

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

J. Najman

O tlaku světelného záření. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 36 (1907), No. 4, 360--378

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123114>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1907

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>

obdržíme

$$\Pi = \int \sigma_1(u)^{-\lambda+\mu+\nu} \sigma_2(u)^{\lambda-\mu+\nu} \sigma_3(u)^{\lambda+\mu-\nu} \sigma(u)^{-\lambda-\mu-\nu} du,$$

a meze integrálů základních jsou 0 a ω , resp. 0 a ω_3 , značí-li $2\omega_1$ a $2\omega_3$ periody funkce pu . Integrační dráha probíhá v rovině u jen směry rovnoběžnými ku stranám parallelogramu period a ježto oběhy kolem bodů e_i se zde zobrazí jen jakožto poloběhy kolem bodů ekvivalentních polovičním periodám, jeví se jednotlivé části dráhy seřazeny jen za sebou, kdežto v rovině x nalézáme až osm dílů dráhy integrační, vedených rovnoběžně kolem téhož bodu roviny.

Nahradíme-li konečně funkce σ pod integrálem funkcemi ϑ , obdržíme tak zvanou Wirtingerovu formuli, z které možno vyvinovati způsobem až doposud nejpohodlnějším, však přec ještě velmi obtížným, integrál hypergeometrické rovnice, konvergentní v každém bodu roviny. Z téže formule lze též odvoditi grupu diferenciální rovnice, o čemž hodlám se zmíniti v pojednání příštím.

O tlaku světelného záření.

(Dokončení.)

Napsal prof. J. Najman v Rakovníce.

Uspokojující shoda výsledků experimentálních, jichž docílili *Nichols* a *Hull*, s úvahami theoretickými zaručovala do značné míry možnost aplikace radiačního tlaku na různé, do té doby velice záhadné úkazy kosmické a pozemské.

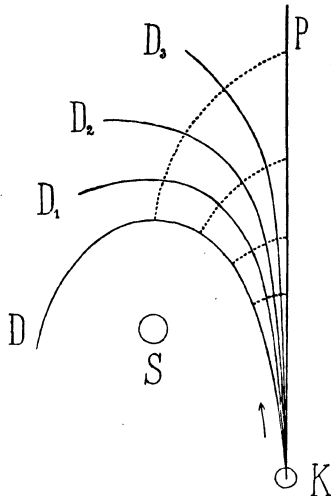
Zprvu vyšetřovány byly hlavně vztahy mezi tlakem záření a gravitací. Tak *Lebeděv* *) odvodil poměr obou těchto sil pro tmavá tělesa kulová, jichž rozměry jsou veliké proti délce vlny, a řešil počtem interesantní problém velikosti odpudivé síly světla na těliska v ohonech komet. Pro tmavé koule závisí radiační tlak přímo na intenzitě světla, na absorpci a odrazecí mohutnosti plochy a průřezu tělesa osvětleného, kdežto gravitační přitažlivá síla je úměrna objemu a hustotě; bude tedy

*) *P. Lebeděv*. Wied. Ann. 45, p. 292, 1892.

poměr radiačního tlaku ku váze nepřímo úměrný s poloměrem a hustotou a nebude záviseti na vzdálenosti od slunce, ježto intensity radiačního tlaku i gravitace ubývá se čtvercem vzdálenosti. Našel pak, vzav za základ solární konstantu = 3, že výsledná přitažlivá síla S měřená v jednotkách gravitačních se dá vyjádřiti vzorcem:

$$S = 1 - \frac{1}{10.000 r \cdot s'}$$

kdež r značí poloměr a s hustotu látky. Může se tedy gravi-



Obr. 1.

tace pro kameny o průměru menším než 1 cm zmenšiti až o 0·0001 svého obnosu. Představíme-li si dle *Lebeděva* *) komety jako shluk meteoritů, vznikne tedy radiačním tlakem značná změna v jejich oběhu kol slunce. Jsou-li tedy dány v jistém bodě směr a rychlost shluku, opisují veliké kameny všechny touž dráhu D , již lze vypočísti dle známých zákonů. Pro menší tělesa budou to dráhy D_1, D_2, D_3 a pro tělíska mikroskopická,

*) *P. Lebedév*. Rapports présentés au Congrès international de Physique. Paris 1900. II tome, pag. 133.

u nichž se atrakční síla zruší tlakem záření, přímka *P*. Pohybuje-li se tedy kometa směrem označeným šipkou, bude shluk meteoritů stále měniti svůj tvar ve smyslu vytečkovaných čar a vznikne tak ohon komety. Obdobně soudí, že se může periodická kometa deformovati v prstenec meteoritů s hlavním shlukem, jehož doba oběhu však nemůže býti vypočtena, ježto nemáme přesných údajů o velikosti hmoty skládající hlavní shluk.

