

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Vladimír Novák

Demonstrace spekter

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 35 (1906), No. 2, 111--128

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121205>

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>

Demonstrace spekter.

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

Demonstrace spekter náleží bez odporu mezi nejděčnější partie experimentální optiky a každý experimentátor přisvědčí, že nádherné barvy spektrálně neobyčejně dovedou žáka upoutati. Mají-li tyto demonstrace býti *dokonalými*, jest třeba pokusy spektrálně pilně připravit a přihlížeti k četným podrobnostem, které mohou vážně ohroziti výsledek pokusu. Z tohoto důvodu mám za vhodné sděliti na tomto místě některé zkušenosti o demonstraci spekter a uvéstí vyzkoušené metody, kterými lze studovati *subjektivně* i *objektivně* spektra rozmanitých zdrojů, po případě spektra absorpční. K jednodušším demonstračním patří subjektivní pozorování spekter, které sice nevyžaduje tolik příprav jako pozorování objektivní, zabírá však za to mnoho času při větším počtu pozorovatelů téhož úkazu.

Se stanoviska učitelského jest přirozeno začítí methodami *objektivními*, které hodlám popsatí obšírněji a podrobněji. než se děje i ve velkých učebnicích experimentální optiky, kde často čtenář o některé důležité podrobnosti poučení marně hledá.

K objektivním demonstračním spektrálním nutno užití *světelných zdrojů* pokud možná intenzivních. Vedle *slunečního* světla, kterým lze pokusy prováděti jen za jasné oblohy a dostatečné výšky slunce, především uvéstí tu sluší *obloukovou lampu elektrickou*. Méně intenzivní zdroje světelné, jako jest světlo drummondské a pod., hodí se nejvýše k demonstračním některých úkazů základních.

Úprava heliostatu budiž taková, aby paprsky sluneční, zrcadlem heliostatu do posluchárny horizontálně odražené probíhaly v téže výši, ve které se nalézá osa kondensorů lampy elektrické na experimentální stůl postavené. Při tom jest výhodným míti směr paprsků v souhlase s delší osou experimentálního stolu. Toto uspořádání má tu výhodu, že lze při umělém zdroji ostatní přístroje optické postaviti do patřičných poloh a vzdáleností a pak ve vhodné chvíli pouhým odsunutím lampy užití světla slunečního. Stůl experimentální zařídí se na straně k heliostatu tak, aby bylo možno prodloužití jeho desku

až k heliostatu (zvednutím, zasunutím zvláštní pevné desky a pod.). Optické přístroje upevňují se do vhodných stativů stejné výšky a to tak, aby posunutí kterékoliv součástky celého sestavení jak ve směru vodorovném tak i ve směru svislém bylo snadno možno. V mnohých případech dobře se osvědčují t. zv. optické sáně (lavice), kde centrace přístrojů značně jest usnadněna stanovením jednoho z obou směrů. Všechny optické součástky mohou býti tak zařízeny, aby se snadno ze saní vyjímaly a přendati daly do samostatných (výše zmíněných) stativů. Těchto poznámek měl by si dobře povšimnouti každý, komu náleží sbírky fyzikální *zakládati*. Často se kupuje plno zbytečných stativů, na nichž jsou různé optické přístroje (od různých firem ovšem že v různé podobě a velikosti provedené) připevněny a kterých nelze pak pro jich různost a nevhodnost k pokusu snadno sestaviti.

Co se týče promítání spektrálních úkazů na stínítka, jest dobře připraveni *dvoji* způsob projekce, totiž jak *na odraz*, tak i *na průhled*. Pro prvý způsob volen budiž papír co možná bílý (nelesklý), který upravíme zase ve dvoji formě, jednak jako stínítko posuvné po stole experimentálním, jednak jako stínítka, které lze rychle na stěnu zavěsiti. Papír budiž dobře napjat na pevném, ale lehkém rámu dřevěném, který lze zastrčiti do těžšího stojanu, po stole posuvného, anebo který lze zavěsiti přímo na stěnu proti heliostatu, po případě na stěnu (tabuli), na kterou hledí posluchači. Rozměry stínítek záleží na velikosti posluchárny, menším obrazům sluší dáti přednost, zvláště při méně intenzivním osvětlení. Druhý způsob projekce na průhled provede se promítnutím obrazu spektrálního na desku skleněnou jemně matnou (v některých případech vedle toho glycerinem natřenou), kterou v dřevěném rámcí upevňujeme na stativ postavený ve směru k posluchačům.

Mají-li demonstrace spektrální zřetelně vyniknouti ve všech podrobnostech, nutno posluchárnu *dokonale* zatemniti a postarati se při pokusech o to, aby žádné *vedlejší světlo* neobtěžovalo oči pozorovatelů. K okolnosti této obyčejně se málo přihlíží, ač jest velice důležitou právě při pokusech spektrálních, kde *syťost* barev na př. červené a fialové jen při odstranění vedlejšího bílého světla dokonale může vystoupiti. Pouhá kruhová

stinítka připojená k čočkám a pod. obvykle již od výrobců, k takovému odstranění vedlejšího světla nestačí. V této příčině dobře se osvědčují trubice z černého papíru, které lze mezi jednotlivé přístroje na okraje čoček a pod. nastrčiti, posouváním jedné ve druhé dostatečně zkrátiti atd. Aby kraj trubice pevně seděl na okraji přístroje, utuží se nalepením kartonového papíru, který se dvakrát, třikrát v úzkém proužku na papírovou trubici naklizený navine. Při výkladu jest však dobře postranních těchto světél neodstraňovati, aby postup paprsků (na prachu viditelný) byl každému posluchači úplně zřejmým; vsouvati tedy zmíněné trubice až tehdy, až celé sestavení pokusu jest náležitě vyloženo. Tam, kde nelze papírových trubic užití, pomáhá si experimentátor černými stinítky, kterými chrání před světlem alespoň ten směr, v němž se nalézá stěna projekční¹⁾. Stinítka upraví se snadno z tuhé lepenky, potřené révovou černí a přibité ku vhodnému špalíčku.

