

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

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 brzděné a charakteristické. Princip brzděného 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 brzděného 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

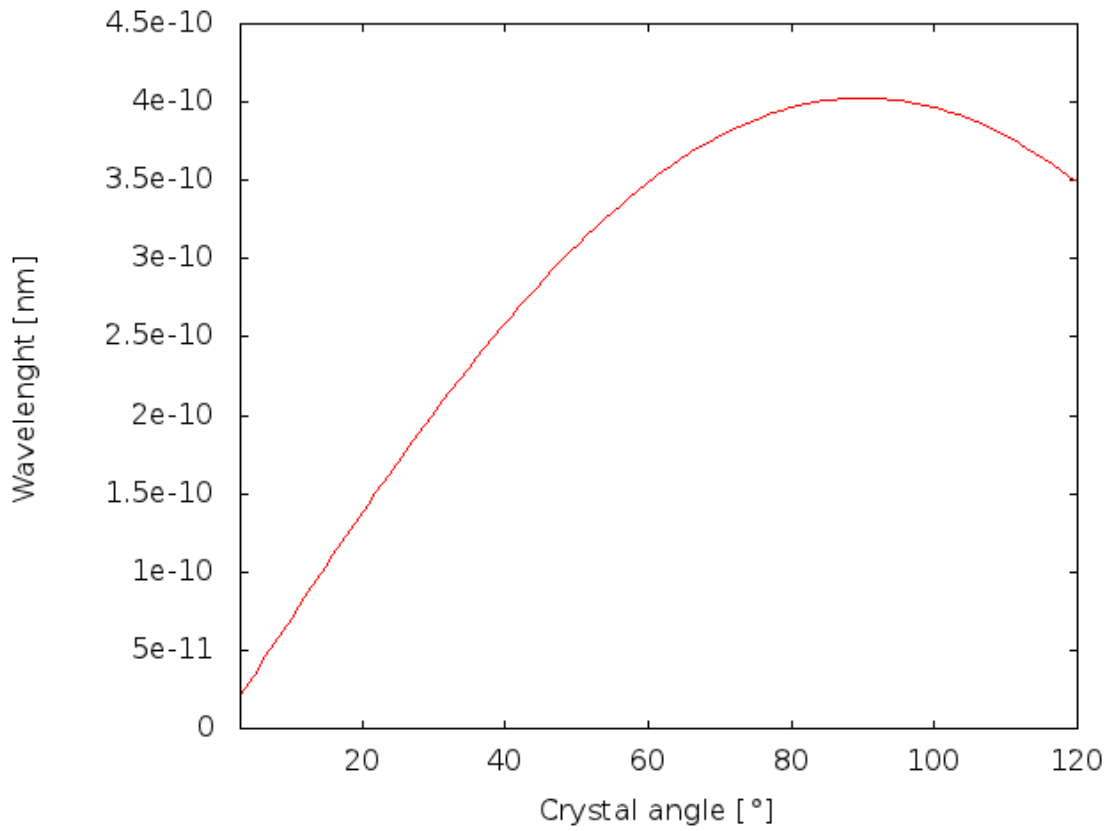
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (6)$$

