

Miroslav Rozsival

Některé výsledky s novou fokusační metodou užívající Seemannova břítu

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 68 (1939), No. 3-4, 206--213

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/109434>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1939

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>

## Některé výsledky s novou fokusační metodou užívající Seemannova břítu.

M. Rozsival, Praha.

(Došlo 14. března 1939.)

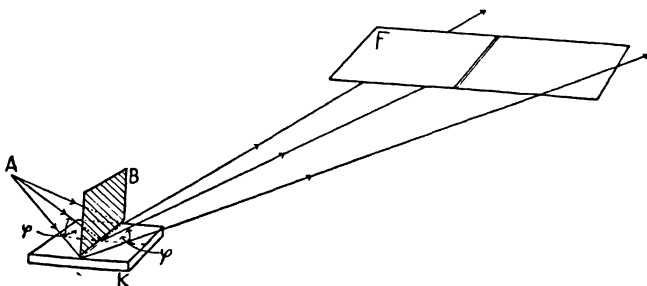
Du Mondův a Kirkpatrickův spektrometr s řadou krystalů se Seemannovými bříty jako modifikace fokusačního uspořádání Cauchoisové. Užití vertikální fokusace Gouyovy-Kunzlovoy se Seemannovým břítem. Pokus o borcení krystalu do kuželové plochy. Použití válcově zakřiveného krystalu se Seemannovým břítem a výsledky s krystaly NaCl,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{SiO}_2$  broušeného kolmo k elektrické ose. Získání krajní rozlišovací mohutnosti s krystalem  $\text{SiO}_2$  a mosaikové struktury s krystaly NaCl a  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  podle výkladu Bačkovského. Zhodnocení světelnosti metody.

Účel práce: Výsledky získané různými autory Seemannovou metodou s břítem (1) („Schneidemethode“) vedly k značným rozporům v posuzování vhodnosti této metody pro přesná měření. Některé výsledky však naznačovaly, že lze při užití této metody docílit jak značné světelnosti tak i rozlišovací mohutnosti. Pro to mluví zejména výsledky Du Mond a Kirkpatricka (2) získané spektrometrem s řadou krystalů. Tento spektrometr je řada krystalů se Seemannovými bříty uspořádaných tak, že je to vlastně modifikace fokusační metody typu Cauchoisové (3) (t. zv. horizontální fokusace). Du Mond a Kirkpatrick použili 50 krystalů kalcitu se Seemannovými bříty a docílili takové světelnosti, že mohli tímto způsobem fotograficky studovati zjev Comptonův. To ukazuje jistě na značnou světelnost, i když nutno mít na zřeteli, že expoziční doby při studiu Comptonova zjevu byly až 800 hodinové.

Jak jsem se již zmínil, má Du Mondovo a Kirkpatrickovo uspořádání se Seemannovými bříty nahrazovati deformaci krystalu podle Cauchoisové za účelem fokusace. V této práci jsem se pokusil vypracovat fokusační metodu se Seemannovým břítem za použití krystalu zakřiveného do rotační plochy s horizontální osou (4) [t. zv. vertikální fokusace Gouyova (5) a Kunzlova (6)], neboť práce Bačkovského a Neprašové (7), Bačkovského a Do-

lejška (8) a Dolejška a Tayerleho (9) ukázaly, že elasticky i plasticky deformovanými krystaly lze při vertikální fokusaci docílití veliké světelnosti i veliké rozlišovací mohutnosti. Vypracování této fokusační metody je také po mechanické stránce jednodušší než je tomu u metody spektrometru s řadou krystalů.

Princip Seemannovy metody s břitem: Princip původní Seemannovy metody s břitem (10) je udáván obyčejně takto: proti dobrému krystalu  $K$  se postaví rovný břit  $B$  z kovu silně absorbujícího paprsky  $X$ , kterým se z paprsků dopadajících z antikatody  $A$  na krystal vymezení úzký svazek, podobně jako u jiných metod užitím štěrbiny. Paprsky se pak „reflektují“ na krystalu a dopadají na fotografickou desku  $F$  (obr. 1).



Obr. 1.