V dalším popsány buďtež některé základní pokusy spektrální a to v úpravě s elektrickou lampou, poněvadž změna při užití světla slunečního se snadno z této úpravy provede.

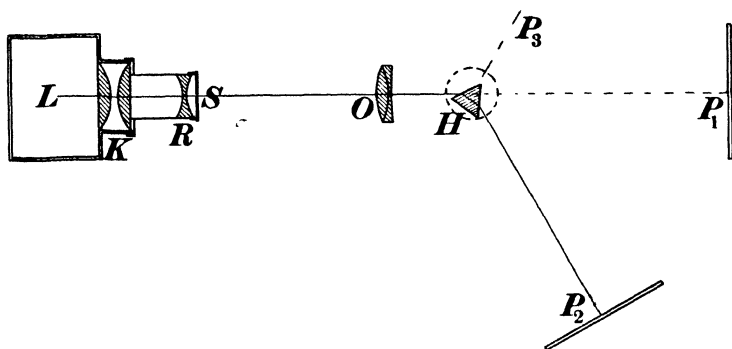
1. *Čisté spojité spektrum hranolové.* Sestavení pokusu znázorněno jest obr. 1.²⁾ Kondenzor K elektrické lampy L (lampa na střídavý proud, 40 volt a 20 ampère) dává paprsky sbíhavé, které se učiní (přibližně) rovnoběžnými rozptylkou R . Tyto paprsky osvětlují šterbinu S , která se promítne čočkou (nejlépe achromatickou) na stinítko P_1 . Do chodu paprsku vloží se pak na otáčivý stolek hranol H a ukáže se deviace, jakož i disperse paprsků na stinítku P_2 , resp. při příslušném stočení hranolu, totiž ve směru P_3 na stinítku průsvitném. Stolek klade se na místo, kde se paprsky z čočky O vycházející sbíhají, zejména

¹⁾ Zajímavý doklad, jak rušivě působí „vedlejší světlo“, podávají fotometrická měření, která provedl *Roggers*. (Phys. Rev. 16. 166. 1903.)

Autor zkoušel pokusy potvrditi druhou mocninu známého zákona o ubývání osvětlení se vzdáleností od zdroje a shledal, že se odrazem světla od stěn laboratoře hořejší mocnina sníží o 8 procent.

²⁾ Obrázce spektrálních uspořádání nemohly býti provedeny dle skutečnosti, neboť by v tisku vypadly rozměry lampy, čoček atd. příliš malými; jest tedy v obrázcích obvykle vzdálenost stinítka (HP_1 a p.) značně zmenšena.

tehdy, když daný hranol má malé rozměry. Minimální úchylka na stolku otáčivém najde se snadno stáčením stolku s hranolem a pozorováním obrazu spektrálního. Velmi pěkně se demonstruje ³⁾ případ minimální úchylky hranolem, jehož *třetí* stěna též jest vybroušena a to symmetricky k užitým stěnám lámavým. Hranol se postaví tak, aby část světla dopadala na tuto třetí stěnu lámavou a odrážela se od ní směrem k stínítku P_2 . Otáčí-li se pak hranolem, postupují oba obrazy šterbiny, bílý i spektrální v témž směru; při dosažení minimální úchylky však obrátí se obraz spektra proti bílému obrazu šterbiny.



Obr. 1.

Aby lámavá hrana hranolu a šterbina byly spolu rovnoběžny, přilepí se hranol na otáčivý stůlek třemi malými kuličkami vosku, rovnoběžnost se při vertikálním postavení šterbiny snadno zjistí reflexí světla postupně od obou stěn lámavých zpět ke šterbině, korekce provede se přitlačením na příslušnou část hranolu.

Při úvodních pokusech jest dobře voliti šterbinu širokou 1 - 2 mm. jedná-li se pouze o ukázání deviace, disperse a minimální deviace. Pak se teprve šterbina zužuje, aby vynikly barvy spektrální čistě. Může-li v uspořádání obr. 1. odpadnouti část L, K, R a býti nahrazena paprsky slunečními, pak lze

³⁾ U. Bern, Zs. f. phys. u. chem. Unterr. 16. 133. 1903.