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

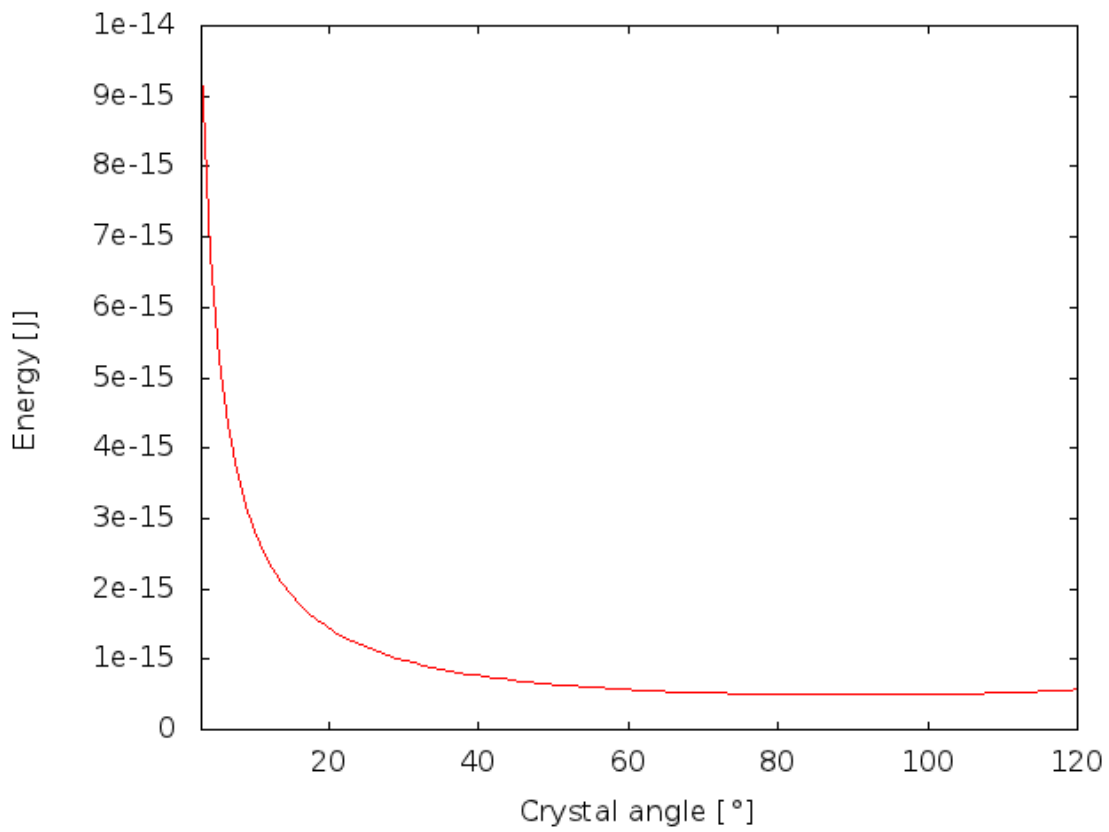
3 Výsledky a postup měření

3.1 Manuální měření spektra Cu anody

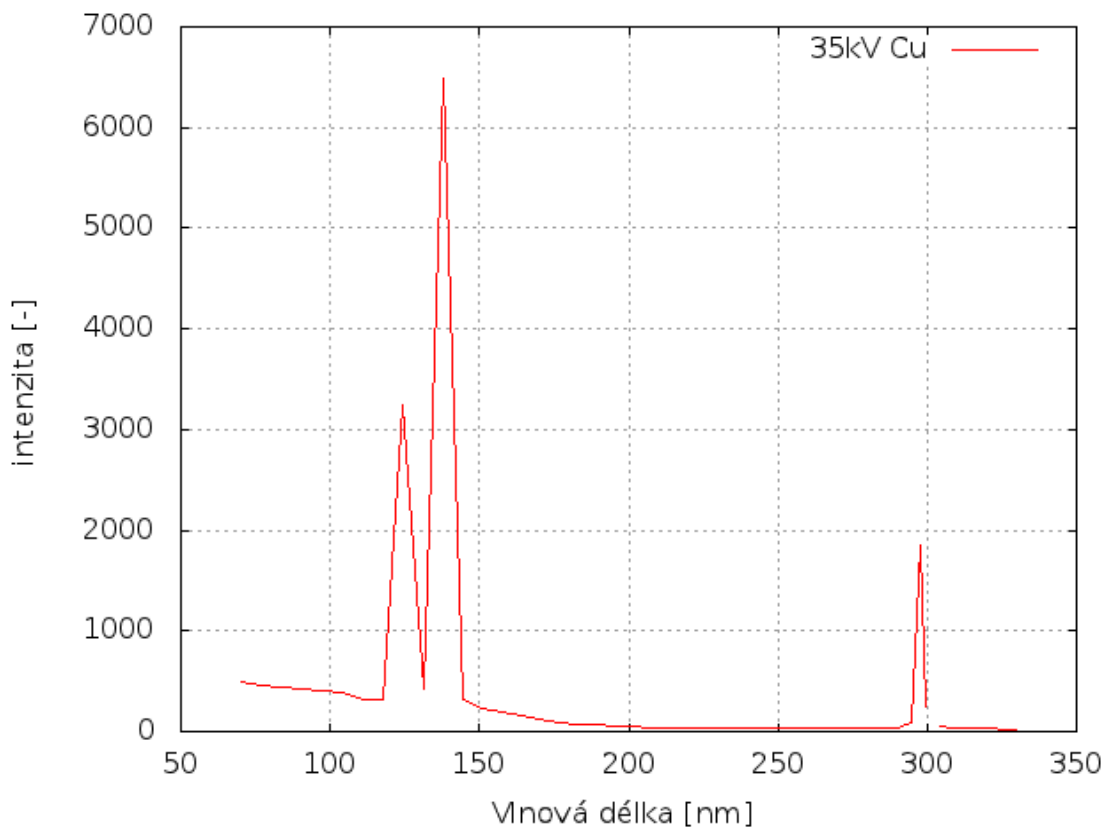
Spektrum měděné anody jsme změřili nejdříve manuálně (ručním nastavováním úhlu detektoru a krystalu)



