

# Časopis pro pěstování matematiky a fyziky

---

J. Bačkovský; Václav Dolejšek

O rozlišovací mohutnosti paprsků X na plasticky deformovaných krystalech a o emisní době při vzniku *Kalpha* mědi a molybdenu

Časopis pro pěstování matematiky a fyziky, Vol. 67 (1938), No. 3, 211--215

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123860>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1938

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## ČÁST FYSIKÁLNÍ.

### O rozlišovací mohutnosti paprsků X na plasticky deformovaných krystalech a o emisní době při vzniku $K\alpha$ mědi a molybdenu.

J. Bačkovský a V. Dolejšek, Praha.

(Došlo 7. prosince 1937.)

Byla studována reflexe paprsků X na plasticky deformovaném krystalu soli kamenné pro čáry Cu  $K\alpha_1, \alpha_2$  a Mo  $K\alpha_1, \alpha_2$ , při čemž bylo docleno krajní rozlišovací mohutnosti. Ze šířky těchto čar byla určena podle principu neostrosti životní doba příslušných emisních stavů. Pro Cu  $K\alpha_1$  byla nalezena doba  $2 \cdot 10^{-15}$  sec, zatím co pro Cu  $K\alpha_2$  nalezena doba kratší  $1 \cdot 10^{-15}$  sec. Pro čáry Mo  $K\alpha_1, \alpha_2$  nebyl dosud stanoven rozdíl v trvání vzbuzeného stavu atomu, neboť rozlišovací mohutnost vzhledem ke kratší vlnové délce v tomto případě byla jen taková, že bylo možno stanovit jen čas kratší, než  $6 \cdot 10^{-15}$  sec. Byla provedena diskuse výsledků v práci obdržených a porovnání s výsledky jiných metod.

Sledovali jsme jaké rozlišovací mohutnosti lze dosáhnouti na spektrografu uspořádaném podle Kunzlovy fokusační metody<sup>1)</sup> užitím krystalu kamenné soli plasticky deformované způsobem popsaným jedním z autorů a Neprašovou. Krystal kamenné soli je zařazován mezi krystaly s mosaikovou strukturou a ačkoliv byl dříve pokládán za normál pro spektroskopická měření paprsků X (poněvadž jeho mřížku bylo lze snadno stanovit teoreticky), není již vůbec používán pro přesná měření. Za nejdokonalejší krystaly jsou pokládány vápenec a křemen. Tak na př. nejmenší hodnota  $w_c$  pro křemen měřená Parrattem<sup>2)</sup> je asi  $2''$ . Naproti tomu hodnoty  $w_c$  pro kamennou sůl jsou nepoměrně větší; tak udávají na př. Bosorth a Haworth<sup>3)</sup>  $w_c = 400''$ , Dawis a Stempel<sup>4)</sup>  $w_c = 300''$ , Kirkpatrick a Ross<sup>5)</sup>  $w_c = 87''$  ( $w_c$  je poloviční šířka v poloviční výšce křivky, která udává intenzitu reflektovaného záření v závislosti na úhlu sklonu  $\varphi$  při monochromatickém  $\lambda$ ).

<sup>1)</sup> V. Kunzl, C. R., 201 (1935), 656.

<sup>2)</sup> L. G. Parratt, Rev. Sc. Instr., 5 (1934), 395; 6 (1935), 113.

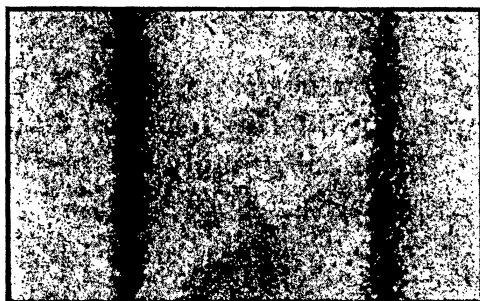
<sup>3)</sup> R. M. Bosorth - F. E. Haworth, Phys. Rev., 45 (1934), 821.

<sup>4)</sup> B. Davis - W. M. Stempel, Phys. Rev., 17 (1922), 608.

<sup>5)</sup> P. Kirkpatrick - P. A. Ross, Phys. Rev. 43 (1933), 596.

Z těchto dat se podle dosavadních výsledků nedá očekávat, že by bylo možno dosáhnouti pomocí spektrografu s kamennou solí značné rozlišovací mohutnosti, která by se vyrovnala rozlišovací mohutnosti dosažené krystaly dokonalými.

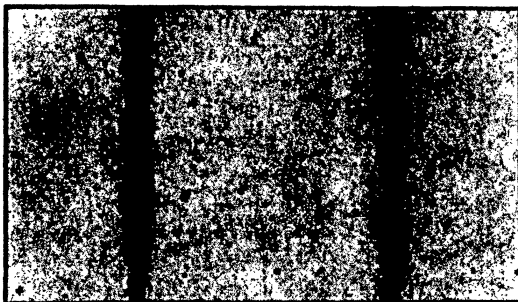
Cu  $K\alpha_1$   $\alpha_2$



Obr. 1a.

