

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Václav Dolejšek; Jar. Ježek

O separování slabých nediagramových čar K-serie

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 69 (1940), No. 3-4, 180--186

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123323>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1940

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>

O separování slabých nediagramových čar K-serie.

(Nová metoda a výsledky.)

V. Dolejšek a Jar. Ježek, Praha.

(Došlo 12. února 1940.)

V práci je učiněn pokus zvýšiti rozlišovací mohutnost při stanovení slabých čar zvýšením délkové disperse a zvýšením gradace jako součtu několika gradačních křivek. Za účelem zvýšení délkové disperse bylo použito aparatury o celkovém chodu X paprsků 6 m (při níž záření procházelo trubicemi plněnými vodíkem, aby se snížila absorpce). Za účelem zvýšení gradace byly snímky „přefotografovány“ způsobem v práci uvedeným.

Výsledky u CuK serie ukázaly, že tímto způsobem lze nejen bezpečně rozlišiti dublet $\text{CuK}\alpha_{3,4}$, nýbrž i naléztí dosud nezjištěnou strukturu čáry α_4 a dosud nepozorovanou čáru α' . Na rozdíl od výsledků získaných krystalem NaCl bylo u krystalu ZnS bezpečně zjištěno, že nedává reflexi čáry α_3 , ač všechny ostatní nové čáry souhlasí s výsledky na krystalu NaCl. Uspokojující výklad tohoto faktu nelze z dosavadních výsledků podati.

Celkový výsledek ukazuje, že fokusační metoda použitá uvedeným způsobem převyšuje metody ionizační i metody používající počítače.

Intensita nediagramových čar převyšuje jen o málo povšechné černání na fotografické desce způsobené spojitým zářením a difusí X-paprsků na krystalech i na ostatních částech spektrografu. Jak výsledky ukazují, je tento podklad, který se objevuje při dlouhých exposicích, velmi silný zvláště při nedokonalých krystalech a není rovnoměrný, což ukazuje na různý „stupeň nedokonalosti“ na jednotlivých místech krystalu. Výsledky různých autorů ukázaly, že s některými krystaly, které byly dokonalé na určitém místě, tedy pro určitou vlnovou délku, bylo možno naléztí novou čáru, kterou řada jiných autorů s jinými krystaly najítí nemohla. Ukázalo se zvláště, že řadu nových nediagramových čar je možno zjistiti metodami fokusačními. V tom směru poukazujeme na práci jednoho z autorů a V. Vranského¹⁾ uveřejněnou v tomto Časopise, v níž Kunzlova fokusační metoda²⁾ s plasticky deformovaným krystalem (v symetrickém uspořádání podle Bačkovského³⁾ značně zvýšila

¹⁾ V. Dolejšek, V. Vranský, Čas. mat. a fys. 69 (1940), 61.

²⁾ V. Kunzl, Comptes Rendus 201 (1935), 656.

³⁾ J. Bačkovský, Nature 141 (1938), 872.

rozpoznatelnost čar a dovolila najít všechny kvadrupolové a zakázané přechody i řadu nediagramových čar. Toto uspořádání je jedním z nejsvětelnějších, neboť jeho symetrie podle Bačkovského dovoluje použití mosaikových krystalů, jichž reflektivní mohutnost je velmi značná a souvisí s velikostí mosaiky, jak jsme ukázali ve společné práci s Jahodou a Rozsívalem.⁴⁾ Mosaiková vada $\Delta\sigma$ se totiž ukázala jako rozhodující činitel převládající všechny ostatní faktory při reflektivní mohutnosti. Při symetrickém uspořádání spektrografu se ukázalo, že je možno psátí přímou úměrnost mezi reflektivní mohutností a mosaikou krystalu:

$$R = R_c \Delta\sigma$$

a že tedy v tomto uspořádání je mnohem výhodnější použití mosaikových krystalů, jichž $\Delta\sigma$ se pohybuje v mezích několika minut (sůl kamenná, sfalerit, kassiterit), nežli krystalů „dokonalých“ (lept. křemen) o mosaikové vadě $\Delta\sigma$ několika vteřin. Poněvadž ke studiu slabých nediagramových čar je třeba zvlášť světelné aparatury, je velmi výhodné použití k tomuto studiu krystalů o velké mosaice.