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

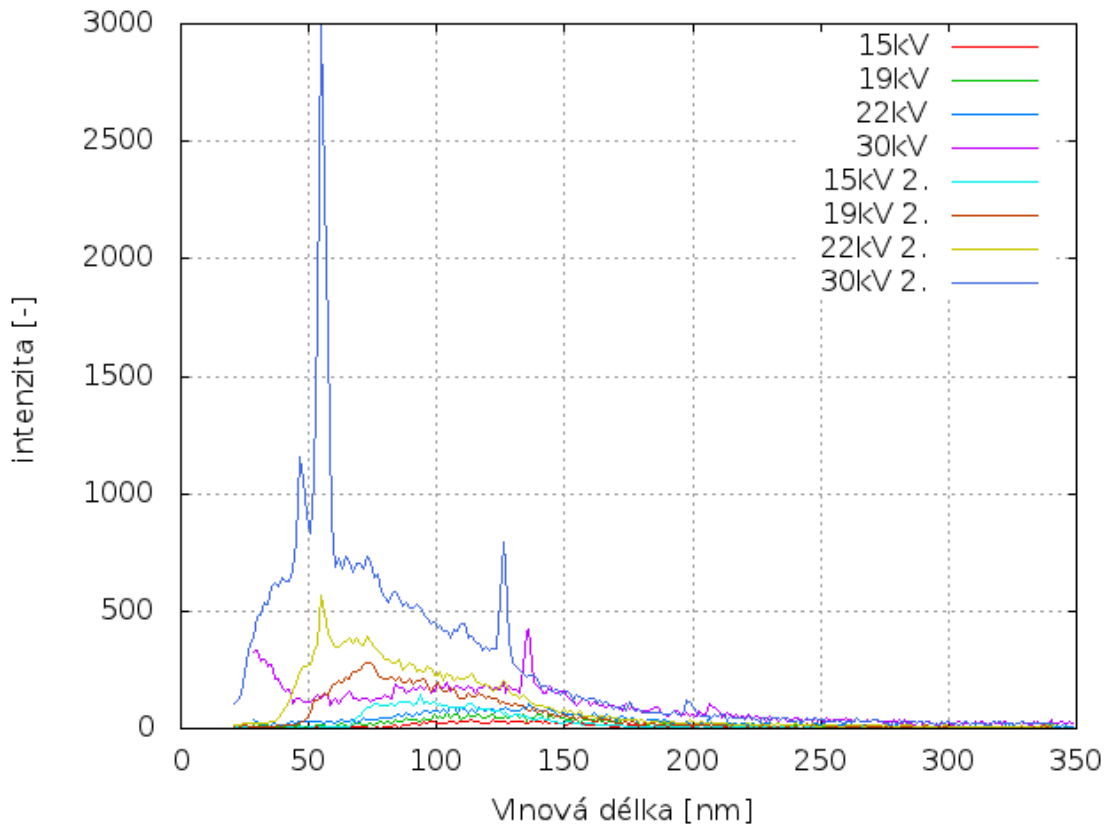
3.2 Automatické měření spekter

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. Dále jsme pro maximální energie záření určili $\sin\theta$, které jsme v závislosti na $1/U$ fitovali přímkou. Z fitu jsme zjistili hodnotu Planckovy konstanty $h = (6,3 \pm 0.4)10^{-34} Js$.

