

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Vladimír Novák

O stavbě spekter emisních. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 35 (1906), No. 4, 346--367

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121605>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1906

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>

- G. H. Bryan*: Allgemeine Grundlegung der Thermodynamik (ibid.) V. 2. 1903.
Lad. Natanson: Über die Gesetze nichtumkehrbarer Vorgänge (Zeitschrift f. phys. Chemie, 21. 1896).
A. Wassmuth: Über einige nichtumkehrbare Prozesse (Wied. Ann. 62. 1897).
P. Duhem: Die dauernden Änderungen und die Thermodynamik (řada publikací v. Z. f. ph. Ch.).
O. Wiedeburg: Wärmestoff, Energie, Entropie (Z. f. ph. Ch. 29. 1899).
L. Marchis: Sur le diagramme entropique (C. R. 132. 1901).
M. B. Brunhes: Quelques propriétés des moteurs à gaz étudiées par le diagramme entropique (Journ. de Physique, 10. 1901).
Тýч: Sur l'entropie d'un mélange gazeux en combustion (ibid.).
S. H. Burbury: On Irreversible Processes and Planck's Theory in relation thereto (Phil. Mag. 3. 1902).
K. Wesendonck: Über die Ungleichung v. Clausius und die sogenannten dauernden Änderungen (D. A. 9. 1902).
K. Wesendonck: Über einige Beziehungen des II. Hauptsatzes der Thermodynamik zur Leistung mechanischer Arbeit (Phys. Zeitschrift. 4. 1903).
K. Wesendonck: Zur Lehre von der Zerstreung der Energie. (Ph. ZS. 4. 1903).
Festschrift Ludwig Boltzmann. Leipzig. A. Barth. 1904.
K. Wesendonck: Zur Thermodynamik (D. A. 16. 1905).

O stavbě spekter emissních.

Napsal Ph. Dr. **Vladimír Novák**, professor české techniky v Brně.

(Dokončení.)

Vyskytuje-li se v trubici Geislerově vedle jednoho plynu ještě jiný a to v takovém množství, že nelze mluvit o nepatrných přimícháních, nastávají úkazy složité, o nichž na tomto místě nelze referovati. Otázku tuto studovali *Wiedemann*³⁶⁾, *Lewis*³⁷⁾ a v poslední době *Nutting*³⁸⁾ a *Waetzmann*.³⁹⁾

Ke konci tohoto odstavce budiž vzpomenuo ještě důležitých rozdílů, které při Geislerovém spektru jiskrovém nastávají při výbojích, kde lze rozeznávat anodu a katodu na elektro-

³⁶⁾ *E. Wiedemann*, Wied. Ann. d. Phys. 5. 500. 1878.

³⁷⁾ *P. Lewis*, Drud. Ann. d. Phys. 2. 447. 1900.

³⁸⁾ *P. G. Nutting*, Astrophys. J. 19. 105. 1904.

³⁹⁾ *E. Waetzmann*, Drud. Ann. d. Phys. 14. 772. 1904.

dách. Podrobně studoval tyto zjevy *Liveing*⁴⁰⁾, který shledal následující fakta. Na anodě Geislerky, plněné vodíkem při tlaku 7 mm Hg, vzniká pouze sekundární spektrum, za to katodové trsy poskytují spektrum primární. Při snižování tlaku se koncentruje zdroj, vysílající spektrum sekundární, na malé místo anody. Podobně chová se dusík. U kyslíku jest anoda tmavou, za to katoda poskytuje 3 spektra. Halové prvky mají na anodě spektrum spojitě, na katodě spektrum čárové. Páry kovů mají pouze jediné spektrum po celé trubici. Spektra kysličníku uhlíkatého a uhelnatého nejsou na obou elektrodách k rozeznání.

12. Z uvedeného jasně vysvítá daleko větší složitost spektra jiskrového proti spektru obloukovému. V spleťtém chaosu velkého množství různých fakt a pozorování vyjasňuje se poněkud cesta vedoucí k pozvolnému luštění četných závislostí a to cesta založená na srovnávání spektra obloukového a jiskrového při téže látce světelnou energii emitující. Jiskra jest momentním obloukem, a jiskrové spektrum liší se od obloukového asi těmito charakteristikami. Čáry spektra jiskrového jsou méně ostré proti čarám spektra obloukového, jsou pak čáry ve spektru jiskrovém intenzivnější a četnější v části ultrafialové nežli ve spektru obloukovém. Vyjímajíc malé vzdálenosti elektrod (několika délek světelné vlny) jest minimální potenciální difference pro jiskru asi desetkrát tak velikou jako pro oblouk. Mimo to spektra jiskrová provázena bývají spektrem atmosféry, která jiskřiště obkličuje. Jest tedy nezbytnou podmínkou pro čáry jiskrové značná potenciální difference na elektrodách; když se podobná difference na oblouku uměle vyvolá, vzniknou v oblouku též čáry jiskrové. Takoveto pokusy provedl *Crew*⁴¹⁾, který ukázal, že vlivy atmosféry, kterou se střídavý oblouk obkličí (vodíku, vody atd.), lze převést na prudké přerušování střídavého proudu.

Dalším příspěvkem k stopování zajímavého souhlasu i četných rozdílů mezi spektry obloukovými a jiskrovými jest studium spekter *Wehneltových* t. j. spekter, které poskytuje světelný úkaz patrný na aktivní elektrodě elektrolytického přerušovače *Wehnelt-*

⁴⁰⁾ *Liveing*, Nature 69. 383. 1904.

⁴¹⁾ *H. Crew*, Astrophys. J. 20. 274. 1904 a Phys. Rev. 19. 301. 1904.

tova. Spektra tato pozorovali *Wehnelt* ⁴²⁾, *Voller* a *Walter* ⁴³⁾, *Hoppe* ⁴⁴⁾, *Werner* a *Bolton* ⁴⁵⁾, *Simon* ⁴⁶⁾, *Hale* ⁴⁷⁾, *Konen* ⁴⁸⁾ v poslední době *Morse* ⁴⁹⁾. Wehneltova spektra poskytují čáry, z nichž některé nacházíme ve spektru jiskrovém, jiné pak ve spektru obloukovém. Často má spektrum Wehneltovo ráz spektra jiskrového, ale nejintenzivnější jeho čáry scházejí. Za některých podmínek vyskytují se ve spektrech Wehneltových čáry spektra jiskrového a v téže době čáry spektra plamenového. Spektrální pásma oxidů mění se u Wehneltova spektra v široké čáry jiskrové. U zinku nalezeno bylo vedle jiskrových a obloukových čar též dosud neznámé spektrum pásmové. U téhož kovu, pak u cínu a olova shledány ve spektru Wehneltově slabé čáry, které se vyskytují výhradně ve spektru jiskrovém jako široké čáry mlhavé. Reverse čar u spekter Wehneltových pozorovány nebyly.