Pokud se týče reflexe při zjišťování slabých čar výsledky ukazují, že fotografická registrace dává nejlepší výsledky, neboť byl jí zjištěn největší počet nejslabších čar. Ačkoliv se udává, že metody ionizační a metody používající počítače jsou daleko citlivější a světelnější, nebylo jimi dosaženo v žádném případě těch výsledků jako metodami fotografickými. Metod s počítačem nebylo však dosud použito ve spojení s metodami fokusačními. Pokus o spojení metod fokusačních s metodou počítače učinili Dolejšek a Brandejský,⁵⁾ v jejichž práci bylo docíleno velmi dobrých výsledků při zjišťování slabých čar, jichž vlnové délky se od sebe nepatrně liší. Zde se ukázala pravděpodobně výhoda možnosti měnit gradaci a výhoda velké citlivosti. Naproti tomu se Richtmyerovi a Taylorovi⁶⁾ podařilo ionizační metodou zjistiti a odlišiti čáry Cu $K\alpha_{3,4}$ teprve umělým obratem: Když od celkové ionizační křivky odečtli předpokládanou křivku pro Cu $K\alpha_1$.

Jak z předchozího vysvítá, mají metody fotografické i ionizační své výhody i nevýhody. Metody fotografické mají při dlouhých expozicích čar, jichž vlnové délky se od sebe málo liší, tu nevýhodu, že ve fotografické desce nastává rozptyl X-paprsků resp. rozptyl elektronů vyražených X-paprsky z desky, takže při zjišťování slabých stop se pak snižuje rozzeatelnost čar blízko sebe ležících. Kromě toho obor křivky gradace při takových expozicích

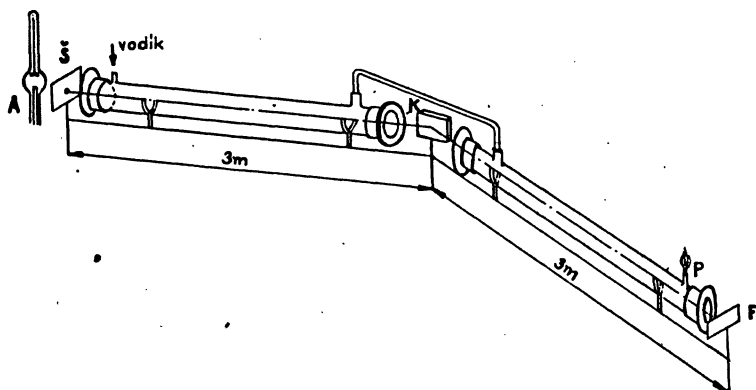
⁴⁾ V. Dolejšek, M. Jahoda, J. Ježek, M. Rozsival, Nature 142 (1938), 253.

⁵⁾ V. Dolejšek, A. Brandejský, v tisku.

⁶⁾ F. K. Richtmyer, L. S. Taylor, Phys. Rev. 36, 1044.

je nevýhodný a není možno jej měniti. Možnost změny křivky-odpovídající křivce gradace je velkou výhodou metod ionisačních. Naproti tomu práce Dolejšek-Brandejský⁵⁾ a Dolejšek-Vranský¹⁾ ukázaly, že nevýhodou metod ionisačních a metod s počítačem je, že jednotlivé vady rozložené po délce krystalu se počítají, neboť registrační zařízení ukazuje statistický střed záření odraženého po celé délce krystalu, aniž by bylo patrné, že jde o vady na jednotlivých místech.

Abychom fotografické metody přiblížili výhodám metod ionisačních, pokusili jsme se odstraniti oba škodlivé činitele (vliv



Obr. 1.