Při uspořádání, kterého jsme použili se ukázalo, že námi dosažená rozlišovací mohutnost s fotografickou registrací úplně se vyrovná rozlišovací mohutnosti dosažené „dublecrystalspectro-

Mo  $\alpha_1$   $\alpha_2$



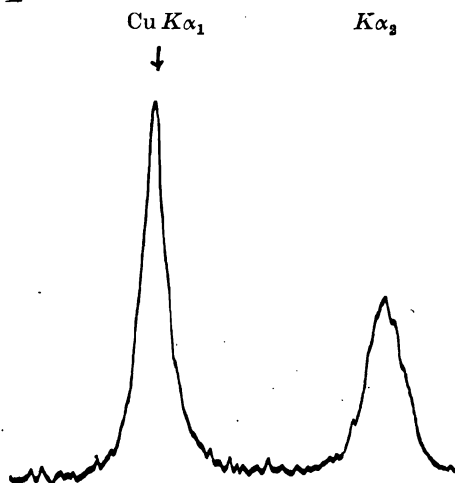
Obr. 1b.

metry“ s ionisační registrací resp. tubusspektrometrem a fotografickou metodou. U fokusační metody fotografické se zakřiveným krystalem podle Cauchois byla vyšetřována šířka obdržených čar pro Mo  $K\alpha_1$  od Carlssona<sup>6)</sup> v různých řádech a obdrženy hodnoty 0,48 X. j., 0,31 X. j., 0,30 X. j. a 0,28 X. j. pro 1 až 4-tý řád.

Zkoumali jsme čáry  $K\alpha_1, \alpha_2$  Cu a Mo a dosáhli jsme takové rozlišovací mohutnosti, že podle srovnání s výsledky ostatních

autorů je nutno předpokládati, že šířka čar obdržena fotograficky odpovídá vlastní šířce čar, takže rozšíření vzniklé vadami krystalu je zanedbatelné (viz obr. 1).

Pro Mo  $K\alpha_1, \alpha_2$  jsme obdrželi pro celou šířku čáry měřenou v poloviční výšce křivky černání, hodnotu 0,30 X. j., což odpovídá 7,4 V. Pro Cu jsme obdrželi hodnoty různé pro  $K\alpha_1$  a pro  $K\alpha_2$ . Pro  $K\alpha_1$  obnášela šířka čáry 0,41 X. j., což odpovídá 2,1 V a pro  $K\alpha_2$  0,70 X. j., což odpovídá 3,5 V (viz mikrofotometrickou křivku Cu, obr. 2).



Obr. 2.

Rozdíl šířek čar Cu  $K\alpha_1$  a  $\alpha_2$  ukazuje na různé doby životní vzbuzeného stavu těchto dvou čar. Podle principu neostrosti doba emise pro Cu  $K\alpha_1$  je  $\tau = 2 \cdot 10^{-15}$  vteřin (z šířky čáry námi nalezené). Pro Cu  $K\alpha_2$  odpovídá příslušné  $\tau = 1 \cdot 10^{-15}$  vteřin. Uvedený rozdíl v šířce čáry byl již pozorován některými autory (jak plyne z hodnot uvedených v tab. 1) a dokonce některými autory byla předpokládána závislost rozdílu šířky čar na atomovém čísle<sup>7)</sup>. Naše hodnota pro šířku čáry Cu  $K\alpha_1$  je menší než dosud měřená pomocí dublecrysalspektrometru. Jen hodnota uvedená Siegbahnem ve Spektroskopie der Röntgenstrahlen<sup>8)</sup> získaná vakuovým spektrografem Braggova typu je menší, než je naše hodnota a obnáší 0,3 X. j., což odpovídá 1,6 voltu. Tato hodnota je měřena přímo ze zvětšeniny. Kdybychom měřili naše hodnoty rovněž přímo ze snímků (viz obraz 1a) a ne z mikrofotometrické

<sup>6)</sup> E. Carlsson, Zs. Phys., 84 (1933), 801.

<sup>7)</sup> S. K. Allison, Phys. Rev., 44 (1933), 63.

<sup>8)</sup> M. Siegbahn, Spektroskopie der Röntgenstrahlen, 1930, str. 116.

křivky, kde k rozšíření čáry přispívá optická šířka štěrbinu mikro-fotometru, dostali bychom hodnotu menší rovněž, asi 0,3 X. j. Někteří autoři udávají také rozdíl ve vlnových délkách pro šířku čar Mo  $K\alpha_1$  a  $\alpha_2$ . V našem případě jsme v mezích přesnosti ne-nalezli žádného rozdílu, spíše se zdálo, že  $\alpha_1$  je širší než  $\alpha_2$ . Později se ukázalo, že tento poměr šířek čar byl pouze na některých snímcích a neodpovídal skutečnosti (možnost rozšíření čáry následkem přexpozice při fotografické registraci).