Vlivy, kterými se mění délka vlny.

13. Pro přesná měření spektrometrická, která mají být experimentálním podkladem pro theorii stavby spekter, velice důležitý jsou ty vlivy fyzikální, kterými se způsobuje *změna délky vlny*. Budíž tu již předem řečeno, že pozorované změny v délce vlny světelné jsou *vesměs malé*, mající hodnotu svou v zlomcích jednotky Ångströmovy, tak že studium příčin, kterými se mění délka vlny světelné, vyžaduje nejpřesnějších moderních method měřicích. První, kdo určitě konstatoval změnu v délce vlny světelné, způsobenou podmínkami zdroje světelného, byl *Jewell* ⁵⁰⁾, který poukázal na neshodu mezi čarami spektra slunečního a mezi emissními čarami kovů. Za různých podmínek

⁴²⁾ *A. Wehnelt*, Wied. Ann. d. Phys. 68. 233. 1899.

⁴³⁾ *A. Voller* a *B. Walter*, ibid. 559. 1899.

⁴⁴⁾ *E. Hoppe*, Elektrot. ZS. 21. 507. 1900.

⁴⁵⁾ *Werner* a *H. Bolton*, ZS. f. Elektrochem. 9. 913. 1903.

⁴⁶⁾ *H. T. Simon*, Wied. Ann. d. Phys. 68. 860. 1899.

⁴⁷⁾ *G. Hale*, Astrophys. J. 15. 131. 1902.

⁴⁸⁾ *H. Konen*, Drud. Ann. d. Phys. 9. 742. 1902.

⁴⁹⁾ *H. W. Morse*, Astrophys. J. 19. 162. 1904.

⁵⁰⁾ *L. E. Jewell*, Astrophys. J. 3. 89. 1896.

zdroje světelného byly různé čáry spektra kovu různě posunuty oproti příslušným čarám ve spektru slunečním.

Humphreys a *Mohler* ⁵¹⁾ ukázali pak četnými měřeními, že se při těchto posunutích čar jedná o rozhodný *vliv tlaku* na délku vlny světelné. *Humphreys* ⁵²⁾ sestavil výsledky svých pozorování, jak následuje.

1. Zvětšení tlaku způsobuje u všech osamocených čar posunutí jich k červenému konci spektra. Posunutí toto jest úměrno tlaku.

2. Posunutí způsobené tlakem záleží pouze na tlaku celkovém, nikoliv pak na parciálním tlaku páry, která způsobuje emisi.

3. Posunutí čar je nezávislým na teplotě.

4. Čáry spekter pásmových se tlakem neposunují.

5. Čáry, které náležejí různým seriím, posunují se nestejně; posunutí pro čáry v serii hlavní jest vzhledem k posunutí u čar serií vedlejších (první a druhé vedlejší) v poměru čísel 1 : 2 : 4.

6. Mezi posunutím čar u spekter různých prvků jeví se četné souvislosti. Tak na př. podobné čáry u různých prvků posunují se tím více, čím menší jsou absolutní body tavení příslušných prvků. Posunutí u analogických čar prvků téže skupiny (soustavy Mendělejevovy) jsou v přímém poměru třetích odmocnin příslušných hmot atomových. Posunutí u analogických čar prvků jsou periodickou funkcí atomické hmoty.

V novější práci doplnil *Humphreys* ⁵³⁾ uvedené výsledky v některých případech až do tlaku 300 atmosfér. Také práce jiných pozorovatelů, z nichž uvedeny buďtež *Huff* ⁵⁴⁾, *Hale* ⁵⁵⁾ a *Kent* ⁵⁶⁾, potvrdily úplně rozhodný vliv celkového tlaku, jemuž podléhá emitující plyn, na délku vlny světelné.

Huff ⁵⁴⁾ a *Haschek* ⁵⁷⁾ soudili z některých svých pozorování, že také změna *hustoty* plynu nebo páry emitující může

⁵¹⁾ *W. J. Humphreys* a *J. F. Mohler*, *Astrophys. J.* 3. 114. 1896.

⁵²⁾ *W. J. Humphreys*, *Astrophys. J.* 6. 169. 1897.

⁵³⁾ *W. J. Humphreys*, *Phys. Rev.* 19. 300. 1904.

⁵⁴⁾ *W. B. Huff*, *John Hopkins University Circulars* 20. 77. 1901.

⁵⁵⁾ *G. Hale*, *Astrophys. J.* 15. 132. 1902.

⁵⁶⁾ *G. E. Hale* a *N. A. Kent*, *Astrophys. J.* 17. 154. 1903.

⁵⁷⁾ *E. Haschek*, *Wien. Ber.* 111. (IIa). 232. 1902.

způsobiti změnu v délce vlny. Novější práce však tomuto výsledku odporují a poukazují k tomu, že dřívější pozorovatelé nesprávně vykládali asymmetrické rozšíření některých čar spektrálních, které při větší hustotě páry nastane.

14. Vedle tlaku, kterému emitující páry podléhají, rozhodují o určitosti délek vlny *podmínky elektrické*, jichž vliv vystupuje zvláště zřejmě při spektrech *jiskrových*. Tak jako na intenzitu a rozšíření čáry spektrální má veliký vliv samoindukce v kruhu výbojovém, tak také se ukazuje vliv samoindukce v posunutí čary, ve změně délky vlny. *Kent*⁵⁸⁾ shledal vedle posunutí způsobeného samoindukcí, menší posunutí, která nastala vložením odporu, vsunutím impedance nebo kapacity do kruhu výbojového. Největší posunutí byla pouze několik setin jednotky Ångströmovy. *King*¹²⁾ potvrdil tyto výsledky a ukázal tím, jak důležitě jest udávati při přesných měřeních spektrálních všechny elektrické podmínky jiskrového výboje kvantitativně; jinak není možno výsledků takových ani srovnávati. tím méně pak užívati jich jako základu pro měření absolutní. Pěkným dokladem uvedeného jest zdánlivý nesouhlas mezi měřeními, jež o červené a zelené čáře kadmiové provedli jednak *Michelson a Benoit*, jednak *Hamy*. *Hamy* našel pro poměr délek vln červené čáry kadmia 6438 \AA a zelené čáry 5086 \AA číslo 1·2659449, naproti tomu *Michelson a Benoit* číslo 1·2659644. Nesouhlas podařilo se úplně vyložití *Fabrymu*⁵⁹⁾, který rozložil interferometrem zelenou čáru kadmiovou 5086 \AA na tři složky a ukázal, že při *Hamyho* uspořádání, kde emise povstávala v trubici bez elektrod, bylo viděti pouze složku *třetí*, kdežto při uspořádání ostatních dvou pozorovatelů, kde užito trubice s aluminiovými elektrodami, měřena složka *druhá*. *Fabry* určil rozdíl obou složek číslem 0·076 \AA , rozdíl hořejších poměrů odpovídá pak číslu 0·078 \AA .