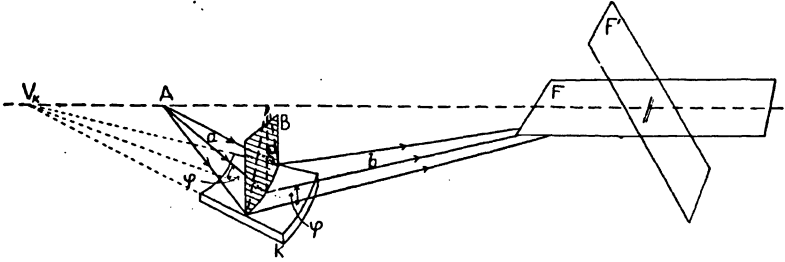
Vzdálenost krystalu od antikatody se volí malá, aby paprsky dopadaly na krystal v co největší intenzitě a kasetu se dává daleko od krystalu, aby disperse byla dostatečně veliká (t. zv. nesymetrické uspořádání).

Fokusace u metody se Seemannovým břitem: Při úvahách o možnosti použití vertikální fokusace pro Seemannovu metodu s břitem vyšel jsem z předpokladu, že světelnost Seemannovy metody může spočívat v tom, že lze krystal dáti těsně k antikatodě. To znamená, chceme-li užítí krystalu zakřiveného, že musíme zvoliti takové zakřivení krystalu, aby vedle této podmínky byla zachována také podmínka zobrazovací.

Jak teoreticky ukázal Gouy (5), je možno voliti dvojí způsob zakřivení krystalu, abychom dostali reálné zobrazení fokusu: buď lze krystal zakříviti do rotační plochy válcové vhodného poloměru, nebo kuželové o vhodném vrcholovém úhlu. Obě požadované podmínky splňuje plocha kuželová, kdežto u plochy válcové podmínka zobrazení není splněna.

Proto jsem zakřivil krystal  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  způsobem, který udal Tayerle (11), do rotační plochy kuželové. Proti tomuto

krystalu  $K$  bylo postaveno kruhové ostří  $B$  příslušného poloměru. Zdroj paprsků  $X$  (antikatoda)  $A$  byl umístěn na ose kužele na straně jeho vrcholu  $V_K$  tak, aby jeho zobrazení nastalo opět na ose kužele, kde byla umístěna kasety  $F$  (obr. 2).

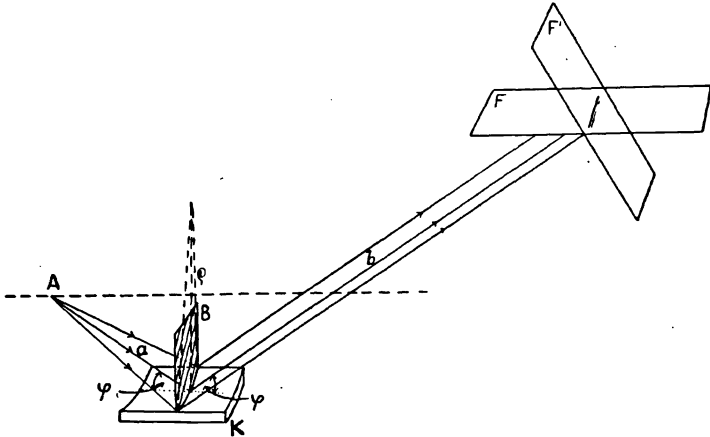


Obr. 2.

Pro křivost břitu  $\varrho$  plyne:

$$\varrho = a \sin(\omega + \varphi),$$

označíme-li  $a$  vzdálenost antikatomy  $A$  od krystalu,  $\omega$  poloviční vrcholový úhel kužele a  $\varphi$  úhel příslušný podle Braggovy rovnice



Obr. 3.

použité vlnové délce  $\lambda$ . Pro vzdálenost kasety od krystalu  $b$  plyne vztah:

$$b = \frac{\varrho}{\sin(\varphi - \omega)} = a \frac{\sin(\varphi + \omega)}{\sin(\varphi - \omega)}.$$

Z tohoto vztahu plyne, že vzdálenost kasety od krystalu  $b$  je vždy větší než vzdálenost krystalu od antikatomy  $a$ , pokud  $\omega$  není 0

nebo celistvý násobek  $\pi$ , a dále, že vždy musí  $\omega < \varphi$ , aby nastalo zobrazení na ose kužele.

Vzhledem k potížím při zakřivení krystalu do kužele učinil jsem pokus zakřivit krystal do plochy válcové. Při tom bylo nebezpečí, že se ztratí možnost dáti krystal blízko k antikatodě. Experimentálně se však ukázalo, že je možné i při válcové ploše nesymetrické uspořádání, jestliže zvolíme zakřivení krystalu takové, aby paprsky na krystalu reflektované byly po reflexi rovnoběžné, tedy aby obraz spektrálních čar měl velikost krystalu (obr. 3).