ukázati na stínítku P_2 při úzké štěrbině a hranolu v minimální úchylice *čáry Fraunhoferovy*. Úprava se širokou štěrbinou hodí se dobře pro důkaz, že spektrální obraz sestává z vedle sebe položených obrazů štěrbin, dle různé barvy různě od původního odchýlenými. Místo štěrbin S postaví se rámeček, do něhož možno vkládati různé štěrbinu mající podobu kříže, písmene V , S atd. Štěrbinu tyto lze snadno zhotoviti tímto způsobem. Destičky skleněné polepí se staniolem — k lepení staniolu na sklo výtečně hodí se lak zaponový — a když zaschly, vyřízne se do staniolu příslušná štěrbinu as 2 mm široká. Ještě snadněji připraví se podobné štěrbinu *fotograficky* tím, že diapositivní desku vložíme v kopírovacím rámu (v temné komoře) na černý papír mající podobu štěrbinu a osvětlíme pak desku sklem rámu. Spektra těchto štěrbin ukazují zřetelně povahu spektrálního obrazu a jsou velmi poučná v případech částečného se krytí barev. Tak jest na př. spektrum štěrbinu v podobě kříže při rovnoběžném postavení jednoho ramene kříže s lánou hranou hranolu, prostoupeno uprostřed bělavým pruhem, který pouze na koncích ukazuje spektrální zbarvení.

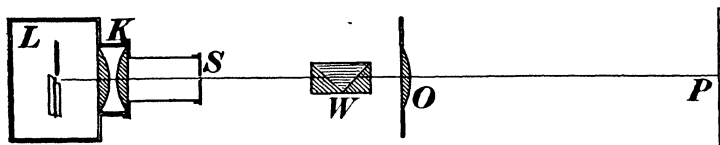
Při popsaném uspořádání (obr. 1.) lze demonstrovati výměnou hranolu vliv úhlu lámavého při téže látce hranolu na deviaci a dispersi, po případě též studovati kombinace dvou identických hranolů a při stejném úhlu lámavém vliv látky hranolu.

Pro četné pokusy spektrální výhodna jest deviace 90° , buď z toho důvodu, že pozorování na odraz a průhled snadno lze po sobě provésti, aneb že při pokusech složitějších lze paprsky o 90° uchýlené snadno přivést (odrazem totálním) do původního směru. Tuto deviaci 90° poskytuje *Hilgerův* hranol, o němž ještě v dalším stane se zmínka, a prisma *Rutherfordovo*.

2. *Emissní spektra kovů*. Překrásné spektrální úkazy, jež vydávají žhoucí páry kovů, bývají po stránce experimentální macešsky odbývány a nahrazují se často při výkladu pouhými, nedokonalými obrazy. Obyčejně se kov vpravuje do důlku pozitivní uhlové elektrody, kde se zavedením oblouku rychle v páry proměňuje, tak že celý úkaz mžikem přejde a vymyká se podrobnějšímu pozorování. Uvedu dvojí sestavení, kterými se

spektra kovů demonstrují objektivně a to v úpravě velice instruktivní a pro pozorování pohodlné.

První sestavení jednodušší a theoreticky méně dokonalé jest naznačeno obr. 2. Elektrická lampa L jest tentokráte lampou na proud *stejnoseměrný*; uhlík negativní jest tenký uhlík (5—6 mm v průměru), spodní uhlík pozitivní jest silný uhlík, jehož jádro (práškovité, které lze snadno vrtáčkem odstraniti) nahrazeno jest kovem, jehož spektrum má býti pozorováno. Při vertikální posici uhlíku sešine se tenký uhlík tak, aby jeho strana ke kondensatoru obrácená tvořila jedinou přímku s příslušnou stranou uhlu spodního. Tím povstane po zavedení oblouku kráter ku předu sešinutý, kov se taví na straně ke kondensatoru obrácené a osvětluje štěrbinu S velmi vydatně.



Obr. 2.

Čočka rozptylná úmyslně jest vynechána, tak že se paprsky na štěrbinu koncentrují. Proto je nutno dáti malý hranol přímohledný (Wernickeův hranol) *před* čočku O , kterou utvoří se obraz spektra na stínítku P .

Velmi důležitou okolností pro zdar těchto pokusů jest udržování *intensity proudu*, kterým lampa svítí v určitých *malých mezích*⁴⁾. Odporučuje se proud tento regulovati předem na 1 ampère (ano i méně) pro lampu, jejíž normální proud jest 8 ampère. S počátku hoří pouze uhlík a jest viděti spojité spektrum slabé intensity, znenáhla však uhlík uhoří a ve spektru objeví se čáry kovu, které se stále sesilují a novými doplňují, při čemž se spojité spektrum víc a více ztrácí. Regulací proudu

⁴⁾ Na tuto okolnost upozorněn jsem byl prací *Hartmannovou* (Astrophys. J. 17. 270. 1903), který ukázal, jak značně vzroste intensita magnetické čáry $\lambda = 4481 \text{ \AA}$, při klesnutí intensity proudu obloukového s 8 na 0.4 ampère.

a to v poměrně malých mezích (od 1—3 ampère v případě daném) docíleno bylo rozmanitých, vzájemných intenzit jak ve spektru kovu, tak ve spektru spojitém, a bylo možno pozorovati určité spektrum nerušeně 10 až 20 minut.

K rychlé výměně spodního uhlíku s jiným, jenž obsahoval jiný kov ve svém jádru, připraveny byly dva kovové tubicovitě držáčky. Uhlík ve svém držáčku vkládán do perové svorky v lampě, vyndaván pomocí kleští a nahrazován uhlíkem druhým, ve druhém držáčku připraveným. Zatím schladl uhlík první a mohl býti snadno z držáčku odstraněn a třetím uhlíkem vyměněn. Za půl hodiny byla tímto způsobem demonstrována spektra kovů: *Na, Zn, Sn, Ag, Ni, Al, Cu, Fe*. Při kovech *Cu, Ni* a *Fe* mohl býti proud zesílen nad 3 amperů. Manipulace s výměnou děje se tak rychle, že v uvedené demonstraci zbylo dostatečně času na upozornění na posici význačných čar v jednotlivých spektrech.