II

Zákonitosti ve spektrech emissních.

15. V oddílu předešlém vylíčeny byly podmínky, na kterých záleží emise zdrojů světelných. Spektrální pozorování a měření

⁵⁸⁾ *N. A. Kent*, *Astrophys. J.* 17. 286. 1903.

⁵⁹⁾ *Ch. Fabry*, *Astrophys. J.* 19. 116. 1904.

záleží však nejen na povaze zdroje světelného, ale i na tom, jakým zařízením spektrálním se pozoruje a je-li zdroj světelný vzhledem k ostatnímu zařízení pozorovacímu v relativním klidu. O těchto zvláštních podmínkách v článku tomto jednáno nebude a to proto, že lze jednak zaručiti relativní klid zdroje a zařízení pozorovacího, jednak lze absorpční vlivy spektrálních zařízení tak značně redukovati, že v otázce stavby spekter na váhu nepadají. O jedné důležité okolnosti však, která souvisí se spektrálním zařízením a methodou pozorovací budiž tu učiněna zmínka. U různých spektrálních zařízení a při různých methodách pozorovacích jsou *různé meze* pozorování, tak že lze příslušné zákony stavby spekter některými pozorováními kontrolovati podrobněji než pozorováními méně přesným. Po této stránce nebude v dalším přihlíženo k výsledkům získaným pomocí interferometrů, jimiž konstatována je složitost mnohých, t. zv. jednoduchých čar spektrálních; důvodem tohoto opomenutí jest nepropracovanost tohoto oddílu spektroskopie, v němž zatím konstatována jsou pouze ojedinělá fakta.

V dalším pojednáno bude napřed o zákonitostech ve spektrech čárových, v druhém odstavci o spektrech pásmových.

16. *Zákonitosti spekter čárových.* Množství emissních čar mnohých prvků je tak veliké, že první pohled na spektrum nebo jeho fotografii poučuje spíše o složitosti a nahodilosti čar spektrálních než o pravidelném jich rozdělení. Pravidelnost rozdělení čar spektrálních vychází teprve tehdy na jevo, když se některé čáry z celku sestaví ve zvláštní *řady*. Tak poznal Mascart⁶⁰⁾ již r. 1868, že ve spektru natria jest šest párů čar stejnoměrně rozdělených a že podobně ve spektru magnesia se určitá skupina tří čar opakuje ještě dvakrát. Velice důležitý objev učinil rok na to Stoney⁶¹⁾, jenž upozornil na jednoduchý vztah mezi délkami vln pro vodíkové čáry H_{α} , H_{β} a H_{δ} . Kmitočty těchto čar jsou 152368, 205698 a 243792⁶²⁾ čili $7618\cdot4 \times 20$, $7618\cdot4 \times 27$ a $7618\cdot5 \times 32$, t. j. jsou to 20., 27. a 32. svrchní tón základního kmitočtu 7618·5. Objev Stoneyův byl příčinou

⁶⁰⁾ E. Mascart, C. R. 69. 37. 1869.

⁶¹⁾ G. J. Stoney, Phil. Mag. (4) 41. 291. 1871.

⁶²⁾ Čísla tato jsou počítána z délek vln obsažených v »Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen« 3. vyd. Berlin 1905 pag. 618.

četných pátrání po *harmonických* kmitech v jednotlivých spektrech, která však nevedla k cíli. Za to však osvědčilo se *vyjádření druhů světelných kmitočtem* po jiné stránce. *Hartley*⁶³⁾ (1882) povšiml si těch čar ve spektrech prvků, které se vyskytují jako *dublety* a *triplety* (čáry dvojité a trojité) a shledal, že rozdíly kmitočtů takovýchto složek jsou pro určitou řadu čar veličinou stálou. O důležitém tomto zákonu, který byl pozdějšími, přesnějšími měřeními úplně potvrzen, stane se ještě zmínka.

17. Studium spektra vodíku, který jako plyn nejmenší atomové hmoty nejspíše může se prokázat jednoduchými výsledky spektrálními, vedlo r. 1885 k dalšímu důležitému vztahu, který odkryl *Balmer*⁶⁴⁾. V tab. č. 1. sestaveny jsou delky vlny pro spektrum vodíku, vedle těchto příslušné kmitočty n , v třetím sloupci zlomky tvaru $\frac{m^2}{m^2 - 4}$, kde m postupně nabývá hodnot 3, 4, 5 atd., a konečně součiny $n \cdot \frac{m^2}{m^2 - 4}$.

Tabulka č. 1. Spektrum vodíku. Zákon Balmerův.

λ	$n = \frac{1}{\lambda}$	$\frac{m^2}{m^2 - 4}$	$n \frac{m^2}{m^2 - 4}$
6563·04	152368	9 : 5	27426·3
4861·49	205698	16 : 12	27426·5
4340·66	230380	25 : 21	27426·2
4101·85	243792	36 : 32	27426·7
3970·25	251874	49 : 45	27426·2
3889·15	257126	64 : 60	27426·7
3835·60	260716	81 : 77	27425·9
3798·00	263297	100 : 96	27426·7
3770·70	265203	121 : 117	27427·0
3750·15	266656	144 : 140	27427·5
3734·54	267779	169 : 165	27426·2
3722·04	268670	196 : 192	27426·6
3712·14	269386	225 : 221	27426·2

⁶³⁾ *W. N. Hartley*, Phil. Mag. (5) 31. 359. 1891.

⁶⁴⁾ *J. J. Balmer*, Wiedem. Ann. 25. 80. 1885.