Autor	$\Delta$ Mo $K\alpha_{1,2}$		$\Delta$ Cu $K\alpha_1$		$\Delta$ Cu $K\alpha_2$		Registrace
	X. j.	volt	X. j.	volt	X. j.	volt	
Spencer .....	0,281	6,9	0,61	3,2	0,75	3,9	} ionisační
Allison .....	0,29	7,2	0,58	3,0	0,77	4,0	
Bearden-Shaw....	—	—	0,50	2,5	0,70	3,5	
Siegbahn .....	—	—	0,3	1,6	—	—	} foto- grafická
Valasek .....	0,40	9,9	0,52	2,7	—	—	
Carlsson .....	0,28	6,9	—	—	—	—	
Bačkovský } .....	0,30	7,4	0,41	2,1	0,70	3,6	
Dolejšek }							

Přepočteme-li však šířku čar v energetických hodnotách, vidíme, je-li trvání emise čar Mo stejná jako trvání emise čar Cu, že rozlišovací mohutnost dosud docílená nedostačí k dokázání rozdílu životních dob vzbuzeného stavu atomu u molybdenu, jak bylo dokázáno u mědi. Ze srovnání v tabulce 1 je zřejmo, že energetický rozdíl odpovídající šířce čar u Cu je asi 2—3 volty, naproti tomu u molybdenu je asi 7 volt, což znamená, že při stanovení stejné životní doby u Mo bylo by zapotřebí asi třikrát větší rozlišovací mohutnosti, než jaká je dosud dosažena. Trvání emise čar Mo  $K\alpha$  z našeho výsledku odpovídá  $6 \cdot 10^{-16}$  sek.

Nejdelší doba vzbuzeného stavu atomu při emisi paprsků X je asi  $2 \cdot 10^{-16}$  sek. Srovnáme-li tento výsledek s normální dobou emise  $10^{-8}$  sek a uvážíme-li, že doba emise  $2 \cdot 10^{-16}$  sek je současně mez rozlišovací mohutnosti dosud dosažené, zdá se, že šířka čáry Cu  $K\alpha_2$  je způsobena tím, že je v ní obsaženo dosud nerozštěpená jemná struktura čáry a že doby emise paprsků X jsou delší, než jest dosud možno zjistiti.

Zdůrazňujeme, že při měření šířek linií v tabulce uvedených jsme neprováděli korekci na šířku štěrbinu spektrografu, a to za předpokladu, že podmínky jsou takové, že  $w = w_c$ , což je možno podle Allisona<sup>6)</sup> tehdy, lze-li psáti vztah:

$$a/2R \leq w_c/4,$$

kdež  $a$  je šířka štěrbinu,  $R$  je optická dráha paprsků a  $w_c$  znamená obor reflexe krystalu. Dosadíme-li hodnoty námi použité, t. j.  $a = 0,034$  mm,  $R = 140$  cm, obdržíme  $w_c \geq 10''$ . Poněvadž však jak

uvedeno naše hodnota šířky linií  $w$  rovná se krajním dosud obdrženým hodnotám, je nutno předpokládati, že hodnota  $w_0$  se projevuje v našem případě tak malá, že odpovídá hodnotám dokonalých krystalů a že ji lze zanedbati proti hodnotě dosažené šířky čáry.

\*

The resolving power on the plastically deformed rocksalt crystals and the time of emission of the lines Cu  $K\alpha$  and Mo  $K\alpha$ .

(Abstract of the preceding paper.)

Rocksalt crystals curved in a bearer with evenly stressed border fibres were used in the focusing method, in which the axis of the cylindrical crystal is perpendicular to the axis of the spectrograph. As shown in the figure 1a, 1b, such plastically curved crystals exhibit — at short time exposures — very high resolving power for Cu and Mo  $K\alpha$  lines.

The uncorrected values for the width of the line Cu  $K\alpha_2$  (see the figure 1a), which is 49" or 3,5 V, and for the width of Mo  $K\alpha_1$  and  $K\alpha_2$ , which are both 42" or 7,5 V, attains the largest resolving power ever obtained for these lines, the uncorrected width of the line Cu  $K\alpha_1$ , which is 29" or 2,2 V is even smaller than mostly values (see the table 1).

The true resolving power resulting from these rocksalt values is unexpectedly high, especially since rocksalt is known to be an imperfect crystal. Here we can estimate the amount of  $w_0$ , which appears from our results. It can be seen from our results that the resolving power obtained is such, that no correction of the width of the lines on the slit is possible. Therefore we obtain for the perfection of the grating rocksalt crystal by means of Allison's equations taking  $a/2R \leq w_0/4$ . The resolving power obtained with rocksalt shows that the here applied focusing method using the plastically deformed crystals leads to very high resolving power.

To understand why no such difference is found between the width of the Mo-lines as between the Cu-lines, we must consider that for Cu  $K\alpha_1$  the time of emission is

$$\Delta\tau \sim \frac{1}{\Delta\nu} \sim 2 \cdot 10^{-15} \text{ sec}$$

and for Cu  $K\alpha_2$  is  $1 \cdot 10^{-15}$  sec.

For Mo-lines the smallest width found corresponds to  $6 \cdot 10^{-16}$  sec, so that to prove an analogous difference in the time of emission for the lines Mo  $K\alpha_1$  and Mo  $K\alpha_2$  (if we will not suppose that the time of emission for the elements with higher atomic number is shorter) a still greater resolving power would be necessary.

•Spectroscopic Institute of Charles University.