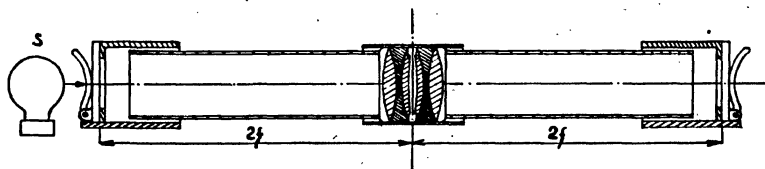
rozptýleného záření a nevýhodný obor gradace). Za účelem odstranění škodlivého vlivu rozptýleného záření použili jsme velkých vzdáleností štěrbinu—krystal—fotografická deska. Rozlišovací mohutnost a úhlová disperse zůstala ovšem stejná, ale zvýšila se disperse lineární, takže na př. při použití krystalu NaCl odlehlost čar $\text{Cu K}\alpha_{1,2}$ činila 4,5 mm a při krystalu ZnS dokonce 6,8 mm. Rozšíření vlivem rozptylu záření na desce zůstalo stejné, takže se při docilené velké dispersi neprojevovalo rušivě a rozlišitelnost čar se tím zvýšila. Když v tomto uspořádání byla studována závislost rozlišovací mohutnosti na šířce štěrbin, ukázalo se, že zatím co (vzhledem k velkým vzdálenostem) vliv rozšíření štěrbin na šířku čary se projevoval velmi zvolna, zkracovaly se velmi rychle doby expozice. Tak na př. při užití štěrbin o šířce několika setin milimetrů byly k dosažení hlavních čar $\text{Cu K}\alpha_{1,2}$ nutné expozice 2 až 3 hodin, kdežto při štěrbině několika desetin milimetru stačila expozice 3 až 5 minut (čary $\text{Cu K}\alpha_{1,2}$ byly ve vzdálenosti 6 m justovány na fluorescenčním stínítku). Naproti tomu rozlišovací mohutnost při rozšiřování štěrbin zůstala prakticky stejná a dosahovala

nejkrajnějších hodnot, jak ukázaly výsledky v dřívější naší práci.⁷⁾ Použitá aparatura je znázorněna na obr. 1.

Byl to symetrický spektrograf, kde vzdálenost štěrbiny od krystalu $\equiv \bar{SK}$ byla stejná jako vzdálenost krystalu od fotografické desky KF a činila 300 cm. Při tak velkých vzdálenostech nastávala ovšem i pro střední vlnové délky značná absorpce X-paprsků ve vzduchu. Proto bylo záření posíláno trubicemi naplněnými vodíkem. K vůli kontrole a bezpečnosti procházel slabý proud vodíku neustále trubicemi a byl zapálen u místa P . K reflexi bylo použito krystalů NaCl a ZnS, jichž velká mosaika (pro NaCl $\Delta\sigma = 60''$, pro ZnS $\Delta\sigma = 120''$) podmiňovala velkou světelnost aparatury, takže expozice k získání Cu $K\alpha_{1,2}$ obnášely 3 až 5 minut a expozice nutné k získání čar Cu $K\alpha_{3,4}$ činily pouze 3 až 4 hodiny. Tato aparatura byla tedy zvláště výhodná pro studium slabých čar. Provedli jsme měření ve skupině Cu $K\alpha$. Výsledky tohoto studia jsou sestaveny v tab. I.

Abychom také křivku gradační učinili výhodnější, užili jsme reprodukční techniky podle návrhu prof. V. Vojtěcha. Zvýšení gradace snímku cestou fotografickou bylo docíleno tímto způsobem: Snímky získané na aparatuře jsme přefotografovali ve stejné velikosti, při čemž z originálu jsme zhotovili dva negativy na fotografické desce. Oba negativy jsme přiložili vrstevami k sobě a opět přefotografovali jako originál. Negativy byly ovšem vůči sobě stočeny o 180° . Toto stočení však při spektrálních čarách nevede a někdy se tím i do jisté míry vyrovnávají určité nepravidelnosti způsobené vadami krystalu. Tento pochod lze několikrát opakovati, což zatím nebylo možno provésti. Jako objektivu k přefotografování jsme použili dvojanastigmatu o ohniskové délce $f = 13,5$ cm.

Uspořádání je patrné z obr. 2.



Obr. 2.

Již po prvním přefotografování byly získány pozitivní kopie 1. stupně, na nichž je patrné zvýšení gradace. Zatím co na originálním snímku s vybraným krystalem NaCl lze výsledky uvedené v tab. I zjistiti pouze odborným pozorováním lupou, je na kopii 1. stupně i pouhým okem dobře patrné rozlišení čar $\alpha_{3,4}$ i nová dosud neměřená čára α' . Stejně je tomu u snímků získaných krystalem ZnS, které již bohužel nebyly všechny přefotografovány.