Z této tabulky plyne platnost *zákona Balmerova*, kterému *Evershed*⁶⁵⁾ (1901) dal tvar

$$\lambda = \frac{1}{c} \frac{m^2}{m^2 - 4}.$$

Střední hodnota konstanty c jest z uvedených pozorování dána číslem

$$27426\cdot5,$$

jež se změní pouze na posledním místě, užije-li se všech měření *Evershedových*, jež se prostírají až ku $m = 31$. Ze vzorce *Balmerova* plyne okamžitě výsledek *Stoneyův*, neboť jest

$$\frac{9}{5} : \frac{16}{12} : \frac{36}{32} = \frac{36}{20} : \frac{36}{27} : \frac{36}{32} = \frac{1}{20} : \frac{1}{27} : \frac{1}{32}.$$

18. Vzorec *Balmerův* stal se přirozeně východiskem pro zkoumání podobné závislosti číselné ve spektrech ostatních prvků. Hlavních zásluh o rozšíření zákona *Balmerova* na ostatní prvky získali sobě *Runge*⁶⁶⁾, *Kayser*⁶⁷⁾ a *Rydberg*⁶⁸⁾. Dle výsledků prací těchto pozorovatelů možno jest dělití čárová spektra prvků ve *dva druhy*. Spektra *prvého* druhu charakterisována jsou *dublety* po př. *triplety* čar, které lze seřaditi v řady *limitující k určitému kmitočtu*. Spektra *druhého* druhu nemají ani dubletů ani tripletů, lze tu však kmitočty sestaviti v *soustavu* řad a sloupců s *konstantními rozdíly* jak v sloupcích tak řádkách.

K *prvému* druhu spekter patří prvky:

[*H, Li, Na, K, Rb, Cs*]; [*Cu, Ag, Au*]; [*Mg, Ca, Sr, Ba, Ra*]; [*Zn, Cd, Hg*]; [*Al, Ju, Tl*]; [*O, S, Se*].

K *druhému* druhu spekter patří prvky

Pb, As, Sb, Bi, Ar.

⁶⁵⁾ *J. Evershed*, Phil. Trans. 197. A. 381. 1901.

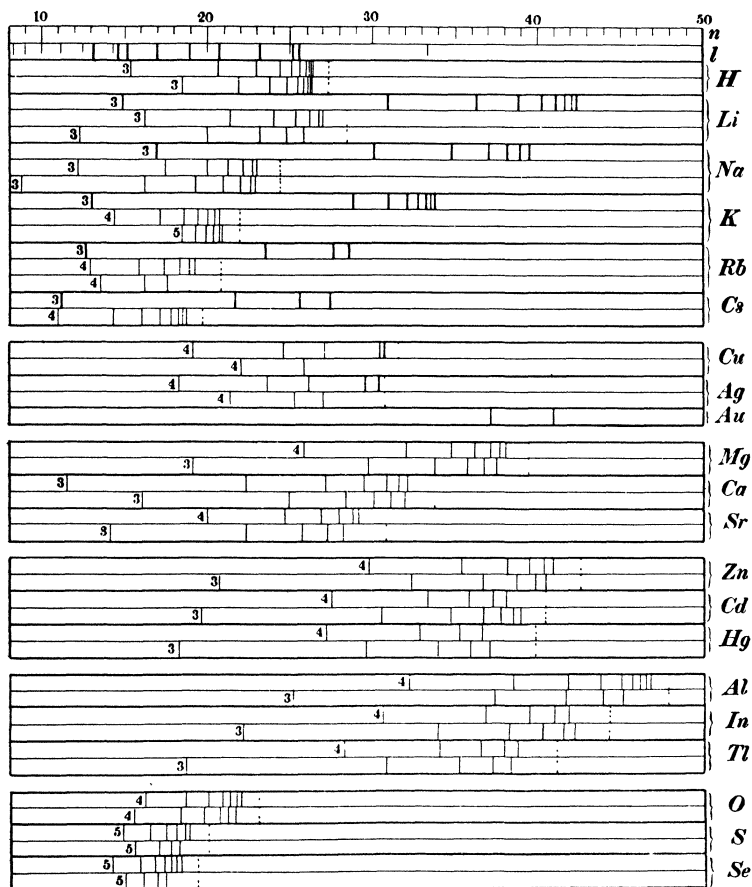
⁶⁶⁾ *C. Runge*, Rep. Brit. Ass. 576. 1888.

⁶⁷⁾ *H. Kayser* a *C. Runge*, Abhandl. d. Berl. Akad. 1888, 89, 90, 91, 93, 94, 97 a ve Wied. Ann. 41. 302. 1890; 43. 384. 1891; 46. 225. 1892, 48. 126. 1893; 50. 293. 1893; 52. 93. 1894.

⁶⁸⁾ *J. R. Rydberg*, Phil. Mag. (5) 29. 331. 1890.

J. R. Rydberg, »La Distribution des Raies Spectrales« v Rapports prés. au Congrès International de Physique II. 200. 1900 (kdež jest podrobná literatura do r. 1900).

Ve spektrech prvního druhu, jež naznačena jsou pro vyjmenované prvky v obr. 1., možno rozeznati *trojí serie čar*, podobným zákonem vytvořených. Serie *hlavní*, čili *primární (P)* sestává



Obr. 1.

z intenzivních *dubletů* resp. *tripletů*, které se *kmitočty svými blíží k určité limitě*. Čáry této serie vyznačeny jsou na obr. 1. silně vytaženými liniemi umístěnými v první řádce toho kterého

prvku na pravo označeného. Vzhledem k tomu, že měřítko výkresu je malé, splývají dublety, resp. triplety v jedinou čáru.

Ostatní dvě řady čar slují *vedlejší*, jichž dublety, resp. triplety jsou méně intenzivní proti analogickým čarám serie primární, mimo to čáry obou serií vedlejších *limitují* ke *zvláštní* oběma těmto seriím *společné hodnotě kmitočtu*.

Tato limita jest v obr. 1 vyznačena čarou tečkovanou. Vedlejší serie rozeznávají se povahou komponent svých dubletů resp. tripletů. U *první* serie vedlejší *D* (serie čar „mlhových“ („nébuleuses“) jsou první dvě komponenty tripletu, resp. první komponenta dubletu čarami složitými, *druhá* serie vedlejší *S* (serie čar „úzkých“ „étroites“) vyznačena jest dublety a triplety s konstantní diferencí v kmitočtu (zákon Hartleyův, viz 16.).

19. Zákon, kterým kmitočty jednotlivých řad postupují, snažili se různí pozorovatelé různě upravit, aby se daným pozorováním nejlépe vyhovělo. Původní forma Rungeova z r. 1888 byla

$$n = \frac{1}{\lambda} = a + bm^{-1} + cm^{-2},$$

resp. $n = a_1 + b_1m^{-2} + c_1m^{-4},$

kde $m = 1, 2, 3$ atd.