Podobnými úvahami zanášel se také *Poynting*,*) který propočítal množství tepla, jímž jsou zásobovány planety od slunce, a odhadl temperaturu planet ze solární konstanty 2·5 na základě tabulek *Kurlbaumových* pro množství vyzářené energie tepelné za sek. ze zdrojů o různé teplotě. Vypočetl úhrnný tlak slunečního světla na zemi na 70.000 tun, jenž ovšem je nepatrný proti ohromné gravitační síle obnášející $36 \cdot 10^{20}$ kg. Teprve kdyby se hmota země rozestřela na slunce obklopující kulovou vrstvu o poloměru aspoň čtyřikrát větším než je vzdálenost Neptuna, vyrovnal by se radiační tlak gravitaci, a ona dutá koule neměla by snahu se stáhnouti. Z odpudivé síly záření slunečního na naši zemi působící našel pak, že by se dvě koule o průměru 6·8 cm, mající hustotu a teplotu země, vlivem radiačního tlaku udržely proti gravitační síle v téže relativní vzdálenosti, kdyby absolutní temperatura slunce obnášela 6300° a zákon *Stefanův* platil též pro tuto ohromně vysokou teplotu. Ovšem nedá se předpokládati, že by tak drobná tělíska ve světovém prostoru měla teplotu země; ve skutečnosti bude odpudivá síla záření daleko menší. *Poynting* si tím způsobem vysvětluje, proč řídce rozestřený pruh meteoritů nehledí se smrštití.

Každé zářící těleso v pohybu zhušťuje před sebou energii záření a za sebou ji zřeďuje, čímž vzniká zpětný tlak umenšující jeho rychlost. Podobně je tomu také u naší země; *Thiesen***) odhadl na základě theoretických úvah příslušný tlak zpětný pro zemi na 1000 kg pro případ záření tmavého, při čemž zavedl do počtu nejvýše přípustnou absolutní temperaturu *T* světového prostoru v blízkosti země. Vliv toho reakčního tlaku je nepatrný,

*) *Poynting*. Radiation in the Solar system. Nature 70, p. 512, 1904.

**) *M. Thiesen*. Verh. d. d. phys. Ges. 3, p. 177, 1901.

ježto zmenšení doby oběhu za rok by obnášelo jen $4:3 \cdot 10^{-22} T^4$ sekundy, a kromě toho je víc jak vyvážen tlakem ve směru pohybu země, který, jak uvádí *Poynting*,*) vzniká tím, že ta polokoule, kterou se země pohybuje v před, je chladnější než zadní, ježto při rotaci země nastupují v předu následkem retardace při oteplení partie chladnější. Kdyby pak přední polokoule měla teplotu 300° a zadní 301° , obnášela by urychlující síla 165.000 kg , a ta by rovněž nezpůsobila pozorovatelný efekt. Jedná-li se však o kosmický prach, tu stoupne poměr radiačního tlaku ku gravitaci v tom poměru, kolikrát se zmenší radius, a účinek byl by patrný ve staletích. Postupná jeho rychlost se zmenší, tělísko bude strhováno ke slunci, odporu v postupném pohybu bude přibývatí při menší vzdálenosti od slunce se vzrůstající teplotou; a tak částice bude opisovati spirálu stále prudší, až konečně dopadne na slunce. Z toho dedukuje *Poynting*,**) že slunce očišťuje prostor kol sebe od prachových částic.

Vznik chvostů u komet dá se vysvětliti dle *Lebeděvova* vzorce (viz výše) působením slunečního tlaku na tělíska, jichž průměr je veličinou téhož řádu jako délka vlny. Jenom pak může radiační tlak kompenzovati resp. převyšovati gravitaci. *Bredichin****) vypočetl z různého zakřivení ohonů u 40 komet, že v nich musí poměr radiačního tlaku ke gravitaci rovnati se číslům 18.5 resp. 3.2 , 2.0 , 1.5 , a proto třeba předpokládati, že ohony jsou vytvořeny z nepatrných částic. Kolem těchto mohou se však světelné vlny ohýbati, aniž by ve svém průběhu byly znatelně rušeny.

Přihlížeje k tomu odvodil *Schwarzschild*†) exaktní theorii reflexe a ohybu světla pro kouli dokonale odrážející se stanoviska elektromagnetické theorie. Pokládal za jisto, že při zmenšení průměru mikroskopických koulí tlak světla vlivem ohybu musí stále klesati, a že dosáhne určitého maxima pro koule

*) *Poynting*, Nature 71, p. 200, 1904. Též *Hasenöhrl*. Jahrb. d. Radioakt. 2, p. 304, 1905.

**) *Poynting*, Nature 70, p. 512, 1904.

***) *Bredichin*. Revision des valeurs numériques de la force répulsive. Lpz. Voss. 1885.

†) *Schwarzschild*. Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse München 31, 1901.

velikosti téhož řádu jako délka vlny. Vyšel z rovnic Maxwellových, určil podmínky na povrchu koule a došel k závěru, že krajní hodnota poměru tlaku k hustotě energie pro velmi malé

koule $\frac{P}{E} = \frac{224}{3} \pi^5 \frac{r^6}{\lambda^4}$, kdež r značí poloměr, a pro velké koule

$\frac{P}{E} = \pi r^2$. Odtud odvodil, že by se pro ten případ, kdyby se

celé sluneční záření skládalo z vln o délce 0.6μ , jež se vyskytuje v nejjasnější části spektra, a kdyby spec. váha částic byla rovna jednotce a solární konstanta 2.5 , tlak světla vyrovnal tíži, klesne-li průměr koule na 1.5μ . Při dalším zmenšení průměru vzroste tlak nad tíži, tak že ji při průměru 0.18μ převýší osmnáctkrát. Pak rychle klesá, při průměru 0.07μ jest opět roven tíži a blíží se velice rychle k nulle. Intensita záření a tlak světla je však funkcí délky vlny; jedná-li se tedy o záření, v němž všechny délky vln jsou zastoupeny, klesne poměr tlaku ku váze na polovičku; ale poněvadž hustota látky v ohonech komet obnáší asi 0.8 (hustota uhlovodíků), a solární konstanta byla odhadnuta poměrně nízko (2.5 místo 3.5 až 4), soudí, že pro poměrně úzké hranice velikostí kuliček (průměr kolem 0.18μ) poměr světelného tlaku ku váze stoupne asi na 20 ; dle toho může světelný tlak vytvořiti pozorované ohony komet, ale odpudivá síla, jež by tíži převyšovala víc než dvacetkrát, nedala by se vysvětliti pouhým tlakem záření.

