bylo naším cílem sestrojit si vlastní "rentgenku", ale z důvodu nedostatku času a materiálu na vytvoření anody jsme byli donuceni použít elektronku typu DY 86 ze staré televize. Pro odstínění rentgenové záření jsme zakryli celou aparaturu olověným kobercem. Na zjištění záření jsme použili scintilační detektor, který není moc vhodný na detekci malých energií, a proto spektrum není tak kvalitní, jak bychom si představovali, ale pomocí něho jsme určili zářící prvek. Díky grafu, který byl vytvořen pomocí programu MAESTRO, jsme podle píku (viz. Obrázek 3) určili materiál, z něhož byla anoda vytvořena. Pravděpodobně se jednalo o stříbro, které má energii charakteristického záření 22 keV. Dříve se používalo na pájení.



Obrázek 1: Přírodní radiační pozadí, kde na ose x je energie v keV a na ose y počet detekcí (v logaitmickým měřítku).



Obrázek 2: Gamma spektrum Cs 137, kde na ose x je energie v keV a na ose y počet detekcí (v logaitmickým měřítku).



Obrázek 3: Gamma spektrum elektronky DY 86, kde na ose x je energie v keV a na ose y počet detekcí (v logaitmickým měřítku).

4 Poděkování

Chtěli bychom poděkovat zejména Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. za jeho čas a poskytnutý materiál. Dále Ondřeji Vrbovi za jeho velmi cenné rady a pomoc při konstrukci rentgenky a také KDAIZ, Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské za poskytnutý stínící materiál a odborné konzultování ohledně naší elektronky.

Reference

[1] RNDr.V. Ullmann, *Aplikace ionizujícího záření*, http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm

[2] PaeDr.V.Heller, *Praktikum školních pokusů A-Výboje v plynech*, http://physics.ujep.cz/~heller/PSP_A_soubory/04-Vyboje_v_plynech.pdf

[3] neznámý autor, *Elektronky*, http://abcdimenze.wz.cz/elektronika/elektronky.html

[4] N. K. Sharat Singh, H. N. Sarma, *A boon for elemental analysis*, http://80.download.springer.com.dialog.cvut.cz/static/pdf/493/art%253A10.1007

[5] W. D. Coolidge, *1940 X Ray Physics Documentary by W. D. Coolidge*, http://www.youtube.com/watch?v=I3s5HFQ2YME

[6] Meifong, *X Ray production*, http://www.intelligentdental.com/2012/01/11/xray-production-part-1/

[7] Ing. P. Taubinger, *Geiger-Müllerův detektor*, http://www.volny.cz/taubinger/dokumenty/Geiger.pdf

[8] hl. redaktor A. H. Davis, *Věda, obrazový průvodce vývojem vědy a techniky*, Objev Rentgenového záření, str. 294