Rydberg zavedl (1890) formuli

$$n = A - \frac{B}{(m - \mu)^2},$$

kde konstanta A měla význam limitního kmitočtu. Vzorec Balmerův lze psát ve tvaru

$$n = 109675 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right),$$

tak že srovnáním se vzorcem předešlým nabývá konstanta B *všeobecného významu* a určité hodnoty

$$B = 109675$$

pro *všechny prvky*.

Má-li být důležitý výsledek tento podržen, nutno ještě rozšířiti vzorec *Rydbergův* způsobem, který naznačil *Ritz*⁶⁹).

⁶⁹) *W. Ritz*, *Drud. Ann. d. Phys.* 12. 264. 1903.

Dle Ritze vyhovuje hlavní řadě kmitočtu všech prvků vzorec:

$$n = A - \frac{109675}{\left(m + a + \frac{b}{m^2}\right)^2} \text{ pro } m = 2, 3, 4 \dots$$

Podobný vzorec platí též pro prvou serii vedlejší. Druhá serie vedlejší řídí se pak vzorcem

$$n = A - \frac{109675}{\left(m + \frac{1}{2} + a' + \frac{b'}{(m + \frac{1}{2})^2}\right)^2}$$

Abý bylo možno posouditi, jak přesně vyhovuje Ritzův vzorec pozorováním, sestaveny jsou v tabulce 2. spektrální čáry hlavní serie lithia a to tak, že vedle řadového čísla m udány jsou měřené délky vlny λ , vedle nich kmitočty n a počítaný kmitočty n^* ze vzorce Ritzova a velikost rozdílů $n^* - n$.

Tabulka č. 2. Spektrum lithia.

m	λ	n	n^*	$n^* - n$
2	6708·2	14903·1	14904·6	+ 1·5
3	3232·77	30924·4	30926·0	+ 1·6
4	2741·39	36467·3	36468·2	+ 0·9
5	2562·60	39011·5	39013·1	+ 1·6
6	2475·13	40390·0	40387·8	- 2·2
7	2425·55	41215·5	41214·2	- 1·3
8	2394·54	41749·3	41748·8	- 0·5
9	2373·9	42112·0	42114·5	+ 2·5
10	2359·4	42370·7	42375·6	+ 4·9

Príslušné konstanty, dle nichž počítáno, jsou

$$a = 0\cdot04751; \quad b = 0\cdot0261; \quad A = 43482\cdot8.$$

Z výsledků tab. 2. patrně, že souhlas mezi pozorovanou a vypočtenou hodnotou jest úplně uspokojivý. Největší rozdíl

vyskytuje se v pozorování posledním a obnáší v délce vlny pouze 0.22 \AA čili asi 0.01% .

20. Z rovnice Rydbergovy, resp. Ritzovy plyne okamžitě zákon o differencech kmitočtů pro druhou serii vedlejší. Tvoří-li se difference kmitočtů složek tripletů, jsou tyto difference stálými, neboť pro tyto složky určitého tripletu rovnice, v nichž konstanty a' a b' jsou ve všech třech rovnicích tytéž, tak že rozdíly jsou dány rozdílem konstant

$$A - A_1; \text{ resp. } A_1 - A_2.$$

Příkladem tohoto zákona buďtež triplety druhé serie vedlejší ze spekter Cd a Zn , jež sestaveny jsou v tabulce 3.

Tabulka č. 3. Spektra kadmia a zinku.

Prvek	λ		n		A	
	$m = 3$	$m = 4$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 3$	$m = 4$
Cd	5086.06	3252.63	19661.1	30744.4		
	4800.09	3133.29	20833.0	31915.3	1171.9	1170.9
	4678.37	3081.03	21375.0	32456.7	542.0	541.4
Zn	4810.71	3072.19	20787.0	32550.1		
	4722.26	3035.93	21176.2	32938.8	389.2	388.7
	4680.38	3018.58	21365.8	33129.0	189.6	190.2

Z differencech kmitočtů složek, uvedených v posledních dvou sloupcích tabulky, zřejmo jest potvrzení zákona *Hartleyova*. Mimo to patrné, že difference prvých dvou složek tripletu jsou přibližně dvakrát tak veliké jako difference složky druhé a třetí.

Serie čar mlhových prvé serie vedlejší vyznačují se, jak již dříve zmíněno, složitostí prvých dvou složek tripletů, resp. první čáry dubletů. O differencech stejnohlých komponent těchto složek platí též zákon *Hartleyův*. Příkladem buďtež první dva tripletu ($m = 3, 4$) první vedlejší serie spektra Cd . (Viz tab. č. 4.)

Tabulka č. 4. Vedlejší serie ve spektru kadmia.

m	n_1	$n_2 - n_1$	n_2	$n_3 - n_2$	n_3
3	27665·7	1171·4	28837·1	542·4	29379·5
	27677·5	1171·5	28849·0	—	—
	27695·8	—	—	—	—
4	33534·4	1171·7	34706·1	542·3	35248·4
	33540·6	1171·0	34711·6	—	—
	33548·6	—	—	—	—

Srovnáním diferencí kmitočtů stejnohlých složek s tabulkou č. 3. vychází na jevo *stálost těchto diferencí* pro oba systémy čar P a D .

21. Další zákon — Rydbergův — odvoditi lze ze vzorce Ritzova, uvedeme-li jej pro hlavní serii ve tvar

$$\frac{n}{109675} = \frac{1}{\left(m + a + \frac{b}{m^2}\right)^2} - \frac{1}{\left(1.5 + a' + \frac{b'}{1.5^2}\right)^2},$$

a pro druhou serii vedlejší ve tvar

$$\frac{n}{109675} = \frac{1}{\left(2 + a + \frac{b}{4}\right)^2} - \frac{1}{\left(m + a' + \frac{b'}{m^2}\right)^2}.$$

Z rovnic těchto okamžitě plyne, že kmitočty první čáry serie hlavní rovná se rozdílu limitních kmitočtů serie hlavní a serie vedlejší. Z tohoto zákona plyne snadné určení limitního kmitočtu serií hlavních ze známého limitního kmitočtu serie vedlejší a z kmitočtu první čáry hlavní.

22. V tabulce č. 5. sestaveny jsou tyto limitní kmitočty serií hlavních (P_∞) a serií vedlejších (D_∞) a to vedle atomových hodnot a . Mimo to připsány jsou hodnoty atomových objemů v , hodnoty redukovaných objemů atomových v^* , jich logaritmy, jakož i logaritmy D_∞ .

Tabulka č. 5. Limitní kmitočty a objem atomový.