Velice krásným a pro stavbu spekter instruktivním jest *spektrum natria*, k němuž užito v uhlíku dolejší tyčinky snadno tavitelného skla natriového. Dva takovéto uhlíky lze vsaditi do lampy na proudy *střídavé*, tak že lze tohoto zdroje snadno užiti jako normálního zdroje k pracím spektrometrickým, jak o tom v dalším bude ještě zmínka.

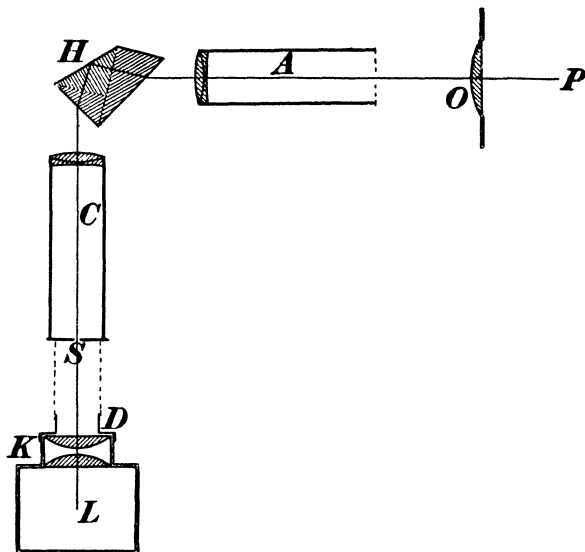
Složitější sice, za to však dokonalejší jest sestavení druhé, které jest schematicky naznačeno obr. 3. Paprsky lampy *L* (z předešlého uspořádání) koncentrují se kondensorem *K*, jehož krajové paprsky zachyceny jsou diaframatem *D* na šterbinu *S* *spektroskopu Hülgerova*, která může býti značně zúžena. Hranolem *H* uchylují a rozkládají se rovnoběžné paprsky z kollimatoru *C* vyšle a vcházejí do analyzátoru *A*, který utvoří reálný obraz spektra před objektivem *O*, jímž se tento malý obraz silně zvětšuje a na stěnu *P* promítá.

3. *Ultrafialové spektrum zinku a aluminia.*

Demonstrace spekter kovů *Zn* a *Al* v odstavci 2. uvedené se účelně doplní objektivní demonstrací ultrafialových spekter těchto kovů. Uspořádání, které vyžaduje optiky *křemenové*, znázorněno jest obr. 4.

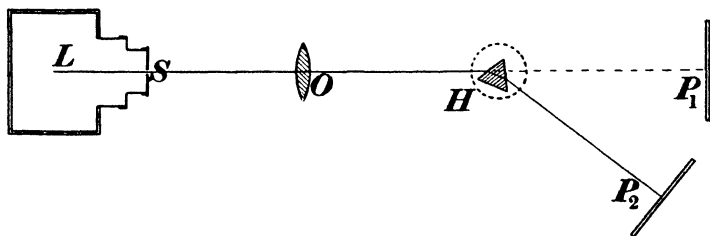
Kondensator lampy elektrické *L* (na proud stejnosměrný s uhlíky jak u 2. uvedeno zařízenými) jest odstraněn, tak že

světlo oblouku osvětluje přímo štěrbinu S , která se křemenovou čočkou O promítne na stínítko v poloze P_1 . Vložení hranolu



Obr. 3.

křemenového H utvoří se spektrum na stínítku v poloze P_2 . Na stínítko připevní se papír potřený kyanidem platičito-bar-



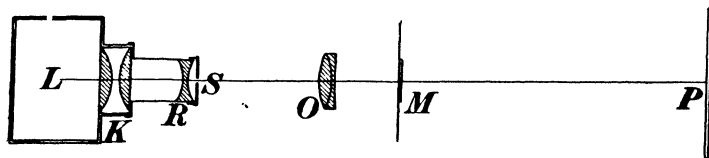
Obr. 4.

natým ve tvaru proužku, tak že se spektrum zachycuje zpola na papíře bílém, zpola na zelenožlutém kyanidu. Na této části

stínítka ukáže se pak množství krásných čar v ultrafialové části spektra, které jest tu několikrátě širší nežli část viditelná.

4. Spektra mřížková.

Pro základní pokusy o spektrech mřížkových hodí se velmi dobře mřížky složené z lamel, jež světlo co možná úplně absorbují. Mřížky ryté na skle diamantem bývají zvláště při větším počtu vrypů na 1 cm příliš jemnými a spektra jich lze pozorovati pouze subjektivně. Hruběji ryté mřížky na skle „oslepnou“, t. j. vypryskají mezi jednotlivými vrypy a stávají se po čase nepotřebnými. Výborně se osvědčují mřížky ryté do slabounké tmavé vrstvy, kterou jest potažena deska skla zrcadlového. Ta-



Obr. 5.