Elster a Geitel *) zkoumali známý úkaz, že se ztrácí elektrický náboj z tělesa, jež je ve volném styku s okolním vzduchem, měříce na izolovaném elektroskopu úbytek rozstupu lístků spojených vodivě s papírovým válcem polepeným staniolem. Na základě řady pokusů přišli k názoru, že uvedený účinek nutno připsati tomu, že vzduch v atmosféře obsahuje jednak částice (ionty) s vlastním pozitivním nábojem, jednak s nábojem negativním, jež se v elektrostatickém poli pohybují podle okolností rychlostí různou, uvádějí tím vzduch v jakýsi stav elektrické vodivosti a při dopadu na těleso neutralisují jeho náboj. Rychlost výboje se však zmenšila, když obklopili elektroskop umístěný v drátěné kleci mlhou vzniklou současným vypařením amonia-

*) *J. Elster a H. Geitel. Ann. d. Physik* 2, p. 425, 1900.

kální vody a kys. solné, nebo když spojili elektroskop vodivě s uzavřeným prostorem naplněným vodními parami, jež nechali kondensovati zmenšivše tlak. Když však tlak par kompressí zvětšili a tím mlhu odstranili, dostoupil rozptyl náboje původního obnosu. Dle toho srážejí se kol nabitých iontů kapky vodních par, jež mají větší hmotu a tím menší pohyblivost než ionty samy, tak že úbytek náboje na elektroskopu není tak značný.

Wilson *) měřil expansi nutnou ke kondensaci naplniv vzduch střídavě ionty skoro vesměs pozitivními nebo negativními a našel, že, má-li nastati kondensace, musí poměr $\frac{v_2}{v_1}$ vzduchového objemu konečného ku počátečnímu obnáseti pro negativní ionty 1·25, kdežto pro pozitivní 1·31. Z toho soudí, že způsobují-li skutečně ionty kondensaci par v atmosféře, bude se tak díti buď z větší části nebo výhradně kol iontů negativních. Tato různá kondensační schopnost nepochází dle *J. J. Thomsona* **) odtud, že by byl náboj negativních iontů větší než pozitivních, nýbrž je asi důsledkem toho, že se při ionisaci vzduchu oddělují od atomů malá korpuskula s nábojem záporným, kdežto zbylá větší část atomu dostane stejně veliký náboj pozitivní. Také poměr hmoty ku náboji $\frac{m}{e}$ je u negativně nabitých částic nezávislý na jakosti plynu, kdežto pro pozitivní se ten poměr mění od plynu k plynu.

Stručně zde dotčená theorie negativních elektronů kombinovaná s teorií tlaku záření byla v novější době více méně spekulativně aplikována *Arrheniem* ***) na výklad některých kosmických a terrestrických zjevů, jako na sluneční koronu, zodiakální světlo, protisvit, severní záři, na periodické změny některých úkazů meteorologických, na vznik zvláštního tvaru komet, na původ látek kometových a meteorických ve světovém prostoru a j. Uvedu myšlenkový obsah jeho výkladu tuto zmíněných zjevů.

*) *C. T. R. Wilson*. *Nature* 60, p. 238, 1899.

**) *J. J. Thomson*, *Nature* 60, p. 586, 1899.

***) *Sv. Arrhenius*, *Lehrbuch der kosm. Physik* I, p. 114, 1903.

Korona. Tento jasný paprskový obal slunce, vystupující při jeho úplném zatmění, skládá se z části vnitřní, jež se jeví jako jasnější prstenec o průměru 3—4 úhlových minut, a ze vnější, jež se prostírá paprskovitě do vzdálenosti rovné často 3—4 průměrům slunce. Tvar její nebývá kruhový; ve většině případů vysílala korona nejdelší paprsky v tom směru, kde na okraji slunce pozorována byla nejmocnější činnost slunce, t. j. kde shledány byly zvláště mohutné protuberance, fakule a sluneční skvrny. Bývají v ní tmavé zářezy dosahující zhusta slunečního okraje, které nelze pokládati za stíny mračen ve sluneční atmosféře, ježto mívají tvar zakřivený. Spektrální rozbor světla krajních částí korony dávající souvislé spektrum s absorpčními čarami a částečná jeho polarisace ukazuje na přítomnost pevných neb tekutých částic odrážejících sluneční světlo; u vnitřní části korony vystupuje vedle spektra spojitého též spektrum plynové, v němž je patrna čára koroniová vedle čar vodíkových. Chromosféra a protuberance skládají se dle spektrálního rozboru hlavně z vodíku, jenž je asi v takovém stavu záření, který vzniká při elektrických výbojích; a tento elektricky svítící vodík jest dle pokusů *Schumannových* *) velice bohatým zdrojem světla ultrafialového, které je atmosférou zemskou silně pohlcováno. Hmota korony je velice řídká, což dokazuje průchod komety z r. 1843 hustšími vrstvami korony ve vzdálenosti jen 3—4 minut od povrchu slunce s ohromnou rychlostí 570 km za sek., při kterém nevzala kometa poruchy. Že při této nepatrné hustotě, jež se dá srovnati jen s hustotou plynu ve vysokém vakuu, korona přece vysílá světlo, způsobují mohutné proudy vespod svítícího plynu.