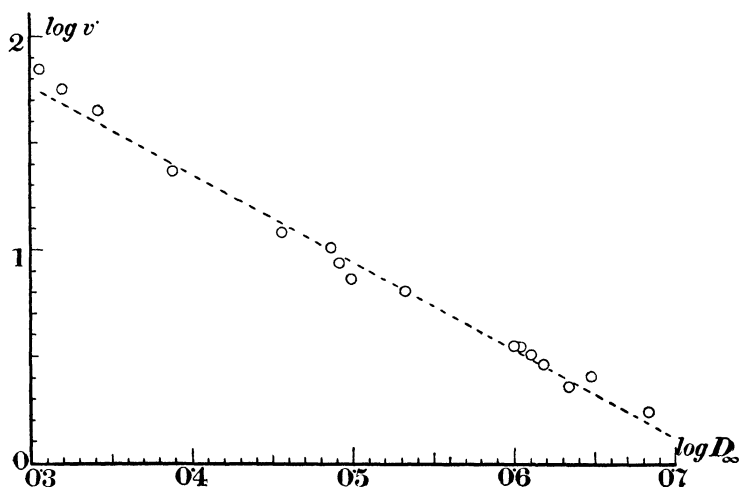
Prvek	P_{∞}	D_{∞}	a	$v = \frac{a}{s}$	v	$\lg v^*$	$\lg D_{\infty}$
<i>Cs</i>	31398	20228	133	70·7	70·7	1·849	0·305
<i>Rb</i>	33685	20877	85·4	56·2	56·2	1·750	320
<i>K</i>	35005	22024	39·2	45·0	45·0	1·653	342
<i>Na</i>	41445	24472	23·1	23·6	23·6	1·373	389
<i>Li</i>	43483	28580	7·0	11·9	11·9	1·076	456
<i>Ag</i>	61100	30621	107·9	10·2	10·2	1·009	486
<i>Cu</i>	—	31553	63·6	7·2	7·2	0·857	498
<i>Sr</i>	65100	31034	87·6	34·5	8·62	0·936	491
<i>Ca</i>	70300	33999	40	25·5	6·37	0·804	532
<i>Mg</i>	76400	39789	24·4	14·0	3·50	0·544	600
<i>Hg</i>	126000	40159	200·3	13·9	3·48	0·542	603
<i>Cd</i>	120700	40706	112	12·9	3·22	0·508	610
<i>Zn</i>	115000	42880	65·4	9·0	2·25	0·352	633
<i>Tl</i>	132000	41470	204·1	17·3	2·89	0·461	618
<i>In</i>	—	44450	115	15·3	2·25	0·407	648
<i>Al</i>	—	48160	27·1	10·4	1·73	0·238	683

Jak patrně z tabulky č. 5. lze sestavit chemicky příbuzné prvky ve tři skupiny a to v každé dle stoupající hodnoty limitního kmitočtu D_{∞} (přibližně též dle stoupajícího kmitočtu P_{∞}). V každé skupině pro sebe klesá s tímto stoupajícím kmitočtem atomový objem, t. j. poměr atomové hmoty k hmotě specifické. Redukuje-li se tento objem v skupině druhé na čtvrtinu a v skupině třetí na šestinu a vyhledají-li se k těmto hodnotám logaritmů, pak souvisí tyto logaritmů s logaritmů D_{∞} zákonem přímky. Tento zákon uveřejnil r. 1904 Reinganum ⁷⁰⁾. Správnost

⁷⁰⁾ M. Reinganum, Phys. Zts. 5. 302. 1904.

jeho patrna jest z diagramu č. 2., kde $\log D_\infty$ kreslen jako abscissa a $\log v^*$ jako ordinata.

23. Podobná souvislost spekter a chemických vlastností prvků ukázala se též mezi *diferencí* kmitočtů dubletů a *hmotou atomovou*. Nejlépe zákon tento formulovali *Runge s Prechtem*⁷¹⁾ a to větou následující.



Obr. 2.

V každé skupině chemicky příbuzných prvků postupují atomové hmoty jako určitá mocnina vzdálenosti dvou spektrálních čar, jež jsou homologickým párem. V tabulce číslo 6. sestaveny jsou hodnoty těchto diferencí pro páry na počátku serií se vyskytujících, z nich počítány jsou hodnoty střední, k nim pak připsány logaritmy těchto hodnot jakož i logaritmy hmot atomových. V prvním sloupci jest označení příslušného prvku.

⁷¹⁾ C. Runge a J. Precht, Phil. Mag. (6) 5. 476. 1903.

Tabulka č. 6. *Difference kmitočtů a hmota atomová.*

Prvek	Serie hlavní		I. serie vedl.		II. serie vedl.		stř. diff.	\log <i>diff.</i>	$\log a$
	dublet	diff.	dublet	diff.	dublet	diff.			
Na	16960·2		17580·1		16230·7				
	16977·4	17·2	17596·7	16·6	16248·0	17·3	17·03	1·231	1·363
K	12988·2		14411·7		. . .				
	13045·3	57·1	14469·3	57·6	. . .		57·35	1·759	1·593
Rb	12577·9		. . .		13502·2				
	12810·7	232·8	. . .		13741·9	239·7	236·2	2·373	1·932
Cs	11173·3		10855·6		. . .				
	11726·5	553·2	11407·6	552·0	. . .		552·6	2·742	2·124

Z čísel posledních dvou sloupců tab. č. 6. sestaven jest diagram 3. a to tak, že logarithmus atomové hmoty nanesen jako úsečka, logarithmus střední difference kmitočtů pak jako pořadnice.

Z diagramu čís. 3. patrna jest platnost zákona Runge-Prechtova. Prodloužíme-li přímku až k abscisse, která udává logarithmus atomové hmoty lithia (t. j. $\log a = 0\cdot847$), pak vychází pro dublet lithia (prvku s předešlymi chemicky příbuzného) limitová difference asi 1·6 čili rozdíl v délce vlny pouze 0·1 Å . Kayser udává pak pro příslušnou čáru lithia chybu větší než 0·2 Å , tak že i po této stránce splnutí dubletů v čáry jednoduché u lithia jest úplně vysvětleno.

Vyhledáme-li z diagramu č. 3. sklon přímky, jest tento určen

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta \log \text{diff.}}{\Delta \log a} = \frac{2\cdot74}{1\cdot37} = 2,$$

tak že

$$\log \text{diff.} = \log a^2 + B,$$

čili

$$\text{diff.} = \text{konst.} \cdot a^2.$$

Tato úměrnost s druhou mocninou atomové hmoty platí však pouze pro volenou třídu prvků.⁷²⁾

⁷²⁾ Srovnej s tím práce: *M. Watts*, *Phil. Mag.* (6) 5. 203. 1903; *ibid.* 6. 64. 1903. *ibid.* (6) 8. 279. 1904. a *C. Runge* *ibid.* (6) 6. 698. 1903.