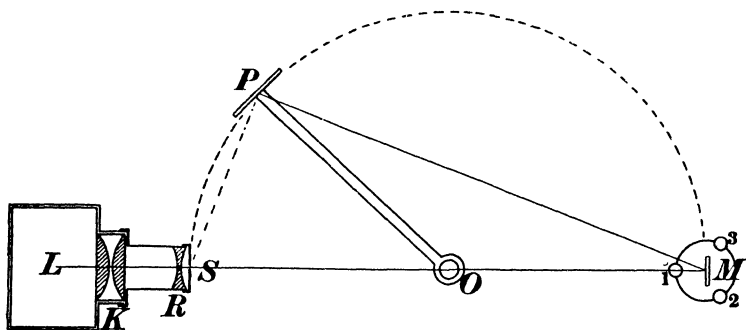
kové mřížky zhotovil jsem na velkém dělicím stroji (F. Richter ve Vídni) určeném nikterak pro podobné práce, ocelovým nožem snadno až k rozměru 40 čárek na 1 mm⁵⁾. Při tom bylo snadno rytí tak vrypy 3 až 4 cm dlouhé po ploše 5–6 cm široké, takže mřížky takto zhotovené mají značnou aperturu. Výhoda těchto mřížek záleží v snadném způsobu *fotografických kopií*, kterými lze mřížku jednou rytou rozmnožiti v exempláře pro objektivní spektra mřížková docela vhodné. Pro výklad úplně vyhovuje serie mřížek s dělením 5, 10, 20 a 40 čárek na 1 mm. Sestavení objektivní projekce mřížkového spektra naznačeno jest v obr. 5.

Elektrická lampa osvětluje štěrbinu S paprsky rovnoběžnými, obraz štěrbiny promítá se pak achromatickou čočkou O na stínítka P. Mřížka M klade se za čočku O tak, aby v celém rozsahu byla osvětlena.

⁵⁾ Úplný a podrobný popis rytí zmíněných mřížek podán bude v době nejbližší ve Zprávách král. české spol. nauk v Praze.

5. Měření délky vlny dutou mřížkou Rowlandovou.

Rowlandovo uspořádání duté mřížky na odraz vyžaduje zvláštní místnosti a nelze je při mřížce většího poloměru do posluchárny přenášeti. Za to však lze rychle a snadno sestavit uspořádání naznačené obr. 6. Lampa L , zařízena na paprsky rovnoběžné, osvětluje dutou mřížku Rowlandovu M montovanou na stativu se třemi stavěcími šrouby (1, 2, 3). Vzdálenost \overline{SM} rovná se poloměru mřížky (v daném případě 180,6 cm); středem této vzdálenosti, bodem O , prochází svislá osa lehounkého ramene



Obr. 6.

OP , jež nese na svém konci průsvitnou stěnu projekční \overline{P} . Vzdálenost $\overline{OP} = \frac{1}{2} \overline{SM}$. Justace mřížky provede se tak, aby obraz štěrbinu padl právě na štěrbinu S , při známé konstantě mřížky určí se délka vlny jednoduše vyměřením vzdálenosti \overline{SP} . Značí-li ϑ úhel difrakční $a + b$ konstantu mřížky, jest pro n -té spektrum dána délka vlny λ vztahem

$$n\lambda = (a + b) \sin \vartheta,$$

a poněvadž při daném uspořádání $\sin \vartheta = \frac{\overline{SP}}{2R}$, jest

$$\lambda = \frac{a + b}{2R \cdot n} \cdot \overline{SP} = C_n \cdot \overline{SP}.$$

Pro *prvé* spektrum jest $c_1 = 0,0000009748$, neboť mřížka obsahuje 5680 vrypů na 1 cm. V *prvém* spektru naměřeno pro

střed mezi oběma čarami natriovými $\overline{SP} = 60.4 \text{ cm}$ (odčítáno pouze na mm , měření provedeno při přednášce!) Pro λ_{Na} vychází z tohoto měření hodnota

$$\lambda_{Na} = 97.48 \cdot 60.4 = 5890 \text{ \AA}.$$

Jak patrně, možno při přesné úpravě pokusu měřením délky \overline{SP} na $\pm 0.1 \text{ mm}$ dosáhnouti přesnosti ve výsledku $\pm 1 \text{ \AA}^{\circ}$.

Způsobem tímto, když v lampě L (na střídavý proud) se nalézaly uhlíky plněné sklem natriovým, bylo možno rychle naměřiti 7 čar natriových. Dané uspořádání hodí se též znamenitě k ukázání reverse čar natriových. Poněvadž při oblouku mezi uhlí se sklem vždy se utváří zároveň spojité spektrum uhlíků, objeví se při každém přechodu uhlíkového obloučku osou kondensorů obě čáry natriové převrácené na žluté půdě, tak že celý úkaz působí dojmem *trojitě* světlé čáry žluté.

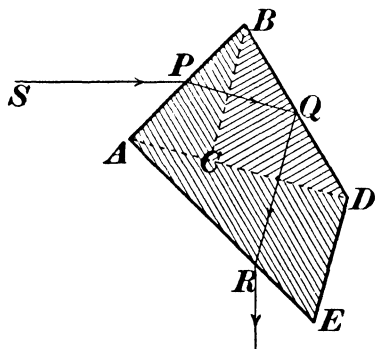
II. Methody subjektivní.