Vznik korony vysvětluje *Arrhenius* **) tím, že při ohromných erupcích na slunci vznikají elektrické výboje takových rozměrů, že proti nim úplně mizí elektrická činnost při výbuchu sopek na zemi. Výboje ty jsou doprovázeny vývinem katodových paprsků ionisujících řídký plyn v hořejších vrstvách sluneční atmosféry. Hmotné částice při erupcích od slunce vyvržené stávají se pak kondenzačními jádry pro plyn s nábojem po většině

*) *V. Schumann*, Sitz. Wien II, 102, p. 415, 625, 1893; též *P. Lenard*, Ann. d. Physik, 1, p. 486, 1900.

**) *Sv. Arrhenius*, Phys. Zeitschrift 2, p. 81—87, 97—105, 1900.

záporným a ten náboj vlekou s sebou do světového prostoru odpuzovány jsou tlakem světla, který je na slunci $46.000 = (215.7)^2$ -krát větší než na zemi (poloměr zemské dráhy $= 215.7$ slunečním radiům), tak že by udržel v rovnováze černé tělísko kulové o specifické váze rovné jednotce, kdyby jeho průměr obnášel 1.5μ . Tělísko, jež by mělo průměr jen poloviční, bylo by odpuzeno a proběhlo by dráhu rovnou průměru slunce pod vlivem světelného tlaku asi za hodinu. Tak vznikne vláknitý útvar korony. Pohyb tělísek nemusí se jevit vždy ve směru radiálním, poněvadž erupce zhusta stojí k povrchu slunce šikmo, a též perspektivické vlivy mohou optický ten zjev značně pozměniti. Větší část toho kosmického prachu dopadne zpět probíhající křivé dráhy a sdělí slunci svůj záporný náboj; dle *Arrhenia* srazilo se tu několik tělísek v jedno, na něž radiální tlak už tak nepůsobí; dle *Schwarzschilda* *) roztáhly se částice uniklé do výše a rozdělily v tělíška menší; ta spadnou zpět, ježto pro menší koule poměru tlaku světelného ku váze prudce ubývá. Částice ostatní se však odpudí do světového prostoru a budou se po jisté době pohybovati přímočárně s rychlostí rovnoměrnou. Koncentrace jich ubývalo by tedy se čtvercem vzdálenosti, poněvadž se však z části ke slunci vracejí, bude jí ubývati ještě prudčeji. Odtokem negativně nabitých částic hmotných obdrží korona náboj kladný, který zruší účinek negativního náboje slunečního na venek. Dopadnou-li záporně zelektrisované kondensační produkty do vesmíru vypuzené do hořejších vrstev zemské atmosféry, dají dle *Arrhenia* vznik zodiakálnímu světlu a severní záři.

Zodiakální světlo, jeden z nejzáhadnějších úkazů astronomických, jeví se nám za příznivých podmínek jako světelný kužel málo jasný a vyčnívající nad horizont v rovině ekliptiky. Dá se pozorovati nejspíše za soumraku v době rovnodennosti, ježto tehda je sklon ekliptiky k rovníku největší, a to při soumraku večerním na západě, při soumraku ranním na východě. Světlo zvířetníkové záře jest částečně polarisováno a dává, jak našel *Vogel* **), spektrum spojité, jež pochází asi od odraženého

*) *Schwarzschild*, Sitz. München 31, 1901.

***) *G. Gruss*, Z říše hvězd, p. 543.

světla slunečního · vedle toho zjistil v něm též žlutozelenou čáru severní záře ($\lambda = 557\cdot0 \mu\mu$).

Jak již řečeno, konstatovali *Elster a Geitel* *) na základě četných měření ionisaci vzduchu v atmosféře. *Lenard* **) nařídil světlo, jež vycházelo z jisker mezi aluminiovými póly sekundární cívkou induktoria, na kovovou desku spojenou s elektroskopem a pozoroval, že se její pozitivní i negativní náboj rychle ztrácel; přesvědčil se pokusy, že právě nejzazší část ultrafialového záření, na něž je světlo to bohato, je absorbována vzduchem, a že z této absorpce vzniká elektrická vodivost v prozářeném vzduchu. Dle toho soudil, že plynný obal sluneční vyzařující hojnost paprsků ultrafialových vysílá světlo, jež ionisuje nejvyšší vrstvy vzduchové, odkudž se ionty diffúzí a prouděním rozšíří celou atmosférou. To dosvědčila elektroskopická pozorování, jež provedl *Lenard* v Alpách a *Linss* ***) v nížinách.