Soustava tato je charakterisována zákony *Rydbergovými*, které lze psát ve tvaru

$$a_{pq} - a_{p1} = konst \text{ (pro } q = konst; p = 1, 2, 3 \dots \text{),}$$

$$a_{pq} - a_{1k} = konst \text{ (pro } p = konst; q = 1, 2, 3 \dots \text{).}$$

K ilustraci těchto zákonů sestavena jest tabulka č. 7., jež obsahuje kmitočty pro červené čáry argonu dle měření Kayser-Rungeových, resp. Eder-Valentových.

Tabulka č. 7. Kmitočty červených čar argonu.

a_{p1}	$a_{p2} - a_{p1}$	a_{p2}	$a_{p3} - a_{p1}$	a_{p3}	$a_{p4} - a_{p1}$	a_{p4}	
21265·3	846·9	22112·2	1649·6	22914·9	2256·8	23522·1	a_{1q}
339·4	.	.	.	339·6	.	339·5	$a_{2q} - a_{1q}$
21604·7	...	...	1649·8	23254·5	2256·9	23861·6	a_{2q}
491·8	.	491·3	.	491·7	.	491·5	$a_{3q} - a_{1q}$
21757·1	846·4	22603·5	1649·5	23406·6	2256·5	24013·6	a_{3q}
524·0	.	...	.	523·9	.	523·8	$a_{4q} - a_{1q}$
21789·3	...	...	1649·5	23438·8	2256·6	24045·9	a_{4q}
903·5	.	...	.	903·5	.	...	$a_{5q} - a_{1q}$
22168·8	...	...	1649·6	23818·4	...	...	a_{5q}
1748·0	.	1747·5	.	1748·1	.	...	$a_{6q} - a_{1q}$
23013·3	846·4	23859·7	1649·7	24663·0	...	...	a_{6q}
1800·1	.	1799·8	.	1800·7	.	1800·1	$a_{7q} - a_{1q}$
23065·4	846·6	23912·0	1650·2	24715·6	2256·8	25322·2	a_{7q}
1809·6	.	1809·1	.	1809·6	.	1809·5	$a_{8q} - a_{1q}$
23074·9	846·4	23921·3	1649·6	24724·5	2256·7	25331·6	a_{8q}
2211·7	.	...	.	2211·9	.	...	$a_{9q} - a_{1q}$
23477·0	...	...	1649·8	25126·8	...	...	a_{9q}

25. *Zákonitosti ve spektrech pásmových.* Spektra pásmová jsou v podstatě své spektry čárovými, při nichž však zvláště při menší dispersi hromadí se jednotlivé čáry k určitému místu,

t. z. *hraně* pásma. Tato hrana jest nejjasnějším místem pruhu prostoupeného četnými čarami, jichž intensity směrem od oné hrany ubývá. Jednotlivá pásma spektra pásmového tvoří *skupiny* pásem, které jeví touž charakteristiku, kterou jsou jednotlivá pásma vyznačena. Příkladem budiž spektrum *cyanu*, které sestává ze 4 skupin pásem. Tab. čís. 8. ukazuje kmitočty *hran* jednotlivých pásem v oněch čtyřech skupinách se vyskytujících.

Tabulka č. 8. *Pásmové spektrum cyanu.*

I. skupina	diff.	II. skupina	diff.	III. skupina	diff.	IV. skupina	diff.
21711		23719		25747		27855	
21844	133	23827	108	25826	79	27886	31
21963	119	23917	90	25893	67	27902	16
22065	102	23993	76	25940	47		
22148	83	24050	57				
22212	64						

V tabulce č. 8. obsaženy jsou mezi jednotlivými skupinami difference kmitočtů hran v jednotlivých skupinách. Hledáme-li druhé difference pak v daném případě, obdržíme jako střední hodnoty čísla tato 17, 17, 16, 15, tedy čísla *stálá*.

Tímto výsledkem prozrazuje se jeden z klassických zákonů *Deslandresových*. *Tři zákony Deslandresovy*⁷³⁾ lze vyjádřiti těmito větami:

1. Pásmo spektra pásmového lze rozložit na řady čar, jichž kmitočty tvoří arithmetickou řadu.
2. Vychází-li od téže hrany několik serií čar, jsou tyto serie identické, navzájem pouze posunuty.
3. Hrany spektra pásmového lze seřaditi v serie, jichž kmitočty tvoří řadu arithmetickou. Takovéto řady obsahují vždy jednu hranu z každé skupiny pásmové: řady tyto jsou identické, vzájemně pouze posunuté.

⁷³⁾ H. Deslandres, C. R. 100. 1256. 1886; *ibid.* 103. 375. 1886; 104. 972. 1887 a 106. 842. 1888.

První zákon Deslandresův lze psáti vzorcem

$$n = a + Am^2, \text{ kde } m = 1, 2, 3 \dots$$

a kde a značí kmitočet hrany.

Podobně vyjádřen jest *třetí zákon* o seriích hran vzorcem

$$n = C + Bp^2, \text{ kde } p = 1, 2, 3 \dots$$

Oba zákony lze spojití jedním výrazem

$$n = Am^2 + Bp^2 + C,$$

z něhož variací veličiny C plyne též *druhý zákon* Deslandresův. *Deslandres* ⁷⁴⁾ novějšími pracemi ukázal další zákonitosti v konstantách A , B , C , tak že lze všeobecně všechny tři zákony vyjádřiti vzorcem

$$n = f(p^2q^2) m^2 + Bp^2 + \varphi(q^2),$$

kde p , q a m jsou čísla celá.

Zákony Deslandresovy podrobeny četným zkouškám na základě důkladných měření spekter pásmových. *Kayser* a *Runge* ⁷⁵⁾ shledali je potvrzeny u spektra *cyanu* asi do 60. čáry prvního pásma. *Cuthberson* ⁷⁶⁾ našel souhlas těchto zákonů ve spektru *dušiku*. Naproti tomu *Loos* ⁷⁷⁾ shledal stavbu pásem ve spektru CO_2 mnohem složitější než jaká plyne ze zákonů Deslandresových. *Lanwartz* ⁷⁸⁾ potvrdil zákony Deslandresovy v pásmovém spektru *aluminia* jen pro $m = 1$ až 50. *Jungbluth* ⁷⁹⁾ proměřil znovu spektrum *cyanu* a shledal možnost sestaviti čáry v serie Deslandresovy. Další potvrzení pochází od samého *Deslandresa* ⁸⁰⁾, který s *Kannapellem* proměřil jiskrové spektrum *vzduchu* a to ve *třetí* skupině pásem mezi 3000—2000 Å. Naproti tomu *Meyerheim* ⁸¹⁾ fotografoval pásmové spektrum *rodných par* a našel v něm značné odchylky od zákonů Deslandresových. Ve-

74) *H. Deslandres*, C. R. 134. 747. 1902, ibid. 137. 457. 1904; 138. 317. 1904.