⁷⁾ V. Dolejšek, J. Ježek, Comptes Rendus 207, (1938), 985.

Tabulka I.
Výsledky měření.

Číslo snímku	Krystal	$\alpha_2 - \alpha_1$ mm	$\Delta \lambda$ mm		Šířka čáry d λ	
			měřeno od α_1		mm	X. J.
2751	NaCl	4,5*)	4,9	4,2	0,9	0,8
			6,7	5,5		
			7,8	6,5		
			8,6	7,2		
2768	NaCl	4,5	4,8	4,0	0,9	0,8
			6,7	5,6		
			7,9	6,55		
			8,6	7,2		
2702	ZnS	6,8**)	7,0	3,9	1,2	0,7
			12,0	6,7		
2704	ZnS	6,8	7,1	4,0		
			11,8	6,6		
2705	ZnS	6,8	7,0	3,9		
			11,8	6,6		
2801	ZnS	6,8	7,0	3,9	1,4	0,8
			12,0	6,7		
			13,0	7,2		

Tabulka II.
Srovnání dosavadních výsledků v CuK α serii.

Autor	$\alpha_1 - \alpha'$	$\alpha_1 - \alpha_3$	$\alpha_1 - \alpha_4$	$\alpha_1 - \alpha'_4$	d λ X. J.	
	X. J.	X. J.	X. J.	X. J.	α_3	α_4
A. Dauvillier ⁸⁾	—	6,0	7,0	—	—	—
Dolejšek, Engelmannová 1929 ⁹⁾	—	6,15	7,1	—	—	—
Richtmyer, Taylor ¹⁰⁾	—	6,15	7,15	—	—	—
Dolejšek, Engelmannová 1932 ¹¹⁾	—	6,25	7,2	—	—	—
Naše měření	4,0	5,6	6,6	7,2	0,8	0,8
		$\Delta \lambda = 1,0$ X. J.				

*) Diference $\Delta \lambda$ ($\alpha_2 - \alpha_1$) je přesně změřena a činí 3,8 X. J.; tedy v tomto případě na 1 X. J. připadá 1,2 mm.

***) Na 1 X. J. připadá 1,8 mm.

⁸⁾ A. Dauvillier, Comptes Rendus 448, (1922), 174.

⁹⁾ V. Dolejšek, M. Engelmannová, Comptes Rendus 318, (1929), 188.

¹⁰⁾ F. K. Richtmyer, L. S. Taylor, l. c.

¹¹⁾ V. Dolejšek, M. Engelmannová, Čas. JČMF 61, (1932), 301.

Výsledky tohoto studia nediagramových čar ve skupině Cu K α přinášejí některé nové poznatky. Rozdíl $\Delta\lambda$ ($\alpha_3 - \alpha_4$) souhlasí s rozdílem dříve měřeným (t. j. činí přibližně 1 X. J.). Naproti tomu se ukazuje, že rozdíl $\alpha_1 - \alpha_3$ a $\alpha_1 - \alpha_4$ v této práci se jeví o 0,5 X. J. menší než v dřívějších pracích. Tento rozdíl, jenž odpovídá 0,6 mm, je nad meze pozorovacích chyb, které zde činí maximálně 1 až 2 desetiny X. J. Důležité je, že na krystalu soli i sfaleritu byly získány tytéž hodnoty. Bližší studium na řadě snímků ukázalo, že tento rozdíl proti dřívějším pracím je způsoben tím, že rozlišovací mohutnost uspořádání námi užitého je tak velká, že od čáry α_4 oddělila ještě určitou složku směrem ke krátkým vlnám, kterou dřívější autoři neodlišili. Výhodnost našeho uspořádání ukazuje dále skutečnost, že na snímcích je mezi čarami α_1 a $\alpha_{3,4}$ taková odlehlost, že přeexposice referenčního dubletu $\alpha_{1,2}$, které se normálně nelze vyhnouti, nevádí. To znamená, že halace při přeexposici nejen nepůsobí rušivě na dublet $\alpha_{3,4}$, nýbrž mezi α_1 a $\alpha_{3,4}$ je dobře patrna další čára, kterou lze pravděpodobně označiti za α' měřenou u nižších prvků.