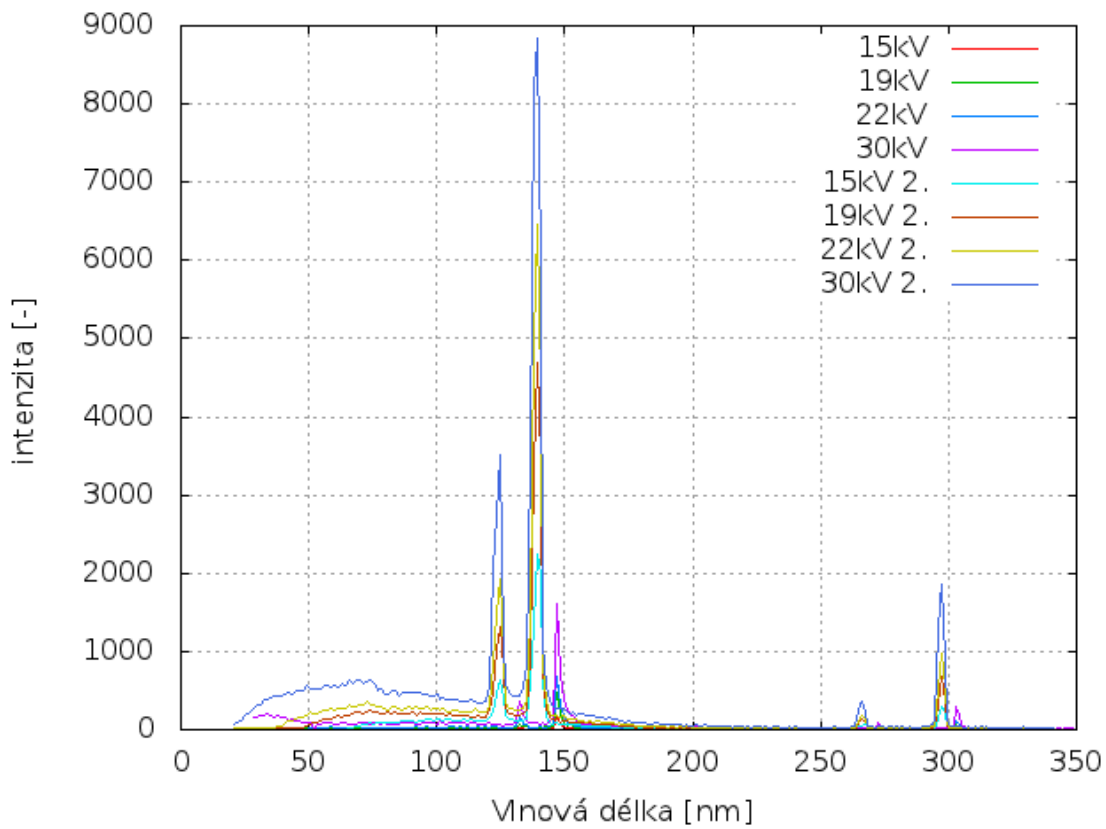
Naměřené hodnoty charakteristických peaků byly 9,3346 keV pro měděnou anodu a 18,268keV pro molybdenovou anodu. Jim odpovídající tabulkové hodnoty pravděpodobně jsou $E_{Cu} = 8,905$ keV a $E_{Mo} = 19,608$ keV

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 1s vzhledem k vlnové délce pro Molybdenovou anodu



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

4. Nalezením úhlu pro maximální energii záření a fitováním naměřených hodnot, jsme určili přibližnou hodnotu Planckovi konstanty, jako $h = (6,3 \pm 0.4)10^{-34} Js$.

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 $h = (6,3 \pm 0.4)10^{-34} Js$, tabulková hodnota je $h = (6.626)10^{-34} Js$.

Reference

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