Z obr. 3 plyne, že takový případ nastane, když poloměr křivosti  $\rho$  splňuje vztah:

$$\rho = 2a \sin \varphi,$$

kde  $a$  a  $\varphi$  mají význam uvedený shora.

Postavení kasety vůči paprskům je možno voliti buď kolmo k dopadajícím paprskům nebo šikmo k nim. Při šikmém postavení je její poloha zpravidla taková, aby paprsky dopadaly na film pod týmž úhlem, pod nímž se reflektovaly na krystalu (t. zv. dispersní směr). Výsledky této práce ukázaly, že, je-li kasetta postavena takto šikmo (tedy rovnoběžně s osou krystalu), zvětší se lineární disperse (v místě fotografické desky), avšak současně se o něco zvětší šířka linií a expoziční doba proti případu, kdy kasetta je postavena kolmo k paprskům.

Uspořádání a dosažené výsledky: Použil jsem krystalů sádrovce ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), soli kamenné ( $\text{NaCl}$ ) a křemene ( $\text{SiO}_2$ ) broušeného kolmo k elektrické ose, které jsem zakřivil nejprve do rotační plochy kuželové (krystal  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) a pak do plochy válcové ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$  a  $\text{SiO}_2$ ). Proti krystalu, a to vždy kolmo k ose rotační plochy, do níž byl krystal zakřiven, postavil jsem kruhové ostří příslušného poloměru, otupené asi na 0,1 až 0,2 mm, čímž podle Dolejška a Kleina (12) se omezí vliv vnikání záření X do krystalu, které u původní Seemannovy metody způsobuje rozšíření čar na straně kratších vlnových délek.

Pro měření bylo použito čar  $\text{Cu K}\alpha_{1,2}$ , jichž vlastní šířky podle měření Bačkovského a Dolejška (8) mají hodnoty:  $\text{Cu K}\alpha_1$ : 0,41 Xj a  $\text{Cu K}\alpha_2$ : 0,70 Xj. (Měřeno metodou Kunzlovou.)

Při měření bylo postupováno vždy tak, že bylo nalezeno nejprve místo na krystalu, které dávalo nejlepší zobrazení čar při poměrně veliké vzdálenosti břitu od krystalu a pak byl postaven břit ke krystalu tak blízko, že dalším přibližováním se čáry už nezúžily, nýbrž se pouze prodloužila expoziční doba.

Nejprve jsem použil krystalu  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Tímto krystalem zborceným nejprve do rotační plochy kuželové byly získány tyto šířky čar:

Krystal	$\Delta\alpha_1$	$\Delta\alpha_2$	Exposice	Metoda
CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	1,3 Xj	1,25 Xj	15'	Seemannova - kužel
Týmž krystalem CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O ohnutým do plochy válcové byly získány šířky čar:				

Krystal	$\Delta\alpha_1$	$\Delta\alpha_2$	Exposice	Metoda
CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0,89 Xj	0,89 Xj	10'	Seemannova - válec, film $\perp$ k ose krystalu
	1,00 Xj	0,99 Xj	30'	Seemannova - válec, film $\parallel$ s osou krystalu

Z těch výsledků s krystalem sádrovce je zřejmo, srovnáme-li získané šířky čar s vlastní jejich šířkou, že šířka čar touto metodou měřená je podstatně větší než vlastní šířka. (Rozdíl v šířkách čar plynoucích z fokusační metody se Seemannovým břitem za použití téhož krystalu jednou zakřiveného do kužele a po druhé do válce lze vysvětlit tím, že nebylo v případě kuželového krystalu nalezeno tak dobré místo krystalu a pak, že u snímku s kuželovým krystalem je menší disperse, takže měření je méně přesné.)

Tento výsledek byl tehdy zklamáním, neboť se sádrovcem docítil Tayerle (9) v Kunzlově uspořádání výsledků mnohem lepších. Vysvětlení tohoto faktu nebylo však tehdy možné.