75) *H. Kayser* a *C. Runge*, Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1889.

76) *C. Cuthberson*, Phil. Mag. (6) 3. 348. 1902.

77) *J. Loos*, Zt. f. wiss. Phot. 1. 151. 1903.

78) *J. Lanwartz*, Zt. f. wiss. Phot. 1. 160. 1903.

79) *J. Jungbluth*, Astrophys. J. 20. 237. 1904.

80) *H. Deslandres* a *H. Kannapell*, C. R. 139. 584. 1904.

81) *P. Meyerheim*, Zt. f. wiss. Phot. 2. 131. 1904.

lice zajímavé potvrzení svých zákonů shledal *Deslandres*⁸²⁾ ve spektrech plynů tak zředěných, že v prostoru trubice Geislerovy povstávaly *paprsky katodové*. Shoda nalezena u *vzduchu, dusíku, kyslíčnicku uhličitého a uhelnatého* a u některých *uhlovodíků*. Autor vykládá tento výsledek značnou *ionisací zředěných plynů způsobenou paprsky katodovými*.

Všecky práce právě uvedené dokazují nesporně, že zákony *Deslandresovy* platí jen pro *začáteční část* pásem, že pak úchytky od těchto zákonů vystupují v hodnotách tím větších, čím více se pozorování vzdaluje od hran pásma.

Po této stránce velice pozoruhodnou jest práce, kterou uveřejnil o stavbě spekter pásmových *Thiele*⁸³⁾. *Thiele* vychází od rovnice

$$\lambda = f \{ (m + c)^2 \}$$

a nalézá jako nejjednodušší výraz pro délku světelné vlny vzorec

$$\lambda = \frac{p_0 + p_1(n + c)^2 + \dots + p_r(n + c)^{2r}}{q_0 + q_1(n + c)^2 + \dots + q_r(n + c)^{2r}}$$

jest pak veden ku závěru, který se značně přičí zákonům *Deslandresovým*. Dle *Thieleho* mají pásma nejenom *hranu začáteční* (hranu), ale i *hranu konečnou* („ohon“), t. j. čáry v jednotlivé serii se nevzdalují stále víc a více od sebe, ale jen do určitého maxima. Od tohoto maxima nastává sblíživání se čar až ku dosažení „ohonu“ pásma. Zajímavý tento výsledek *Thielův* potvrzen byl pozorováním *Kingovým*⁸⁴⁾ a *Jungbluthovým*⁸⁵⁾ ve spektru *cyanu*.

26. Co se týče vztahů spekter pásmových s chemickou povahou sloučenin, které je emitují, existují (1906) jednotlivá fakta, která však nelze dosud shrnouti ve všeobecné zákonitosti. Je to otevřené pole pro četné přítomné i budoucí pracovníky, aby v zajímavém tomto thematě našli jednoduché a obecné souvislosti.

27. Přehlédneme-li veškerá fakta v článku tomto uvedená a pozorováními zaručená, shledáme, jak značné obtíže naskytují

82) *H. Deslandres*, C. R. 137. 457. 1904.

83) *J. N. Thiele*, *Astrophys. J.* 6. 65. 1897; *ibid.* 8. 1. 1898.

84) *A. S. King*, *Astrophys. J.* 14. 323. 1901.

85) *J. Jungbluth* l. c.

se theoretikovi, jenž shrnouti chce rozmanité výsledky tyto v jediné a jednoduché teorii. Není divu, že mnohé pokusy o jednotnou teorii stavby spekter, ač po některých stránkách velice zajímavé a zdařilé, se neosvědčily. Uváděti tyto teorie vedlo by příliš daleko, mimo to nejsou v článku tomto uvedena *všecka fakta o spektrech vůbec*, nýbrž pouze vztahy a zákonitosti spekter emissních a závislosti určitých obvykle užívaných zdrojů světelných na podmínkách, které jsou pro tyto zroje zvláště důležité. Tak na př. nebylo jednáno o spektrech *spojitých* ani o spektrech *absorpčních*, nejednáno o rozmanitých zdrojích *luminiscence*, o spektrech pozorovaných na přerušovačích, nediskutován rozkladný účinek pole *magnetického* atd. Přes toto omezení jeví se v uvedeném řada velice zajímavých závislostí a zákonitostí, které překvapují podrobností a přesností, s níž se vyskytují, tak že tu souhlas na několik setin procenta mezi hodnotami pozorovanými a počítanými není nijakou zvláštností. Po této stránce nelze v jiných partiích fysiky pro souhlas počtu a pozorování naléztí podobného příkladu.

V ě s t n í k l i t e r á r n í .

Recense knih.

H. Weber u. J. Wellstein: Encyklopädie der Elementarmathematik. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende. I. Bd. Enc. der elementaren Algebra und Analysis. Vydání druhé. 1906. (XVIII + 540) Cena M. 9.60 II. Bd. Enc. der elementaren Geometrie. 1905 (XII + 604). Cena M. 12. III. Bd. (má vyjít co nejdříve). Lipsko. B. G. Teubner.

Název této pozoruhodné knihy nesmí svěsti k domněnce, že se jedná o podnik podobný velké encyklopedii („Encyklopaedie der mathem. Wissenschaften“), pohybující se však v mezích elementární matematiky. Velká encyklopedie přirozeně zahrnuje matematiku elementární* a projednává ji dle hledisek, které jsou pro její účel směrodatny. Kniha, o níž referuji, nemá-li být zbytečna, musí přirozeně míti účel jiný; jaký tento účel jest, vytýkají oba autoři zcela stručně v předmluvě: podati učitelí pomůcku, v níž by našel vědecky správně opřeno to, co má ve škole vykládati, podnítiti ho, aby prohloubil své vlastní vědomosti a snažil se způsobiti totéž u žáků; na druhé straně doplniti vzdě-

*) Příslušná stať bude uveřejněna co nejdříve; autorem jest M. Simon.