

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM FJFI ČVUT V PRAZE

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Datum měření: 12.3.2011 | Jméno: Jakub Kákona |
| Pracovní skupina: 2 | Hodina: Po 7:30 |
| Spolupracovníci: Viktor Polák | Hodnocení: |

Úloha 5: Studium rentgenových spekter Mo a Cu anody

Abstrakt

V měření bylo zkoumáno spektrum měkkého rentgenového záření krystalovým spektrometrem. Jako zdroj záření byly využity dva typy anod, Mo a Cu. Záření bylo detekováno GM trubicí.

1 Úvod

1.1 Zadání

1. V domácí přípravě vytvořte graf závislosti energie a vlnové délky záření na úhlu rozptylu na krystalu LiF. Vycházejte z tabulkových hodnot h a c , mřížkovou konstantu krystalu berte jako $d = 201\text{pm}$. Položte $n = 1$ ¹.
2. Pomocí ručního ovládání rentgenové aparatury PHYWE změřte spektrum rentgenového záření měděné nebo molybdenové anody při napětí 35 kV. Volte skoky poloh G.-M. počítače po 1 stupni (otáčení krystalu spřažené s goniometrem), proud 0.8 – 1.0 mA. Počet fotonů zaznamenaných G.-M. počítačem v závislosti na energii nebo vlnové délce vynesete do grafu.
3. Pomocí softwarového ovládání a odečítání dat změřte spektra měděné a molybdenové anody pro urychlovací napětí 15 kV, 19 kV, 22 kV a 30 kV. Volte skoky poloh G.-M. počítače po 0.25° nebo jemněji, nastavte nejvyšší možný proud. Označte maxima charakteristického záření pro oba materiály, spočítejte jejich energii a srovnajte je s tabulkovými hodnotami. Měření pro všechna napětí na dané anodě vynášejte do jednoho² grafu v závislosti na energii nebo vlnové délce.
4. Za použití dříve naměřených spekter určete přibližně hodnotu Planckovy konstanty. Z Braggovy rovnice plyne

$$\sin \vartheta = \frac{hc}{2dE} \quad (1)$$

kde E je energie dopadajícího záření. Protože víte, jaká je maximální energie, kterou je ve spektru možné nalézt ($E_{max} = eU$), a můžete určit úhel, na kterém spektrum končí, lze hodnotu h dopočítat, znáte-li velikosti ostatních konstant. Lze postupovat následovně. Výše uvedenou rovnici lze upravit na tvar

$$\sin \vartheta = \frac{hc}{2deU} \quad (2)$$

¹Pro pozorování maxim vyšších řádů než $n = 2$ by bylo třeba vzít krystal s menší mřížkovou konstantou, např. KBr.

²Tj. získáte dva grafy - jeden pro molybdenovou a druhý pro měděnou anodu.

kde U je urychlovací napětí. Vynesete-li do grafu hodnoty $\sin \vartheta$ v závislosti na $1/U$, získáme body, které by teoreticky měly ležet na přímce. Proložíme-li vynesené hodnoty přímkou, pak z její směrnice

$$\sin \vartheta = a \cdot \frac{1}{U} \quad a = \frac{hc}{2de} \quad (3)$$

získáme hodnotu Planckovy konstanty jako

$$h = a \frac{2de}{c} \quad (4)$$

Nalezenou konstantu h srovnajte s tabulkovou hodnotou.

2 Experimentální uspořádání a metody

2.1 Teoretický úvod

Rozlišujeme dva typy vzniku rentgenového záření brzdné a charakteristické. Princip brzdného je založen na rychle letících elektronech, které při interakci s elektrickými poli atomů terče vyzařují svou energii ve formě elektromagnetického záření. Toto záření je spojité, protože zpomalující elektron může vyzařit jakoukoliv hodnotu energie avšak maximálně eU , kde U je urychlovací napětí, spektrum brzdného záření je proto spojité a široké. Na rozdíl charakteristického záření, které je vytvářeno rychle letícími elektrony vyrážejícími z atomů anody elektrony v nižších hladinách. U těch pak dochází k přechodu elektronů z vyšších slupek na ty nižší - prázdné a vyzařují tedy diskrétní spektrum záření.

