

Rentgenové spektrum Mo anody

Zpracovali:

Dušan Mondek, Gymnázium Komenského Jeseník, STORM92@seznam.cz

Josef Moudřík, Gymnázium Christiana Dopplera, J.Moudrik@seznam.cz

Jiří Randa, Gymnázium Kladno, mam.hlad@seznam.cz

Supervizor:

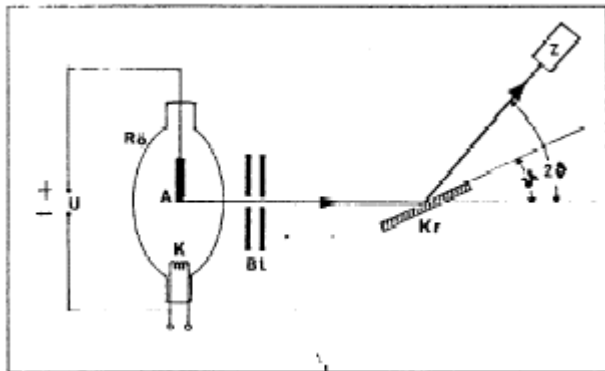
Jan Zatloukal

1. Úvod

Cílem našeho dvoudenního snažení bylo změřit rentgenové spektrum Molybdenové anody. Naše aparatura se skládala z rentgenového přístroje PHYWE, krystalu LiF, x-y zapisovače, 2 párů kabelů s banánky a kalkulačky.

V praxi jde vlastně o to že, ostřelujeme Molybdenovou anodu elektrony, urychlenými vysokým napětím (řádově desítky kiloVolt). Po dopadu elektronu s určitou energií (dle urychlení) na atom Mo je vyražen jiný elektron z některé slupky tohoto atomu a na jeho místo spadne elektron z vyššího orbitalu (atom snaží se zaujmout stav s nejnižší energií), který svou přebytečnou energii uvolní ve formě záření. My toto záření pozorujeme a nanášíme jeho intenzitu x-y zapisovačem na papír.

Toto je náčrt rentgenové lampy R₀, molybdenové anody A, katody K z níž vylétají urychlené elektrony, clony BL, krystalu LiF Kr a detektoru Z.



2. Vlastní problém a jeho řešení

Naším úkolem tedy bylo zaprvé určit energii čar $K_{\alpha,\beta}$ charakteristického emisního rentgenového spektra molybdenové anody. A zadruhé spočítat Planckovu konstantu h .

Nejprve jsme x-y zapisovačem nanesli křivku na papír. Poté jsme změřili úhly jednotlivých peaků, což jsou kvanta rentgenového záření vznikající, když elektron přemění svou energii najednou, ne postupně jako při brzděném záření. Získané úhly jsme dosadily do Braggovy rovnice, z níž jsme spočetli vlnovou délku jednotlivých peaků. Braggova rovnice popisuje difrakci (ohyb), ke které dochází při dopadu svazku rentgenového záření na soustavu atomů krystalu pod určitým úhlem.

$$n\lambda = 2d \sin \vartheta \quad (n = 1, 2, \dots \text{ je řád maxima}) \quad (1)$$

a [1] d je vzdálenost jednotlivých atomových rovin krystalu $d = 2,01 \times 10^{-10}$. Dále jsme počítali energie peaků podle vzorce

$$E = h\nu = hc / \lambda \quad (2)$$

kde h je Planckova konstanta, kterou budeme zakrátko zjišťovat a c je rychlost světla. ($299792458 \text{ ms}^{-1}$)

Planckovu konstantu zjistíme dle vztahu

$$h = 2 e U d \sin \vartheta \quad (3)$$

kde e je elementární náboj $1.602 \cdot 10^{-19}$, U je urychlovací napětí a ϑ je úhel hrany spojitého rentgenového spektra.

3. Výsledky

Vlnová délka a energie peaků:

$n = 1$

> 22,5 kV	$\beta = \text{není}$	$\alpha = \text{není}$
λ	#####	#####
22,5 kV	$\beta = \text{není}$	$\alpha = 10.50$
λ	#####	7.33E-11
> 25 kV	$\beta = 9.30$	$\alpha = 10.50$
λ	6.50E-11	7.33E-11

$$E_{\alpha} = 16916.35456 \text{ eV}$$

$$E_{\beta} = 19076.15481 \text{ eV}$$

Tabulkové hodnoty jsou $E_{\alpha \text{ tab}} = 17374,3 \text{ eV}$

a

$$E_{\beta \text{ tab}} = 19600 \text{ eV}$$

$n = 2$

< 25 kV	$\beta = \text{není}$	$\alpha = \text{není}$
λ	#####	#####
25 kV	$\beta = \text{není}$	$\alpha = 21.25$
λ	#####	7.29E-11
> 25 kV	$\beta = 18.5$	$\alpha = 21.25$
λ	6.38E-11	7.33E-11

$$E_{\alpha 2} = 17009.3633 \text{ eV}$$

$$E_{\beta 2} = 19435.08115 \text{ eV}$$

$n = 3$

< 27.5 kV	$\alpha = \text{není}$
λ	#####
$\geq 27.5 \text{ kV}$	$\alpha = 32.25$
λ	7.15E-11