Subjektivní demonstrace spektrální hodí se ovšem jen pro omezený počet pozorovatelů, nelze se však methodám těmto vyhnouti, má-li pozorovatel nabýti úplného obrazu o různých druzích spekter a studovati alespoň v základech stavbu spekter čarových i pásmových. Spektra plynů, uzavřených v trubicích Geislerových, jiskrová spektra kovů, spektra barevných plamenů Bunsenových nelze pozorovati objektivně. Jediné sluší vyjmouti z tohoto tvrzení lampu rtuťovou, která v moderním provedení ⁶⁾ vystačí na mnohé pokusy objektivní, kde se vyžaduje světla monochromatického, aneb kde se potřebuje mocného zdroje paprsků ultrafialových.

⁶⁾ Popis nové lampy rtuťové viz *H. Siedentopf*, *Zs. für Instr.-Kunde* 24. 22. 1904, popis křemenové lampy rtuťové viz *J. Stark*, *Phys. Zs.* 5. 673. 1904, popis křemenové lampy, jež obsahuje amalgam kadmia, viz *O. Lummer a E. Gehrcke*, *Zs. für Instr.-Kunde* 24. 296. 1904.

Popis jednoduché improvisace lampy rtuťové, již lze s prospěchem delší dobu užívati, viz *J. Barnes*, *Astrophys. J.* 19. 190. 1904. O lampě rtuťové jako zdroji ultrafialových paprsků viz *A. Pflüger*, *Phys. Zs.* 5. 414. 1904 a *E. Ladenburg*, *Phys. Zs.* 5. 525. 1904.

Výhodným strojem pro subjektivní pozorování spekter jest *spektroskop Hilgerův s konstantní deviací*, jehož užito bylo k objektivní demonstraci emissních spekter kovů (viz obr. 3.). Kollimator a analysator tohoto stroje jsou se stativem stroje pevně spojeny a osy těchto částí svírají *pravý úhel*. *Hranol* spektroskopu, naznačený obr. 7., připevňuje se na stolku, kterým lze kolem osy vertikální otáčeti. Otáčení toto provádí se mikrometrickým šroubem, jehož hlava jest (na daném modelu) dělena na 100 dílů. Hranol (viz obr. 7.) složen jest ze tří pravoúhlých hranolů, z nichž dva jsou 30, resp. 60stupňové, třetí pak



Obr. 7.

45stupňový. Disperse pro střed zorného pole jest taková, jakou by poskytl šedesátistupňový hranol téhož materiálu při minimu úchyly. Některé stroje Hilgerovy opatřeny jsou hranolem, jehož část *BCD* jest ze skla od obou ostatních hranolů různého; tím se dosahuje zvláště veliké disperse.

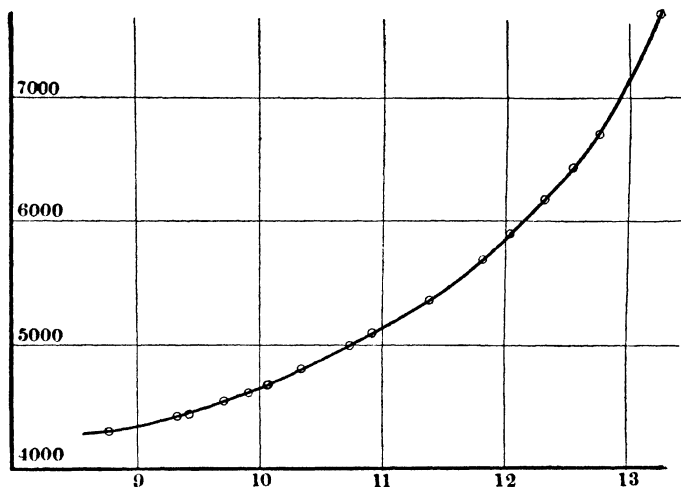
Před šterbinu lze vložit totálně reflektující malé prisma, které vyplňuje polovici šterbiny, a kterým lze uvést do stroje paprsky *druhého* zdroje světelného. Šterbinu lze nejen šroubkem v šířce měnit, ale též zvláštním šoupátkem symmetricky vzhledem k ose kollimatoru zkracovati. Justace stroje provádí se známým způsobem, t. j. zařízením pozorovacího dalekohledu na nekonečno (s předchozím zařízením okuláru dle oka pozorovatelova) a dle toho zařízením kollimatoru na paprsky rovnoběžné. Hranol, pro-

visorně na stolek vložený a dosud nefixovaný, osvětlí se světlem natriovým a když byl mikrometr zařízen na určitý dílek své škály (při daném modelu na 12·046 otočky) stočí se hranol tak, aby střed natriové čáry padl na střed nitkového kříže. Na to se hranol fixuje a justace kontroluje.

Aby bylo možno užití spektroskopu jako přístroje měřícího, provede se — jednou pro vždy — graduace škály mikrometrické odečtením známých čar emisních některých zdrojů světelných, tedy na př. zmíněného zdroje natriového. V následující tabulce uvedeno jest měření provedené na daném modelu Hilgerova spektroskopu s udáním příslušného zdroje světelného. Z čísel tabulky sestojen jest diagram (viz obr. 8.), z něhož se snadno vyhledá k danému odečtení šroubu příslušná délka vlny, zvláště je-li diagram v dostatečných rozměrech proveden na přesném papíře koordinatním.