Braggova rovnice pak popisuje rozptyl vzniklého rentgenového záření na krystalu. Podmínku pak můžeme zapsat rovnicí

$$n\lambda = 2d \sin \vartheta. \quad (5)$$

Pro elektromagnetické vlny platí vztah

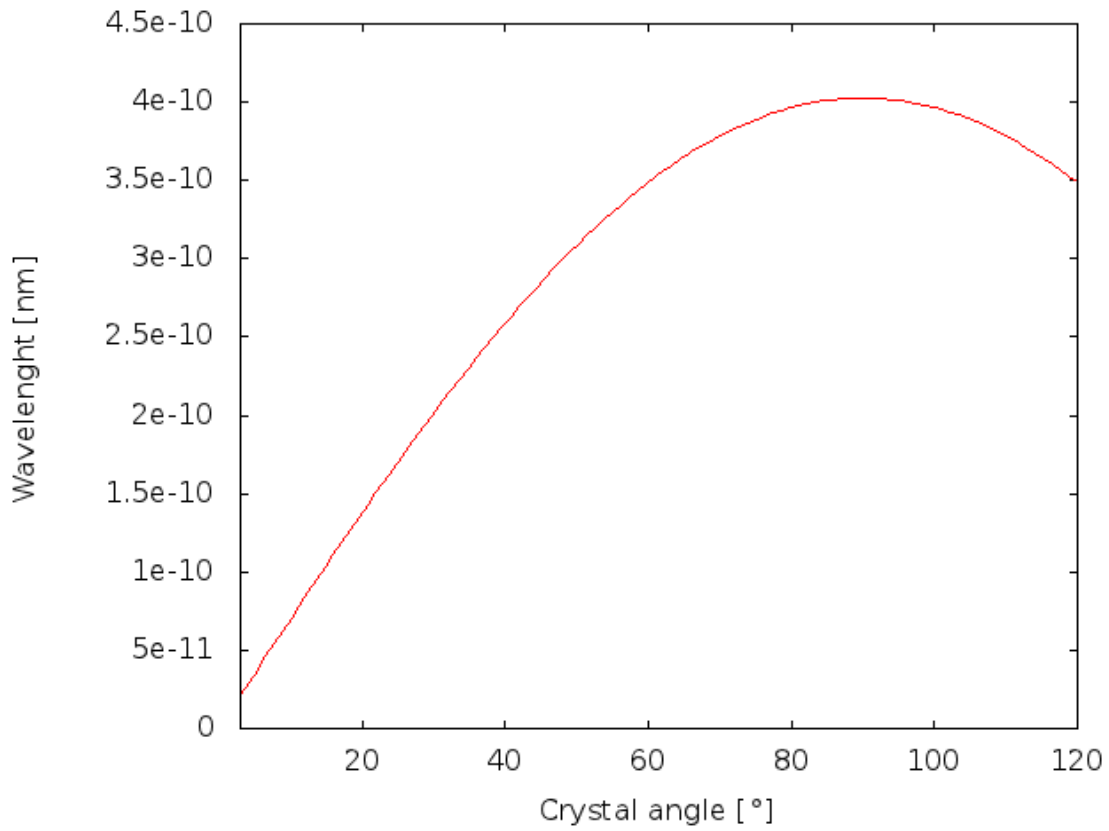
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (6)$$

z těchto dvou předešlých vztahů dosazením $n = 1$, lze odvodit vztah 1.

