

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

František Link

Světlo noční oblohy

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 66 (1937), No. 4, D97--D100

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123407>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1937

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>

ČLÁNKY A REFERÁTY.

**Světlo noční oblohy.**

F. Link, Praha.

Světlem nočního nebe rozumíme světlo, jež vysílá jasná bezměsíční obloha po skončení astronomického soumraku. Známe je všichni z vlastní zkušenosti. V místech daleko od umělého osvětlení umožňuje nám nejhrubší orientaci v přírodě. Malé obláčky plující po obloze zdají se inkoustově černé proti jasnějšímu pozadí nočního nebe. Světlo nočního nebe je však velmi slabé; jeden čtvereční stupeň oblohy září asi tolik jako stálice páté velikosti hvězdné. Celá obloha působí pak na vodorovné rovině osvětlení řádu  $10^{-4}$  luxu, tedy asi jako svíčka ze vzdálenosti 100 metrů.

Vědeckým problémem se stalo světlo noční oblohy až po prvních fotometrických měřeních, jež provedl Newcomb na počátku tohoto století. Newcomb si představoval, že ve světle noční oblohy svítí slabé neviditelné stálice, a že jasnost určitého místa na nebi jest jistou astrofyzikální konstantou. Verifikace této hypotézy je dnes dobře možná. Na základě statistického sčítání hvězd na obloze lze vypočítati také jasnost každého místa nebe. Naše statistiky nejsou sice úplné, sahají nejvýše do 21. velikosti hvězdné, ale zanedbané stálice jsou již tak slabé, že ani při svém velkém počtu nemají na výsledek znatelného vlivu. Výpočet byl mnohokrát proveden s výsledky podobnými, a v poslední době nalezl Dufay, že stálice v okolí severního pólu oblohy přispívají k celkové jasnosti nebe 20, nejvýše až 30%, takže zhruba tři čtvrtiny světla noční oblohy nejsou hvězdného původu. Tento rozpor s původním názorem Newcombovým se stal východiskem četných prací a problém světla nočního nebe je dnes spíše než kdy jindy velmi aktuální.

Bylo sice, zejména na počátku, učiněno několik hypotéz. Tak Salet předpokládá, že zbytek světla nočního nebe je rozptýlené světlo sluneční na meteorech a drobných kosmických částicích, vyplňujících sluneční systém. Jiní zase, jako King nebo Fabry, uvažovali o možnostech rozptylu světla na molekulách plynů, jež se snad vyskytují i ve světovém prostoru.

Rozhodující slovo však měla měření. Po prvních měřeních Newcombových, Fabryho a Intemy byli to hlavně Dufay, Ray-

leigh a Brunner, kteří se zabývali podrobně měřením světla noční oblohy. Měření se provádějí vizuálně nebo fotograficky. Měří se také pomocí barevných filtrů. Nejúčinněji však zasáhla spektroskopie. Za světové války byla objevena na Lowelově observatoři zelená emisní čára vlnové délky 5577 Å známá také ve spektru polárních září. Vegard ji přisuzoval dusíku, dnes však víme s určitostí, že náleží atomovému kyslíku, jak dokázal laboratorními pokusy Mac-Lennan. Další spektrální objevy závisely na konstrukci velmi světelných objektivů. V poslední době podařilo se sestrojiti objektivy světelností  $F : 1$  až  $F : 0,6$ , jejichž průměr jest téměř dvakrát větší než ohnisková dálka. Spektrografie vyzbrojené těmito objektivy dá se pak fotografovati při celonočních exposicích spektrum nočního nebe ve všech detailech.

Toto spektrum se skládá ze dvou složek, z části emisní a ze spojitého pozadí. Část emisní obsahuje řadu čar a pruhů, z nichž je nejjasnější dříve uvedená zelená čára. Velká většina těchto čar a pruhů je identická se spektrem polárních září a odpovídá atomům kyslíku a molekulám dusíku. Část spojitá obsahuje řadu absorpčních čar Fraunhoferových a souhlasí celkem se spektrem slunečním.