Zdroj	délka vlny v Å°	odečtení v otočkách mikrom. šroubu
K červená	7682	13·258
Li „	6708	12·751
Cd „	6439	12·543
Na oranžová	6158	12·317
Na žlutá	5893	12·046
Na žlutozelená	5686	11·812
Tl zelená	5351	11·378
Cd „	5086	10·916
Na „	4981	10·734
Cd zelenomodrá	4800	10·343
Cd modrá	4678	10·061
Na „	4667	10·053
Sr „	4607	9·912
Na „	4545	9·709
Na fialová	4422	9·425
Cd „	4413	9·331
Ca „	4308	8·774

Spektroskop Hilgerův jest zařízen též jako spektrograf: dá se totiž okulár pozorovacího dalekohledu vyjmouti a nahraditi trubicí, jež má na konci desku opatřenou žlábkem pro kasetu. Na téže desce fotografické lze sejmouti posouváním kasety pět obrázků spektrálních.



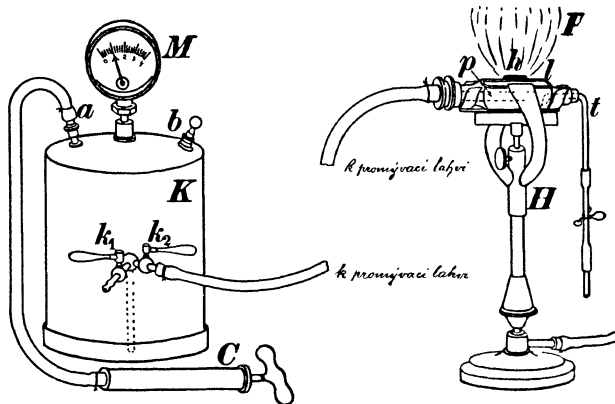
Obr. 8.

Zbývá v dalším pojednati o *zdrojích světelných* pro emissní spektra zbarvených plamenů Bunsenových a pro spektra jiskrová.

Pozorování subjektivní pro více posluchačů musí býti tak zařízena, aby pokus jednou upravený nevyžadoval stálé pomoci a stálého dohledu učitele, poněvadž tím se mnoho času ztrácí. Z rozmanitých úprav a improvisací zbarveného plamene Bunsenova velice dobře se osvědčují spektrální „lampy“ *Beckmannovy*⁷⁾. Budiž tu popsáno zařízení (viz citát 35. 443 a 652 1900), které mohou úplně doporučiti každému, kdo podobné demonstrace provádí a vady a nedostatky starších způsobů osvětlovacích dobře zná. Celé uspořádání naznačeno jest v obr. 9.

⁷⁾ E. Beckmann, Zs. für phys. Chem. 34. 593. a 35. 443. a 652. 1900; 37. 465. 1902.

Bunsenův kahan H opatřen jest dvojdílným hořákem h podoby podkovy. Ústí obou ramen hořáku jsou sploštělá, tak že se utvoří plošný plamen P , který se vzájemným nárazem plynu značně rozšíří. Těsně pod ústím hořáku jest umístěna porculánová vanička l , otevřená vzhůru otvorem obdélníkovým a opatřená po stranách otvory válcovými. Do jednoho z těchto otvorů zasáhá trubice t , ke dnu vaničky zahnutá, za zátkou dolů ohnutá a kaučukem i tlačkou opatřená. Trubicí touto se vypouští obsah vaničky. Do druhého otvoru vaničky utěsněn jest dutý váleček z nepolévaného porculánu p , který, aniž by se



Obr. 9.

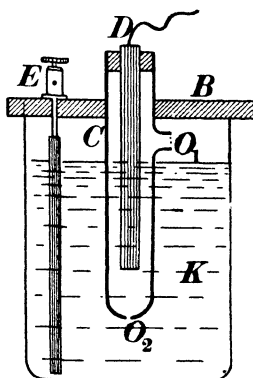
stěn vaničky dotýkal, zaujímá její střed po celé délce. Dutý váleček tento uzavřen jest na jednom konci, druhým pak otevřeným koncem souvisí s kaučukovou trubicí a může být spojen s kotlíkem K nebo s promývacím přístrojem, který na obrazci naznačen není. Kotlík je opatřen manometrem M a lze jej naplnit hustilkou C vzduchem stlačeným na několik atmosfér. K pokusu vystačí přetlak 1 atmosféry. Má-li být plamen Bunsenův zbarven, naplní se vanička l roztokem příslušné soli, kahan se zapálí, otevře se kohout k_2 , aby stlačený vzduch mohl v četných bublinkách prodírat se porovitými stěnami dutého válečku p . Vzduchové tyto bublinky unášejí s sebou malé částice solného roztoku a plamen se barví *konstantně* a velice *sytě*, tak že lze

na př. kaliovou čáru červenou pozorovati nepřetržitě hodinu a déle. Má-li býti roztok vyměněn jiným a to tak, aby po pře-
dešlé soli nezbylo ani stopy, vypustí se starý roztok trubicí *t*,
vanička se několikrát proudem čisté vody opláchne a vedení
od dutého válečku spojí se s promývací lahví, ze které se tlakem
vzduchu z kotlíku prohání čistá voda do válečku a tím do va-
ničky. To se děje tak dlouho, až plamen neukazuje reakce pře-
dešlé soli. Promývací přístroj jest tak zařízen, že se obrácením
(tedy bez odpojování a připojování kaučuku) přestane válečkem
proháněti voda a začne tudy postupovati vzduch.