Snímky se sfaleritem ukázaly neočekávaný výsledek. Nejevila se na nich čára α_3 . Dřívější autoři nemohli tohoto výsledku dosáhnouti, neboť rozdělení těchto čar nebylo nikdy tak bezpečné. V naší práci samotná šířka čáry α_4 činí 1,4 mm, což odpovídá 0,8 X. J., kdežto při uspořádání dřívějších autorů, kdy poloměr spektrografu nepřesahoval obvykle 20 cm, šířka čáry by byla 0,1 mm a celá šířka dubletu Cu K $\alpha_{3,4}$ — 2 X. J. — odpovídala 0,2 mm, naproti 4 mm v naší práci. Záměna obou čar je vyloučena, neboť jejich odlehlost činí 1,8 mm. Je tedy výsledek nalezený u použitého sfaleritu nezvratným faktem. Pokud by tento fakt příslušel všem krystalům sfaleritu (nemohli jsme již použití různých krystalů ZnS a tento zajímavý zjev dále sledovati) znamenalo by to, že vznik čar Cu K $\alpha_{3,4}$ je ovlivňován strukturou různých krystalů a že výklad těchto čar, který není dosud dosti bezpečný, je nutno hledati v krystalech. Ověření těchto faktů zatím není možné. Zbývá jen jeden málo pravděpodobný výklad, že neexistence linie α_3 při reflexi na sfaleritu je způsobena selektivní absorbcí L_{III} hrany vzácné zeminy holmia. Tato vzácná zemina se může ve sfaleritu vyskytovat. Je tedy možné, že uvedená selektivní absorpce anuluje čáru α_3 , ovšem jen v tom případě, jestliže se projeví jako absorpční čára. Kdyby se tato selektivní absorpce projevila jako normální absorpční hrana, nutně by scházela i čára α_4 .

Uspořádání použité v práci se podle výsledků ukázalo velmi slibným pro studium slabých čar u dalších prvků. Práce, která měla všechny nalezené výsledky verifikovati studiem příslušné skupiny čar u sousedního prvku Ni, nebyla zatím skončena. Výsledky docílené ve skupině Cu K α ukazují, že v tomto směru metoda

fotografická ve spojení se zvýšením gradace převyšuje citlivost i rozlišovací mohutnost dosavadních metod ionizačních i metod s počítačem.

Praha, Spektroskopický ústav Karlovy university.

*

Über die Trennung schwacher Nichtdiagrammlinien der K-Serie.

(Eine neue Methode und ihre Resultate.)

(Auszug aus dem vorstehenden Artikel.)

Es wurde der Versuch gemacht, das Auflösungsvermögen bei Feststellung schwacher Linien durch Vergrößerung der Längendispersion und Steigerung der Gradation durch Summierung mehrerer Gradationskurven zu erhöhen. Zur Steigerung der Längendispersion wurde eine Apparatur benutzt, bei der Gesamtweg der X-Strahlen 6 m betrug (dabei ging die Strahlung durch wasserstoffgefüllte Röhren, um die Absorption herabzusetzen). Zwecks Erhöhung der Gradation wurden die Aufnahmen „umfotografiert“ nach einer im Artikel angegebenen Methode.

Die Resultate bei der Cu-K-Serie zeigten, daß sich auf diese Art nicht nur das Dublett $\text{Cu K}\alpha_{3,4}$ einwandfrei trennen läßt, sondern daß auch die bisher nicht festgestellte Struktur von $\text{Cu K}\alpha_4$ und eine bis jetzt nicht beobachtete Linie α' bestimmt werden kann. Im Gegensatz zu den mit NaCl-Kristallen gewonnenen Resultaten wurde beim ZnS-Kristall einwandfrei festgestellt, daß er die Linie α_3 nicht reflektiert, obwohl alle anderen Linien mit den Resultaten an NaCl übereinstimmen. Eine befriedigende Erklärung dieser Tatsache läßt sich auf Grund der bisherigen Resultate nicht geben.

Das Gesamtergebnis zeigt, daß die fotografische Methode, wenn sie auf die angegebene Art angewandt wird, die Ionisations- und Zählermethoden übertrifft.

Kreslil V. Dolejšek a J. Ježek. Archiv JČMF.