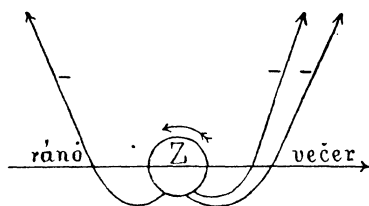
Opíraje se o tyto poznatky vysvětluje *Arrhenius* původ záře zvířetníkové hypotesou, dle níž negativně nabitá tělíška dopadší ze slunce do vyšších vrstev zemské atmosféry přitahují kladně nabitě ionty vzduchu a oddalují ionty záporné, jež se s počátku pohybují od země směrem radia přibírajíce cestou hlavně vodní páry z atmosféry a pak jsou odpuzovány světelným tlakem radiálně od slunce. Tím utvoří se dva světelné proudy podobné ohonům u komet na neosvětlené straně země. Na večer pozorovaný pruh bude následkem zemské rotace poněkud světlejší. Ježto v rovině ekliptiky je insolace nejsilnější a množství par největší, vytvoří se světelné pruhy kol ekliptiky; jasnosti jich bude se vzdáleností od země rychle ubývat. Podobně všecka tělesa nebeská v planetárním systému utvoří za sebou jakýsi druh stínu, který bude téměř prost negativně nabitých částic. Ta tělíška, jež budou padati ke slunci zpět směrem jeho radia, způsobí v odraženém světle slunečním záři, jejíž maximum bude položeno z důvodů perspektivních na protivné straně od slunce, čímž vznikne tak zvaný **protisvit** (Gegenschein).

*) *J. Elster a H. Geitel*, Ann. d. Physik 2, p. 425, 1900.

**) *P. Lenard*, Ann. d. Physik 1, p. 486, 1900.

***) *J. Linss*, Met. Zeitschrift p. 352, 1887; též Elektrotechn. Zeitschrift 11, 1890.

Určité kvantum kosmické látky od slunce odpuzené dostane se však majíc větší rychlost hlouběji do zemské atmosféry, svede se dle *Wilsona* *) vodními srážkami k zemi a odevzdá jí svůj negativní náboj. Ten však neporoste do nekonečna, poněvadž se ultrafialovými paprsky stále rozptyluje, tak že nastane jakýsi stav labilní rovnováhy. Totéž bude platiti o negativní elektrině kosmické látky nahromaděné ve vyšších řídkých vrstvách atmosféry; *Lenard* **) zjistil totiž experimentálně, že se ztrácí záporný



Obr. 2.

náboj katody v rouře tak evakuované, že jí už neprochází elektrický výboj, v tom případě, osvětlí-li se katoda světlem ultrafialovým. Pozorovaný úkaz připisuje *Lenard* katodovým paprskům šířícím se z osvětleného místa a odnášejícím elektrinu zápornou, poněvadž se elektrody proti katodě umístěné nabíjely při tom pokusu negativně a jejich náboj dal se přenést příčným magnetickým polem na jiné místo. U luno, která nemá téměř žádné atmosféry, rozdělí se negativní náboj dle *Arrhenia* stejnoměrně po celém povrchu, a vznikne zjev podobný zodiakálnímu světlu kol jejího celého obrysu; tomu by nasvědčovala známá okolnost při zatmění měsíce, že totiž stín země je viditelný také v malé vzdálenosti od jejího povrchu.

*) *C. T. R. Wilson*. *Nature* 60, p. 586, 1899.

**) *P. Lenard*. *Ann. d. Physik* 2, p. 359, 1900.

Podobný původ jako zodiakálnímu světlu přisuzuje *Arrhenius* *) též **polární září**. Většinu tělisek světelným tlakem od slunce vypuzených a majících nepatrnou hmotu zadrží zemská atmosféra ve značné výši (asi 200 km), v níž odhaduje tlak na 10^{-8} mm rtuti. Negativní náboj, který tím způsobem obdrží, může dostoupiti značného napětí nahromaděním zmíněné látky kosmické; mezi vrstvami vzduchovými nastane vyrovnávání elektriny doprovázené vznikem katodových paprsků. Nejsilnější výboje budou se díti v krajinách rovníkových, ježto tam dopadá nejvíce částic. Luminiscence vzduchu při výbojích nebude však zde značná pro nepatrnou jeho hustotu a z toho důvodu, že katodové paprsky mají snahu pohybovati se směrem magnetického pole zemského, jež probíhá v těch místech s horizontem rovnoběžně, a proto nevniknou hloub do atmosféry; způsobí nejvýše jen slabou diffusní září (Erdschein); skutečně vystupuje zhusta čára severní záře na všech místech oblohy a objevuje se také ve světle zvířetníkovém.

Negativně nabitě částice budou zanášeny proudy vzduchovými k pólům a katodové paprsky budou opisovati kol silokřivek magnetismu zemského šroubovice tím zakřivenější, čím kolmější bude jich původní směr ke směru magnetického pole zemského. Domněnka ta založena je na pokusech provedených *Lenardem* **), který zeslabil odtok katodových paprsků z katody osvětlené ultrafialovým zářením v rouři co možná vyzduchoprázdne zavedením magnetického pole směru opačného než byl směr paprsků katodových. Tyto opisovaly kol magnetického pole dráhy kruhové; užilo-li se pole silnějšího, byly z části vráceny zpět. Blíž zemských polů směřují silokřivky k horizontu téměř kolmo, katodové paprsky vniknou hloub do ovzduší a když dostoupily vrstev, kde je hustota vzduchu asi 0.01 mm, vzbuzují fosforescenci a vyvíjí pozorovatelný efekt světelný známý pod jménem polární záře. Tím si vysvětlíme podobnost spektra polární záře se spektrem velice zředěného vzduchu, jímž procházejí elektrické výboje, a známý úkaz, že od rovníku k pólům přibývá množství polárních září s ubývající výškou jejich nad obzorem.

*) *Sv. Arrhenius*. Phys. Zeitschrift 2, p. 81—89, 1900.