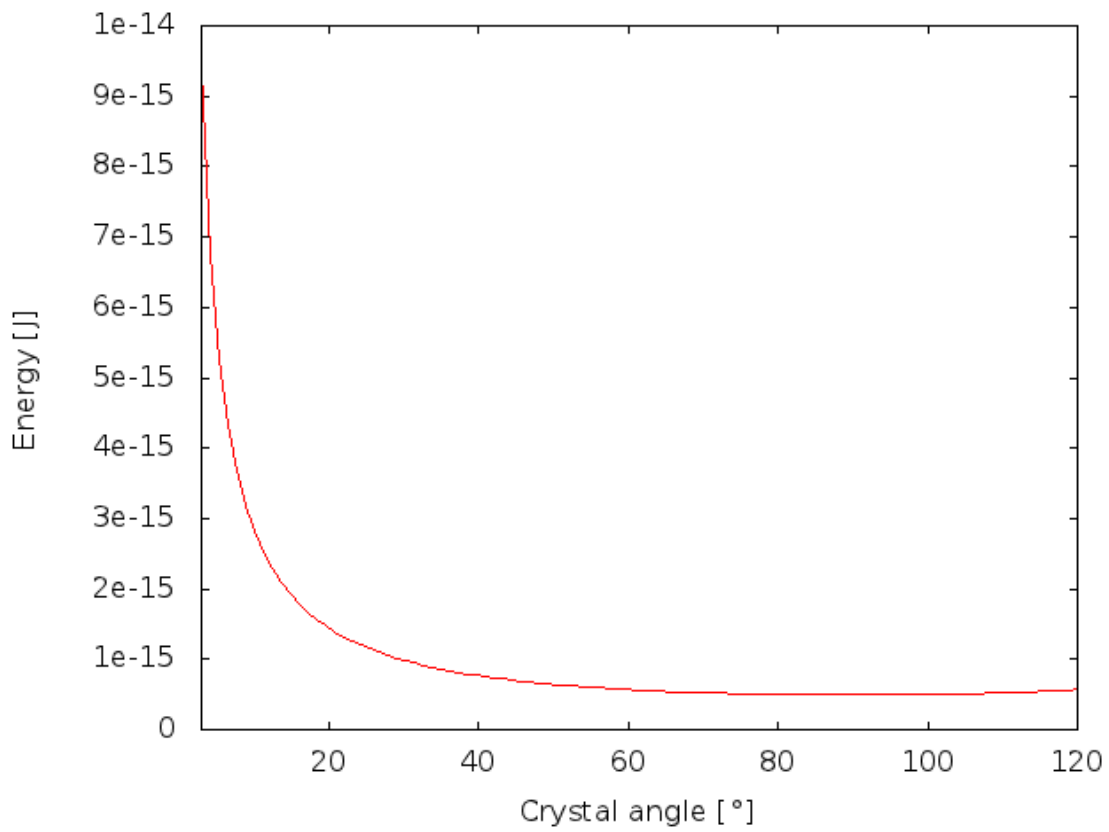
3 Výsledky a postup měření

3.1 Manuální měření spektra Cu anody

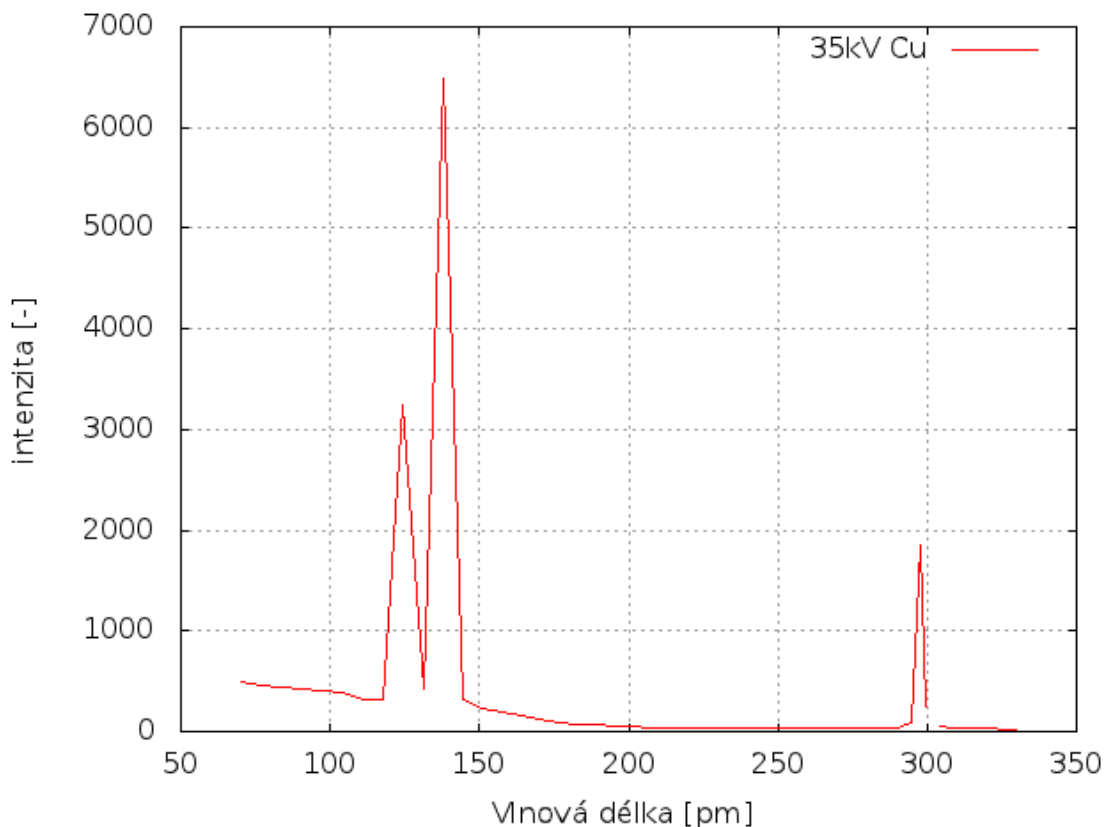
Spektrum měděné anody jsme změřili nejdříve manuálně (ručním nastavováním úhlu detektoru a krystalu). Pro úhly natočení krystalu $10-55^\circ$ s krokem po 1° . Urychlovací napětí jsme použili 35kV a katodový proud 0,8mA. Záření bylo detekováno GM trubicí. A intenzitní osa vykreslená v grafu proto má rozměr počet impulzů za 1s.