Tímto rozdělením světla na dvě hlavní složky stal se problém mnohem přehlednějším. Původ emisní složky klademe již na základě analogie s polárními zářemi do vysoké atmosféry. Störmer a řada jiných badatelů změřila trigonometricky výšky polárních září a našli čísla od 80 do 800 km s maximem výskytu kolem 120 km výšky. Tam se tedy nalézá kyslík a dusík ve velmi zředěném stavu a svítí vlivem elektronového záření Slunce. Analogicky pak soudíme na světlo noční oblohy; jen excitace není zde tak jasná. Není totiž možno s konečnou platností říci, zda běží o luminiscenci plynů vlivem elektronového záření Slunce, jež existuje i v noci, nebo, zda je to spíše luminiscence plynů uvolňující sluneční záření nahromaděné během dne. Zdá se však, že některé části emisního spektra jsou prvního a jiné zase druhého původu.

Ostatně zcela nezávisle na polárních zářích podařilo se lokalizovati světlo noční oblohy, a to několika způsoby. Již vizuální nebo fotografická měření ukazují zřetelně, že jasnosti nočního nebe přibývá k obzoru a teprve těsně u obzoru počne jí ubývati vlivem zvětšování absorpce v atmosféře. To je možno jen tím způsobem, že jde o svítící vrstvu ve vysoké atmosféře, kterou proniká zorný paprsek sklánějící se k obzoru na větší a větší tloušťce. Tím se pak zvětšuje jasnost měřeného místa oblohy. Z chodu měření dá se vypočísti zhruba výška svítící vrstvy a vychází číslo nad 100 km.

Jiná metoda se vztahuje přímo na červenou čáru kyslíku, vlnové délky 6300 Å. Bylo totiž pozorováno, že za soumraku je její intenzita větší než v noci, jest tedy excitována slunečním zářením. Měříme-li její intenzitu za postupujícího soumraku, kdy zemský stín zasahuje vyšší a vyšší části atmosféry, můžeme určit její intenzitu v různých výškách. Garrigue našel tak maximum ve výši kolem 120 km.

Zcela neočekávaně došel Gauzit k třetí metodě pro lokalisaci světla nočního nebe. Objevil totiž některé emisní čáry v ultrafialové části spektra u vlnové délky 2960 Å. Spektra všech mimozemských zdrojů Slunce i stálic jsou v těch místech neobyčejně zeslabena absorpcí ozonové vrstvy. Je tedy s podivem, že spektrum tak slabé, jako je spektrum noční oblohy, prochází zcela dobře a dá se fotografovati tam, kde spektrum sluneční vyžaduje delších expozicí. Podobá se pravdě, že toto záření nevzniká nad ozonovou vrstvou, kterou dnes klademe mezi 20 až 40 km výšky; může tedy jedině vznikat pod ní nebo spíše v ní. To, co platí o ultrafialové emisi, platí snad také i pro další čáry viditelného spektra, kde není podobného důkazu pro malou absorpci ozonu v těchto částech.

Docházíme tak k závěru, že část emisního spektra vzniká ve vysoké atmosféře nad 100 km, a to pásy dusíku, kdežto druhá část, zejména některé čáry kyslíku a pásy vodní páry, souvisí s ozonovou vrstvou ve výšce mezi 20 až 40 km. S tímto rozdělením souhlasí dobře noční variace světla noční oblohy. Rayleigh organisoval měření světla noční oblohy ve třech částech spektra po celé zeměkouli. Na všech místech byla konstatována roční periodická variace. Harmonickou analysou byly nalezeny dva periodické členy. První člen s periodou půlroční má maxima o rovnodennostech a minima o slunovratech. Zcela paralelně mění se během roku proud elektronů vysílaných Sluncem vzhledem k proměnné orientaci sluneční osy vůči Zemi. Tento člen odpovídá složce mající původ ve vysoké atmosféře nad 100 km. Druhý člen s periodou roční má na severní polokouli maximum v říjnu a minimum v březnu. Na jižní polokouli je vše posunuto o půl roku. Podobný průběh jeví množství ozonu v atmosféře, jenže maximum nastává na jaře a minimum na podzim. Odpovídá tedy druhý periodický člen složce vznikající rozkladem a zánikem ozonu ve výši mezi 20 až 40 km. Emisní složka světla noční oblohy přispívá proto z valné části k jeho proměnnosti. Z Rayleighových výsledků plyne také jasně závislost na činnosti sluneční; zejména pro střední část spektra, kde dominuje zelená čára kyslíku.