***) *P. Lenard*. Ann. d. Physik 2, p. 359, 1900.

Mají-li skutečně polární záře původ ve výše naznačené činnosti slunce, dá se čekat, že počet jich bude se měnit v periodě 11leté jako počet slunečních skvrn. Periodicita ta bude však do značné míry zastřena rušivými okolnostmi. Jest totiž především zapotřebí jisté doby, aby se negativně nabitě látky nahromadily blíž obou pólů v množství dostatečném, a vedle toho působí nepříznivě na světelný ten zjev měnlivá jasnost ovzduší a nestejný stav mračen ve vyšších vrstvách atmosférických. Přes to podařilo se *Wolfovi* *), *Loomisovi* a j. dokázati existenci 11leté periody. Dokladem této jsou též magnetické bouře, jež doprovázejí severní záře a jsou nezávislé od osvětlení atmosféry. Dalším důsledkem theorie *Arrheniovy* je jednoletá perioda polárních září mající původ v tom, že osa slunce je k ose ekliptiky skloněna v úhlu 7° , a že maximum slunečních skvrn připadá kol 15° severní a jižní šířky slunce, tak že během roku jsou nestejně účinné pruhy sluneční obráceny proti zemi; dále perioda odpovídající době tropického oběhu luny, ježto měsíc při oběhu kol země mění výšku nad obzorem pozorovatele a tím periodicky umenšuje negativní potenciál země proti světovému prostoru svým vlastním vysokým nábojem záporným. Jest tu také zaručená perioda 26denní odkazující k době synodického oběhu vyšších pochodní na slunci, z nichž asi hlavně vycházejí erupce, jež vysílají kosmický prach.

Kondenzační schopnost negativně nabitých částic může však přivoditi i jiné atmosférické zjevy. Tak seznal *Klein* v době od r. 1850 do r. 1870, že maxima a minima nejvyšších druhů mračen jako řas, řasoslohů a řasokup spadají do epoch maxima a minima relativního počtu slunečních skvrn. Dle pozorování, jež provedl *Meldrum* a *Lockyer*, tvoří se v době maxima též hojnější vodní srážky, jichž pravidelnost vystupuje v tropech poněkud lépe než u nás. Souhlasné, třeba malé změny byly též shledány ve stavu vody hlavních německých a francouzských řek. *Flammarion* usoudil z měření teploty, jež vykonal v Juvisy ve střední Francii, že jarní měsíce v létech maxima slunečních skvrn jsou teplejší. Obdobné změny pozorovány byly též v barometrickém tlaku. Mnohé meteorologické úkazy vykazují též

*) *G. Gruss*, Z říše hvězd, p. 429.

periodu 26tidenní. Ačkoli jsou většinou ty zjevy povahy čistě místní a někde účinkem lokálních vlivů mohou vypadnouti ve smyslu právě opačném, zasluhují přece při své důležitosti pro lidskou kulturu zevrubného vyšetření.

Velice zajímavou je aplikace radiačního tlaku slunečního na theorii vysvětlující vznik podivuhodného tvaru **komet**. Ty, jak známo, sestávají pravidelně z jádra a mlhového obalu (komy) tvořících hlavu komety a z ohonu. Koma je podstatnou částí vlasatice, ježto se vyskytují komety také bez jádra a ohonu; tak zvané komety teleskopické dají se jen svými pohyby rozeznati od planet nebo hvězd. Obyčejně však bývají vlasatice opatřeny jedním nebo více ohony (na př. kometa z r. 1744 měla jich 5), jež jsou většinou od slunce odvráceny, výjimkou též někdy ke slunci přivráceny. Když se kometa přibližuje ke slunci, počne se chvost vytvářeti, když se vzdaluje z perihelia, ubývá ho, a to vlivem tepelné retardace pomaleji, než ho přibývalo. Chvost je obklopen na straně ke slunci přivrácené jasnější obálkou, jež vzniká nejspíše vypařením tekutých uhlovodíků z jádra. Pochod ten se děje často v podobě prudkých nárazů, čímž se průměr hlavy vlasatic zvětší. V blízkosti perihelia se však obálka značně stáhne. Spektrum komet je velice podobno spektru uhlovodíků; poblíž slunce, když teplota značně stoupá, nastupuje na jeho místo vidmo spojité s jasnou čarou natriovou, jak seznal *Vogel* u komety z r. 1882 I objevené *Wellsem*.

Úkazy naskytující se v hlavě komety jsou velice složité, a výklad jich je obtížný, ježto celá řada příčin přispívá k jich spletité struktuře. Dle náhledu *Nicholse* a *Hulla**) vynaloží se teplo, jež kometa získala od slunce,

1. na zvýšení teploty jádra; teplo k tomu potřebné je malé, ježto hmota komety není značná, a látka v ní má nevelikou tepelnou vodivost a teplo specifické,
2. na vypaření prchavých uhlovodíků a jiných látek z jádra,
3. na značné ztráty tepelné vzniklé vyzařováním tepla z jádra.

Jsou-li tedy jádra komet pórovitá, jako tomu bývá u meteoritů, vypaří se z nich poblíže slunce množství uhlovodíkové

*) *Rapports of the Smithsonian Institution 1905.*

látky, a směs prachu a plynu vyrazí ze vnější jejích vrstvy. Náhlý výbuch par může po případě při silném zahřetí přivoditi též prasknutí jádra samého. U jeho povrchu má plyn větší tlak, páry budou stoupatí vzhůru, a výstup ten jest, jak se domnívají, prakticky nerušen radiačním tlakem paprsků slunečních a samotného jádra, protože jich molekulární rozměry jsou malé. Teprve ve značnější vzdálenosti nastává jich kondensace způsobená expansí a ochlazením, čímž se utvoří obálka, zvětší se odpudivá síla radiace sluneční a látka v obálce bude odpuzována tvoříc při tom ohon. Tvoření se obálky napomáhá dle *Arrhenia* *) přítok negativně nabitých jader od slunce, na nichž se vystupující páry srážejí. Vypařování z jádra komety bude úměrně síle slunečního záření, to jest bude ho ubývati se čtvercem vzdálenosti od slunce. Kdyby množství látky ze slunce vystupující ubývalo v témž poměru, neměnila by se vzdálenost obálky od jádra. Poněvadž však její koncentrace ubývá rychleji, nastává smršnění komy blíže perihelia.