Obrázek 1: Závislost odražené vlnové délky na úhlu difrakčního krystalu



Obrázek 2: Závislost odražené energie záření na úhlu natočení difrakčního krystalu



Obrázek 3: Počet detekovaných fotonů za 1s manuálním měřením vzhledem k vlnové délce záření

3.2 Automatické měření spekter

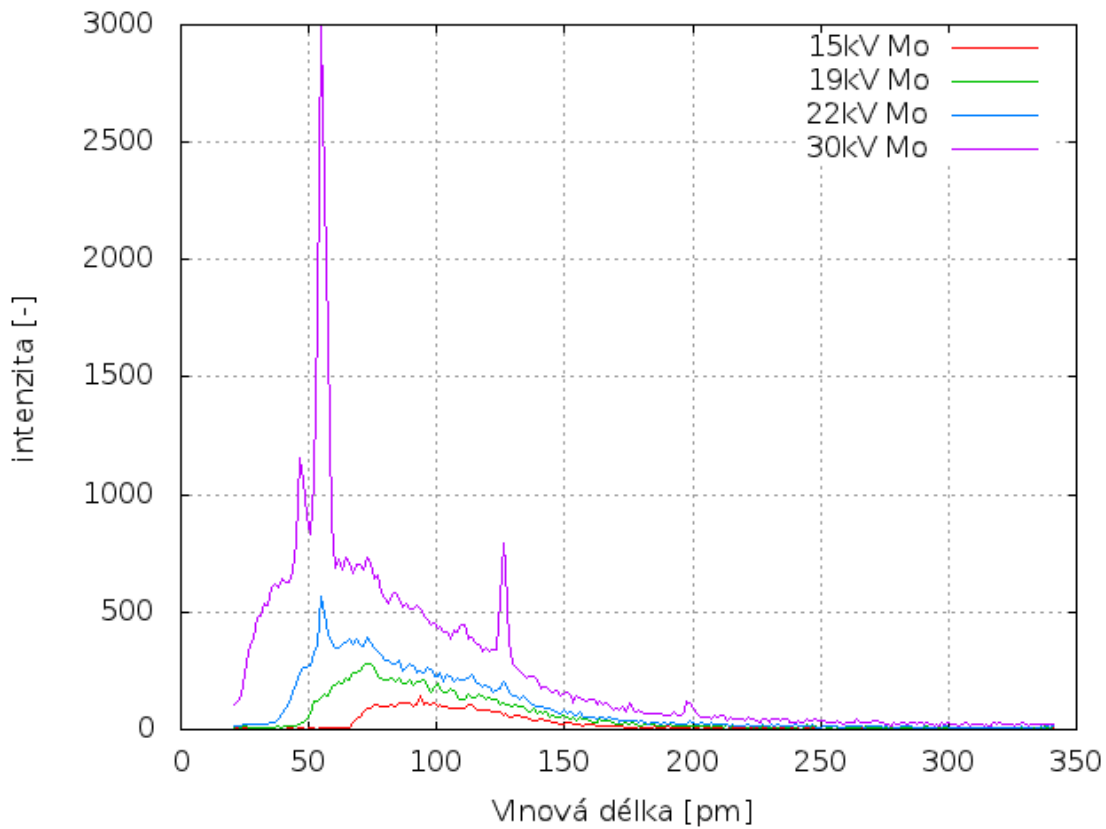
Pro automatické měření spektra byly nastaveny parametry měření, proud rentgenkou 1mA, počáteční úhel 8° , krok 0.2° , konečný úhel detektoru 120° , měřící interval 1,5s a provedli jsme čtyři měření pro několik urychlovacích napětí 15, 19, 22, 30kV. Pro oba typy materiálu Cu i Mo. Z naměřených hodnot jsme pro oba materiály vybraly charakteristické špičky a přiřadili jim tabulkové hodnoty energií.