Zbývá ještě všimnouti si spojitě složky. Při měřeních fotografických v oboru 3800 až 5000 Å jest spojitě pozadí dosti důležité na rozdíl od měření visuálních, kde spíše převládá část emisní. Dufay odhaduje pro fotografický obor, že pouze  $\frac{1}{3}$  jasnosti se dá

přisouditi složce emisní a  $\frac{2}{3}$  pocházejí ze spojitého pozadí. Na druhé straně nejnovější odhady na základě hvězdných statistik přisuzují přímému světlu stálic  $\frac{1}{3}$ , nejvýše  $\frac{1}{5}$  celkové jasnosti. Je zde proto nový zbytek asi 45% jasnosti měřené fotograficky, který nepatří ani emisi ve vysoké atmosféře ani přímému světlu stálic. Na pomoc tu přispěla měření polarisace světla. Světlo noční oblohy je slabě polarisováno — zhruba asi 5% — a rovina polarisační prochází stále Sluncem. Tím jest podepřena domněnka o rozptylu slunečního světla, jak také plyne z existence Fraunhoferových čar. Tyto však samy nestačí, jelikož souhrn všech stálic má také spektrum typu slunečního. Jelikož je polarisace světla slabá, může nastávat rozptyl jen na větších částicích, jako jsou meteory, a vracíme se tak ku staré hypotese Saletově. Pro tuto není však jiných důvodů stejně, jako není důvodů proti ní, neboť naše odhady počtu a hustoty meteorů ve sluneční soustavě jsou velmi libovolné.

Nebo snad běží o rozptyl slunečního světla na malých částicích, jako jsou prach, molekuly nebo volné elektrony. Zodiakální světlo vzniká podobným způsobem v prostoru sluneční soustavy, jest však mnohem více polarisováno. Nezbyvá tedy v našem případě než uvažovati o rozptylu světla mimo sluneční soustavu, kde by světlo stálic rozptýlené ze všech směrů bylo stejně důležité jako světlo sluneční a dávalo tedy vznik jen slabé polarisaci.

A tak se dostává problém světla noční oblohy do souvislosti s absorpcí světla v mezihvězdném prostoru. Z celé řady různých pozorování se celkem poznalo, že v okolí roviny Mléčné dráhy existuje absorbující vrstva, pohlcující více paprsky fialové než paprsky žluté. Jde tedy o difusní rozptyl světla na malých částicích. Ze známé absorpce dá se také počítati difuse světla. Struve provedl první takový výpočet a našel při zanedbání absorpce rozptýleného světla stálic výsledek 4krát větší, než dávají skutečná měření. Jeho výpočet opravil Dufay v tom smyslu, že počítá nejen s difusí světla stálic, ale také s jeho absorpcí, což je celkem přirozené, ale současně velmi komplikuje celý výpočet. Dochází k podstatně menším výsledkům. Intensita rozptýleného světla stálic dosahuje nejvýše  $\frac{1}{2}$  světla přímého. Naše konečná bilance pro fotografický obor bude tedy následující. Na emisi připadá asi 30%, o zbytek 70% dělí se přímé světlo stálic asi 25%, rozptýlené světlo stálic asi 15% a na rozptýlené světlo sluneční zůstává 30%.

Z těchto údajů dosud jen velmi hrubých je názorně viděti, jak složitý je náš problém proti původní koncepci Newcombově. Jeho složky, emise atmosféry, rozptýlené světlo sluneční, přímé i rozptýlené světlo stálic, přivádějí do styku astrofysiku s geofysikou a meteorologií, jak se již stalo v četných problémech jiných.