Plameník postaví se před štěrbinu spektroskopu, aby směr
osy kollimatoru probíhal celou hloubkou plamene *P*. Osvětlení je
intenzivní, tak že může býti štěrbinu značně zúžena; čáry vystupují
velmi ostře a tenince; mimo to je viděti čáry, které při oby-
čejném osvětlování štěrbinu spektroskopu (perličkou soli v očku
platinového drátku) ukazují se chabě a nejasně anebo které
vůbec tímto způsobem zanikají. Veškerá manipulace je pohodlná
a praktická, a zvláště při cenných preparátech — roztoky
mohou býti značně zředěny — neobvyčejně úsporná⁸⁾. Při osvět-
lování spektroskopu Geislerovými trubicemi jest často na závadu
pomalé přerušování primárního proudu; trhavé světlo působí
nejen nepříznivě na oko pozorovatelovo, ale zmenšuje i přesnost
pozorování. Výhodným jest tu užití střídavého proudu městského
(110 volt) a improvizovaného přerušovače elektrolytického, zná-
mého obr. 10. V nádobě *A* nalézá se zředěná kyselina sírová,
do níž ponořeny jsou dvě elektrody *D* a *E*. Elektroda *D* (zinková
tyčinka od článku Leclanchéova) vložena jest do silnostěnné
epruvetty *C*, která má postranní otvor *O*, a ve dně maličký otvor
*O*₂. Druhá elektroda *E* jest olověný plech přímo do kyseliny
ponořený. Přerušovač zařadíme do primárního vedení menšího
induktoria (bylo užito Ruhmkorffova přístroje s maximálním
doskokem 10 *cm*) a vede se jím střídavý proud městský
(110 volt) zeslabený (po případě) lampovým rheostatem na
0·5—1·0 ampère. Trubice Geislerova spojená s póly sekundár-
ního vinutí září pak nepřetržitě, vysílajíc zvláště při podélném
průhledu z trubice světlo intenzivní.

⁸⁾ Při tom jest cena veškerého zařízení Beckmannova pouze asi 45 Mk.

Velikostí otvoru O_2 na přerušovači reguluje se jednak intenzita proudu, jednak i frekvence přerušování, při pozorování dlouho trvajících je výhodnější otvor O_2 voliti menší, trubice Geislerova se nezahřívá ani při nepřetržitém delším užívání (10—20 minut); pro lampy rtuťové, kterým zahřátí neuškodí, lépe jest voliti otvor O_2 větší. Lze pak v tomto uspořádání užití též obyčejných lamp rtuťových s podélným průhledem k některým demonstracím *objektivním* jako zdroje monochromatického. Kyselina v přerušovači elektrolytickém se delším přerušováním zahřívá, odpomůže se tomu nachystáním dvou sklenic A s kyselinou, které se vyměňují, při čemž se zahřátá kyselina stává do nádoby s chladnou vodou.



Obr. 10.

Stále se množí počet těch škol středních, které opatřují fysikální posluchárny své elektrickým zařízením a kde se nalézá vedle elektrické lampy projekční mnoho přístrojů optických. Na mnohých místech, jak vím z vlastní zkušenosti, by spojení elektrické posluchárny fysikální s nějakým soukromým závodem, továrnou a pod. znamenalo pouze nepatrný náklad zařízení a malou nějakou roční odměnu strojníkovi závodu. Z tohoto důvodu považoval jsem za prospěšné uvést v tomto článku některé zkušenosti, kterých jsem nabyl při přípravě a provádění demonstrací úkazů spektrálních a které třeba v jiných poměrech

a s různými aparátů mohou býti prospěšny všem, kteří nepřecházejí zajímavou tuto partii optiky jen výkresy a výkladem na tabuli, ale vyvozují výklady své na základě instruktivních a přesvědčivých pokusů.

O integraci dvou typů kvadratických diferenciálních rovnic prvního řádu.

Napsal dr. František Graf v Praze.

Budiž předložena diferenciální rovnice:

$$dx^2 + 2 \frac{f(x+y) \pm f(x-y)}{f(x+y) \mp f(x-y)} dx dy + dy^2 = 0.$$

Položme v případě, že platí hořejší znaménka:

$$u = x + y, \quad v = x - y,$$

a rovnice přejde ve formu:

$$f(u) du^2 - f(v) dv^2 = 0,$$

čímž integrace je redukována na pouhou kvadraturu. V případě druhém zavedme iv místo proměnné v , tedy:

$$u = x + y \quad iv = x - y,$$

z čehož následuje:

$$f(u) du^2 - f(iv) dv^2 = 0.$$

Výsledku tohoto chci použití k určení asymptotických křivek na transcendentní ploše:

$$z = \cos x \cos y.$$

Plocha tato sestává z kongruentních polštářovitých dílů a protíná rovinu XY v síti čtverců o straně π . Rovnice řečených křivek zní:

$$dx^2 - 2 \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y dx dy + dy^2 = 0,$$

a lze ji převést na druhý typ následkem relace:

$$\operatorname{tg} x \operatorname{tg} y = \frac{\cos(x-y) - \cos(x+y)}{\cos(x-y) + \cos(x+y)}.$$