Rovněž, když bylo použito krystalu NaCl ohnutého do válce, s nímž Bačkovský a Dolejšek (8) v téže době dosáhli veliké rozlišovací mohutnosti za použití metody Kunzlovoy, obdržel jsem šířky čar značně větší než je vlastní šířka použitých čar. Naměřené šířky čar získané touto metodou jsou obsaženy v tabulce:

Krystal	$\Delta\alpha_1$	$\Delta\alpha_2$	Exposice	Metoda
NaCl	1,36 Xj	1,32 Xj	10'	Seemannova - válec, film $\perp$ k ose krystalu
NaCl	1,60 Xj	1,40 Xj	15'	Seemannova - válec, film $\parallel$ s osou krystalu

Z těchto výsledků ve srovnání s výsledky získanými s krystalem sádrovce je patrné, že získané šířky čar Cu K $\alpha_{1,2}$  jsou dokonce větší než šířky získané s krystalem sádrovce.

Protože bylo použito břitu otupeného, nebylo lze vyložití rozšíření čar vnikáním záření do krystalu, nýbrž nedokonalostí krystalu, která se tedy u Seemannovy metody s břitem silně projevívá. Shodně s výsledky Bozortha a Hawortha (13), Feifera a Jahody (14) plyne z těchto výsledků, že krystal NaCl má mosaikovou strukturu méně dokonalou než krystal sádrovce.

Podle výsledků Bačkovského (15) publikovaných během této práce je zřejmo, že při této fokusační metodě stejně jako při původní metodě Seemannově se při měření neprojevuje vlastní šířka

čar, nýbrž mosaiková nedokonalost krystalu, pokud mosaika je téhož řádu nebo větší než vlastní šířka čar. Jak totiž ukázal Bačkovský, paprsky reflektované na jednotlivých mosaikových krystalech po reflexi postupují konvergentně tak, že přibližně v symetrické poloze se mosaiková nedokonalost projeví minimálním rozšířením čar. Ve všech ostatních uspořádáních (tedy nesymetrických) se vliv mosaiky projeví značně. Seemannova metoda s břitem podobně jako „tubusový spektrometr“ a metoda dirkové komory je metoda nesymetrická a proto čáry získané těmito metodami jsou tím širší, čím větší je mosaiková nedokonalost použitých krystalů.

Ze známé vlastní šířky použitých čar a za předpokladu o křivce černání lze z naměřené šířky určit mosaikovou nedokonalost použitého krystalu v místě, kde nastala reflexe.

Z toho, co bylo řečeno, je patrné, že touto metodou i původní metodou Seemannovou můžeme obdržeti vlastní šířku čar a značnou rozlišovací mohutnost pouze s dokonalými krystaly, jichž mosaiková struktura je nepatrná vůči vlastní šířce čar.

K dosažení značné rozlišovací mohutnosti jsem použil krystalu  $\text{SiO}_2$  broušeného kolmo k elektrické ose, tloušťky asi 0,2 mm, který byl ohnut Tayerleovým způsobem do válcové plochy. Výsledky tímto krystalem obdržené obsahuje tabulka:

Krystal	$\Delta\alpha_1$	$\Delta\alpha_2$	Exposice	Metoda
$\text{SiO}_2$	0,54 Xj	0,75 Xj	15'	Seemannova - válec, film $\perp$ k ose krystalu
$\text{SiO}_2$	1,14 Xj	1,14 Xj	30'	Seemannova - válec, film $\parallel$ s osou krystalu

Tyto výsledky znamenají, že principiálně lze dosáhnouti fokační metodou se Seemannovým břitem veliké rozlišovací mohutnosti, užíjeme-li krystalů ideálně dokonalých. Avšak praktické dosažení veliké rozlišovací mohutnosti je spojeno s předpokladem dostatečné světelnosti metody. Srovnání expozičních dob pro různé krystaly ukázalo shodně s výsledky jiných prací v ústavě konaných (16), že čím má krystal dokonalejší mosaikovou strukturu, tím má pro paprsky X menší refleční mohutnost. Z toho tedy plyne, že Seemannova metoda s břitem je pro přesná měření málo vhodná, což bylo dosud sporné.