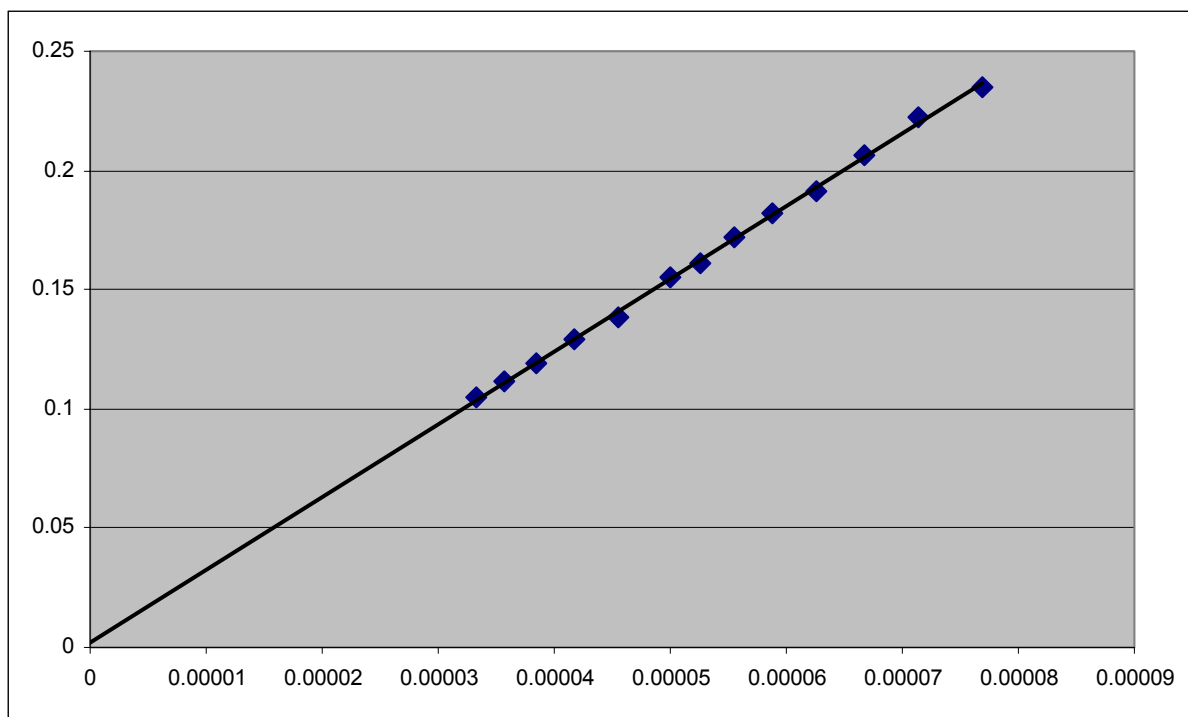
$$E_{\alpha 3} = 17342.17566 \text{ eV}$$

Planckova konstanta:

Po dosazení do vzorce (3) pro každý z úhlů ϑ náběžné hrany a jednotlivá urychlovací napětí U

"theta"	$\sin(\text{theta})$	U (kV)	h (J.s)
13.6	0.235142	13	6.56662E-34
12.85	0.222399	14	6.68851E-34
11.9	0.206204	15	6.64441E-34
11.05	0.191666	16	6.58767E-34
10.5	0.182236	17	6.65503E-34
9.9	0.171929	18	6.64798E-34
9.25	0.160743	19	6.56073E-34
8.95	0.155572	20	6.68391E-34
7.95	0.138609	22	6.55061E-34
7.4	0.128796	24	6.64018E-34
6.85	0.11927	26	6.66153E-34
6.4	0.111469	28	6.70471E-34
6	0.104528	30	6.73634E-34

Po zprůměrování hodnot nám vychází Planckova konstanta $6.64063 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ a tabulková hodnota je $6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, tedy nám vyšla velmi přesně. Toto je graf námi spočtené Planckovy konstanty:



4. Závěr

Nakonec bychom tedy shrnuli a konstatovali, že naše práce byla produktivní, zábavná a jsme rádi, že jsme dobře využili náš čas.

Metody námi použité, mají širokou škálu využití především ve fyzikální chemii (tímto způsobem lze velmi přesně určit kvalitativní složení materiálu ze kterého je vyrobena anoda).

Poděkování

Chtěli bychom především poděkovat Janu Zatloukalovi a Jaderné fakultě ČVUT za fyzikální týden.

Reference:

- [1] Z. Maršák: Měření rentgenového spektra Cu anody
<http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/AtomoveJaderne/CuAnoda/CuAnoda.pdf>
- [2] J. Zatloukal: Měření rentgenového spektra Mo anody