Větší jasnost obálky lze přisouditi hlavně tomu, že má dostatečně velikou hustotu, aby se v ní látka ze slunce vyvržená zadržela ve svém pohybu a jí sdělila svůj elektrický náboj. Bude tedy elektrický výboj v obálce živější a uhlovodíkové spektrum jasnější než v jiných částech komy. Elektrostatické síly zde vystupující, jimiž záporně nabitá látka kometová je přitahována ku pozitivně zelektrisované atmosféře sluneční, nebudou asi míti na útvar komety převládající vliv, ježto budou překážeti formaci ohonu touž měrou, jakou by přispívaly k zvětšení komy.

Stejně nepravděpodobnou zdá se *Arrheniovi* **) domněnka *Zöllnerova* ***), že by negativní náboj slunce byl s to přivoditi rozptýlení záporně zelektrisované látky v ohonech komet, jež dosahují často délky mnoha milionů kilometrů a připisuje jich vznik tlaku slunečního záření. Tento tlak udržel by kapku vodní o průměru $1\cdot5 \mu$ v rovnováze proti síle gravitační. Ježto u *Bredichinových* různých typů ohonů u komet musí světelný tlak převyšovati gravitaci resp. 18·5, 3·2, 2·0, 1·5kráté, soudí, že při specifické váze uhlovodíků rovné 0·8 musil by průměr kapek

*) L. c. p. 208.

**) *Sv. Arrhenius. Phys. Zeitschrift* 2, p. 81, 1900.

***) *G. Gruss. Z říše hvězd*, p. 565.

obnášeti resp. 0·1, 0·59, 0·94 a 1·25 μ , při čemž nebere zřetel na ohyb světla. Pro ohony ke slunci přivrácené, při nichž dle *Bredichina* odpudivá síla světelná = 0·3 tíže, vypadl by průměr asi na 6 μ . Že taková nepatrná tělíška mohou v přírodě existovati, dokazuje to faktum, že se vyskytují jisté druhy bacillů, jež nevidíme pod drobnohledem, a že lze vytvořiti bublinky, v nichž vrstva kapaliny nedosahuje tloušťky 20 $\mu\mu$.

Současné vytvoření několika ohonů u některých komet vykládá si rozdílnou velikostí částic vzniklých sražením par vypuzených z jádra. Tato bude záviseti od koncentrace vystupujícího plynu, od síly slunečního záření a od množství kosmického prachu v tom místě, kde se tvoří ohon. Poněvadž podmínky tyto nebudou stejné v různých částech komety, bude se tu účinek světelného tlaku jeviti různou měrou a převládají-li částice jistých velikostí, může po případě vzniknouti několik ohonů různého zakřivení. Také není vyloučena možnost, že následkem nestejnorodosti jádra tvoří se páry jen na jistých místech. Změna podmínek fyzikálních (hlavně záření slunce) při oběhu komety bude též míti vliv na velikost kapek se srazivších; nemusí tedy poměru radiačního tlaku ke gravitaci ubývati se čtvercem vzdálenosti od slunce. Ultrafialové záření zamezí, aby negativní náboj komet stále stoupal. Že komety svítí světlem vlastním dávající uhlovodíkové spektrum i ve značné vzdálenosti od slunce, kde nemají teploty vyšší než ku př. náš měsíc, vysvětluje se vybíjením negativní elektřiny v atmosféře komety, jejíž hustota nepřevyšuje hustotu plynu v evakuovaných rourách; plyn při výboji v Geisslerově rouře svítí totiž i za teploty tekutého vzduchu, jak dokázal *J. Stark*.*) Na podobnost s výbojem v Geisslerově trubici poukazuje též přechod spektra uhlovodíkového ve spektrum natria při zvýšení teploty komety. Přípustnost theorie *Arrheniovy* podporuje též úkaz podobný severní záři, který byl pozorován při průchodu země ohonem komety a jenž se dá na základě dříve uvedených předpokladů lehce vysvětliti.

Nichols a *Hull* připouštějí sice, že je možno vysvětliti si vznik ohonů u komet jen na základě radiačního tlaku samotného,

*) *J. Stark*, Ann. d. Physik 4, p. 424, 1900.

myslí však, že tu spolupůsobí se světelným tlakem ještě několik sil na malé pevné neb tekuté částice, a to:

1. Radiometrický tlak, kterým jsou malé částice zahřáté na jedné straně a obklopené plyny nebo parami pod tlakem tak malým, že elektrické výboje nastávají jen za vysokého napětí, odpuzovány podobně jako destičky Crookesova radiometru.