Z výsledků této práce lze vysvětlit rozpory v názorech na Seemannovu metodu s břitem. Použijeme-li krystalů s velkou mosaikovou nedokonalostí, dostaneme malou rozlišovací mohutnost a dobrou světelnost, jak tomu bylo u většiny autorů, kteří používali krystalů NaCl, cukru a pod. Du Mond a Kirkpatrick užili však ve své práci krystalu vápence, který má mosaikovou

nedokonalost velikosti mezi nedokonalostí křemene a sádrovce, a proto dostali dobrou rozlišovací mohutnost i světelnost. Protože světelnost fokusační metody se Seemannovým břitkem je asi pětkrát větší než světelnost původní Seemannovy metody, bylo by lze při dostatečné světelnosti metody užití i krystalů s malou mosaikovou nedokonalostí (a tedy s menší reflekční mohutností) ve fokusační metodě, čímž by se získalo na rozlišovací mohutnosti. Otázka propracování této fokusační metody je tedy otázkou nalezení vhodných krystalů s malou mosaikovou nedokonalostí, které by bylo možno deformovat tak, jak je to zde žádáno.

Panu prof. dr. V. Dolejškovi, řediteli spektroskopického ústavu, jsem zavázán upřímným díkem za stálý zájem, s nímž mou práci sledoval a cenné rady, jichž jsem v práci použil.

*Spektroskopický ústav Karlovy university v Praze.*

#### Seznam citovaných prací:

1. H. Seemann: *Physik. Zs.*: 18, 242, 1917. — M. Siegbahn: *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*. II. vyd., 1931. — 2. J. W. M. Du Mond and P. Kirkpatrick: *Phys. Rev.*: 37, 136, 1931. — 3. Y. Cauchois: *Journ. de Phys.*: 3, 320, 1932. — 4. V. Dolejšek a M. Rozsival: *C. R.*: 207, 786, 1938. — 5. G. Gouy: *Ann. de Phys.*: 5, 241, 1916. — 6. V. Kunzl: *C. R.*: 201, 656, 1935. — 7. J. M. Bačkovský a M. Neprašová: *Čas. JČMF*: 67, 177, 1938. — 8. J. M. Bačkovský a V. Dolejšek: *Čas. JČMF*: 67, 211, 1938. — 9. V. Dolejšek a M. Tayerle: *Journ. de Phys. Série VII*, tom IX, 465, 1938. — 10. H. Seemann: *Ann. d. Phys.*: 49, 470, 1916. — 11. V. Dolejšek a M. Tayerle: *C. R.*: 205, 605, 1937. — 12. V. Dolejšek a J. Klein: *Nature*: 139, 886, 1937. — 13. R. M. Bozorth and F. E. Haworth: *Phys. Rev.*: 45, 821, 1934. — 14. J. Feifer a M. Jahoda: *C. R.*: 1938. — 15. J. M. Bačkovský: *Nature*: 141, 872, 1938. — 16. V. Dolejšek, M. Jahoda, J. Ježek a M. Rozsival: *Nature*: 142, 253, 1938.

\*

#### Quelques résultats obtenus avec une nouvelle méthode de focalisation utilisant le couteau de Seemann.

(Extrait de l'article précédent.)

En se basant sur les résultats de Du Mond et Kirkpatrick, de Bačkovský et de Dolejšek et Klein, l'auteur essaie d'élaborer une méthode de focalisation avec le couteau de Seemann. Il emploie différents cristaux tantôt élastiquement, tantôt plastiquement courbé sur la surface d'un cône ou d'un cylindre de révolution, en plaçant contre le cristal, perpendiculairement à l'axe de la surface rotatoire du cristal une lame circulaire.

Conformément aux résultats de Bačkovský, il montre qu'on obtient avec ce montage, des largeurs de raies qui dépendent de la structure mosaïque du cristal. Employant le doublet  $\text{Cu K}\alpha_{1,2}$



il mesure les largeurs des lignes obtenus avec les différents cristaux. Pour les cristaux  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$  et  $\text{SiO}_2$  taillé perpendiculairement à l'axe électrique, l'élargissement des lignes correspond à l'imperfection mosaïque du cristal. Cette méthode étant asymétrique, toute l'imperfection se manifeste, et les raies obtenues sont d'autant plus larges que l'imperfection mosaïque est plus grande.

Conclusion:

1. En partant des largeurs des lignes obtenues par cette méthode de focalisation et par la méthode de Seemann, on peut reconnaître l'imperfection mosaïque du cristal employé.

2. On ne peut pas obtenir un grand pouvoir séparateur avec cette méthode et avec la méthode de Seemann, qu'en employant des cristaux à petite mosaïque, par exemple,  $\text{SiO}_2$  ou  $\text{CaCO}_3$ .

---