Naměřené hodnoty charakteristických peaků byly 9,3346 keV pro měděnou anodu a 18,268keV pro molybdenovou anodu. Jim odpovídající tabulkové hodnoty pravděpodobně jsou $E_{Cu} = 8,905$ keV a $E_{Mo} = 19,608$ keV

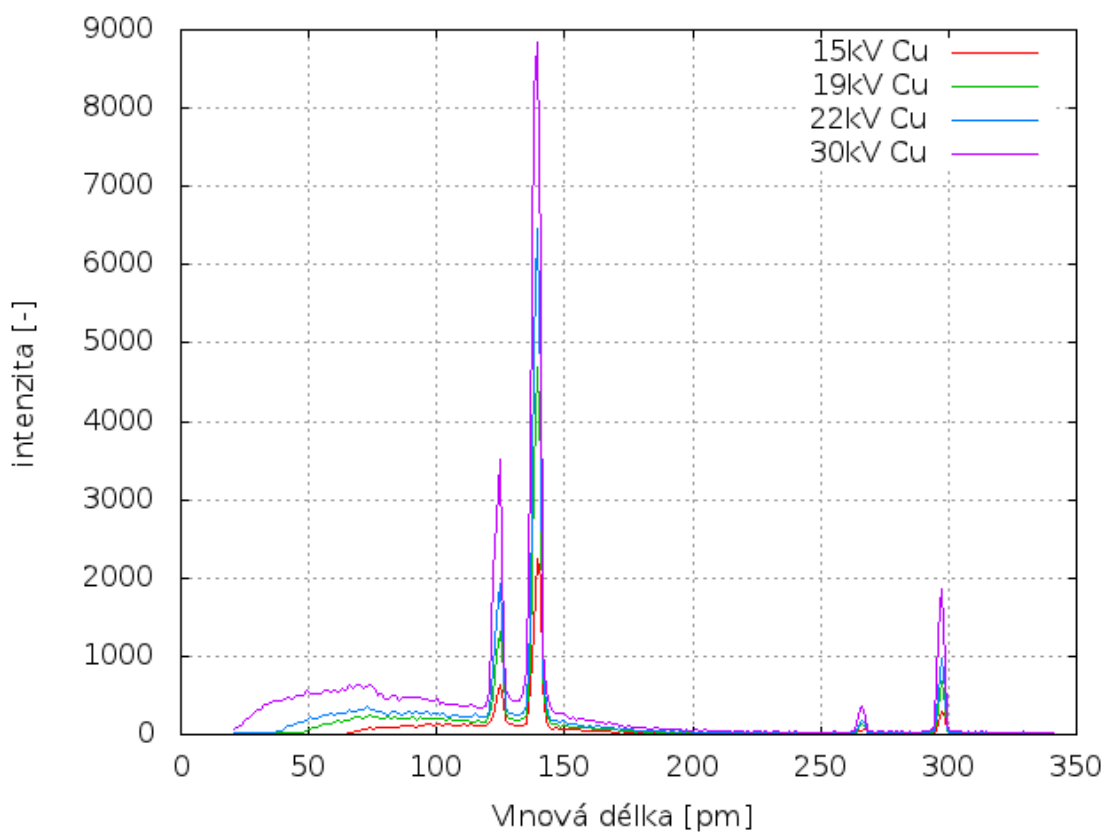
Dále jsme pro maximální energie záření ve spektru určili $\sin\theta$, které jsme v závislosti na $1/U$ fitovali přímkou. Z fitu jsme zjistili hodnotu Planckovy konstanty $h = (4,69 \pm 0.8)10^{-34} Js$.

4 Diskuse

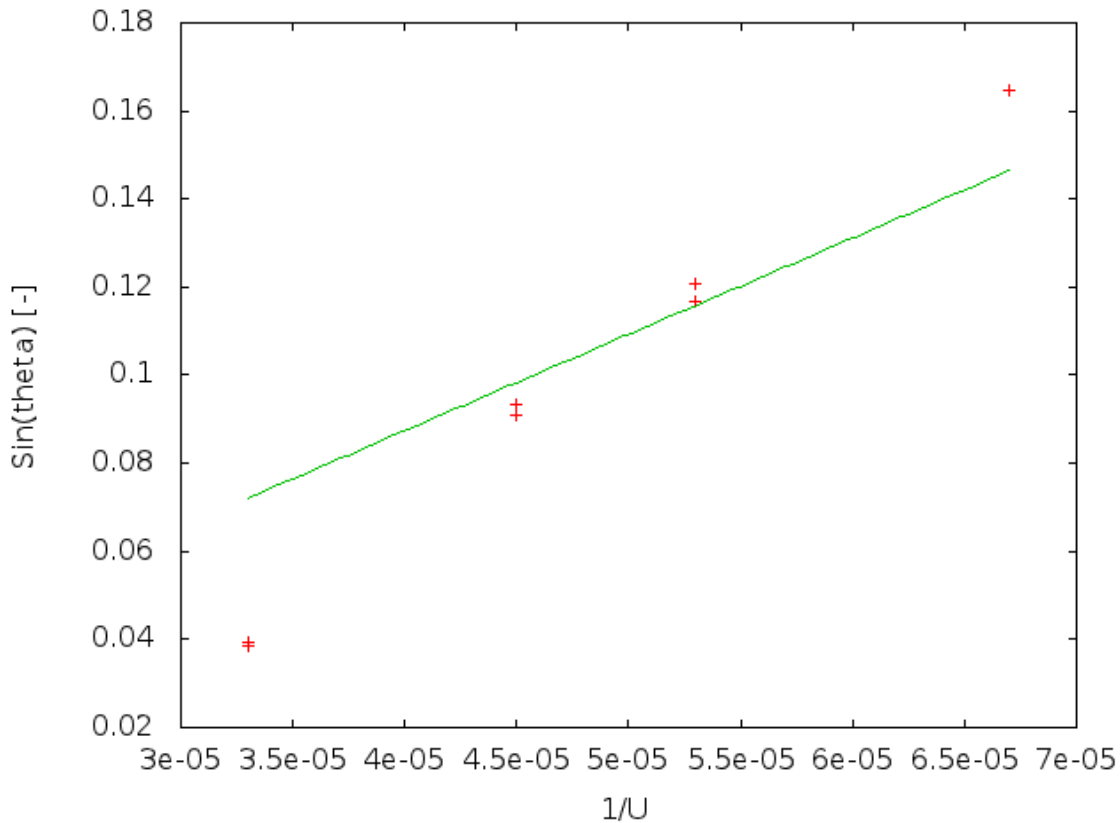
1. V přípravě jsme vytvořili, grafy závislosti energie a vlnové délky rozptýleného záření v závislosti na úhlu od roviny mřížky krystalu. Grafy jsou přiloženy jako součást teoretického rozboru.
2. Manuálním měřením jsme proměřili spektrum Cu anody při 35keV.
3. Automatickým měřením řízeným z PC jsme proměřili rentgenová spektra Měděné a Molybdenové anody pro 15 kV, 19 kV, 22 kV a 30 kV.



Obrázek 4: Počet detekovaných fotonů za 1,5s vzhledem k vlnové délce pro Molybdenovou anodu



Obrázek 5: Počet detekovaných fotonů za 1,5s vzhledem k vlnové délce pro Měděnou anodu



Obrázek 6: Počet detekovaných fotonů za 1,5s vzhledem k vlnové délce pro Měděnou anodu

- Nalezením úhlu pro maximální energii záření a fitováním naměřených hodnot, jsme určili přibližnou hodnotu Planckovi konstanty, jako $h = (4,69 \pm 0.8)10^{-34} Js$.

5 Závěr

Pomocí aparatury jsme změřili charakteristické spektrum rentgenového záření molybdenové a měděné anody. Z naměřených hodnot jsme určili maxima a pomocí fitu zjistili hodnotu Planckovy konstanty $h = (4,69 \pm 0.8)10^{-34} Js$, tabulková hodnota je $h = (6.626)10^{-34} Js$.

Reference

- Zadání úlohy 5 - Rentgenová spektra <http://praktikum.fjfi.cvut.cz/mod/resource/view.php?id=194>