2. Reakční tlak vzniklý vypuzením okkludovaných plynů nebo těkavých látek na osvětlené části povrchu tělísek.

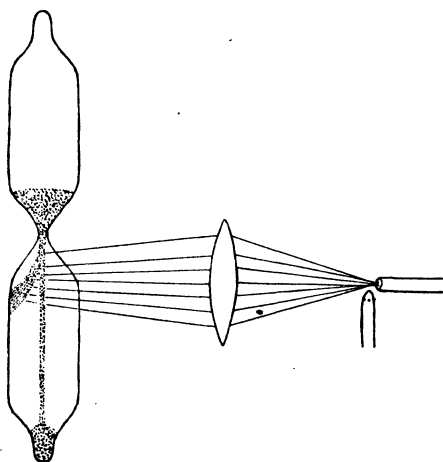
3. Reakční tlak, který přijde k platnosti, kdyby částice byly porézní aneb řídkce nahromaděny, takže obsahují otvory naplněné těkavějšími látkami, jež budou vypuzeny na teplejší straně.

K náhledu, že tyto kombinované síly plynu jsou veliké také ve vysokém vakuu, a že světelný tlak resp. elektrostatické síly mají při tvoření se chvostů u komet význam jen podřízený, docházejí na základě pokusů s ohony komet vytvořenými v laboratoři

Za tím účelem užili evakuované roury a hleděli v ní docílit takových podmínek, jaké asi panují v ohonech komet. Po delším pátrání našli jistý druh pýchavky, jejíž prášková zrna měla průměrně radius 1μ , měla kulový tvar a přibližně stejnou velikost. Zahřetím do červena byl z nich vyhnán olej, tak že dostali uhelné kuličky houbovitě o hustotě asi 0.1. Prášek ten byl smíchán s hladivcovým pískem a vložen do skleněné roury podobné přesýpacím hodinám. Jeden konec roury připojen byl ke rtuťové vývěvě a druhý k nádobce se rtutí. Aby dostali co možná dokonalé vakuum, zahřívali rouru obalenou drátěnou sítí až pod bod tání skla a čerpali vzduch po několik hodin; pak uvedli rtuť do varu, vzniklé páry rtuťové vyhnaly zbylé stopy plynu z roury. Pak vývěvu odstavili a rtuťové páry v ní srazili mrazivou směsí o teplotě -80°C , načež odtavili také nádobku se rtutí.

Při provedení pokusu postavili přesýpací hodiny vertikálně (obr. 3.), naměřili paprsek světelný o známé intenzitě pod zúžené místo a uvedli prášek poklepem v pohyb. Písek padal svisle dolů, ale prášek byl hnán stranou. Když změřili deflekční úhel, shledali, že je tuze veliký proti vypočtenému a že nemůže tedy býti připsán jedině světelnému tlaku; z toho soudili, že vystupuje zde síla charakteru reakčního, jež je aspoň 10krát větší

než radiační tlak, který by sám o sobě způsoboval efekt sice pozorovatelný, ale daleko menší než ten, který obdrželi. Podmínky při pokusu tomto byly daleko méně příznivé, než tomu je u komet, ježto při experimentu přišla k platnosti gravitace zemská, jež je 1600krát větší než gravitace sluneční ve vzdálenosti země, a poněvadž bylo nutno měřiti odpudivou sílu v jednotkách gravitace zemské. Intenzita obloukového světla byla jen asi 40krát větší slunečního světla.



Obr. 3.

Ovšem nelze říci (tak soudí oba badatelé) pro neznalost skutečných poměrů v kometách, jak dalece popsany pokus vyhovoval svému účelu. *Nichols* zjistil, že radiometrický tlak při vysokém vakuu je nepatrný, jedná-li se o účinek na tělesa větší, ale nemusí tomu tak býti u malých tělísek. Není tedy vyloučena možnost, že uhlovodíkové páry odpuzují částice v ohonech komet silami podobnými těm, jež vystupují v radiometru. Rovněž je nemožno na základě velice kusých poznatků astronomických zavrhnouti předem náhled, že existuje pod 2. a 3. výše uvedený tlak reakční, který nevyžaduje vůbec přítomnosti difusní atmosféry.

Nichols a *Hull* pokládají tudíž problém vzniku ohonů u komet za dosud nerozřešený pro značnou spleť v ní se vyskytujících vlivů, doufají však, že bude jej možno aspoň z části

objasniti, užije-li se jemnějších zrnek a křemenových rour, jež snesou silnější zahřetí a tím umožní vyšší vakuum. Rozpadlé komety přeměňují se v prstence meteorů, jak bylo dokázáno u 4 periodických komet; setká-li se takový proud se zemí obíhající kol slunce, vznikají létavice. Největší počet létavic stihne zemskou atmosféru na tak zvaném apexu, t. j. místě, které je na přední straně pohybující se země; z toho se dá souditi, že létavice dopadají ve stejném počtu ze všech míst světového prostoru obklopujícího naši zemi. Naproti tomu aerolithy setkávají se se zemí nejvíce v antiapexu a ježto vykazují většinou dráhy hyperbolické, nevznikají asi disgregací komet. Původ těchto vykládá si *Arrhenius* tím, že se tělíška ze slunce vyvržená vzdálí značně z jeho gravitačního pole, setkají se s jinými, s nimiž se spojí vlivem tepla vyvinutého rázem a budou držeti pospolu kapilárními silami. Elektrický náboj zvětšených center by stoupal a zabránil dalšímu vzrostu jich hmoty, kdyby nebyl rozprašován zářením ultrafialovým. Takto vzniklá jádra budou míti nepatrnou hustotu; složení jich bude nestejnorodé a houbovité; budou sestávat z malých krystalků silikátů ve způsobě pěny, mezi nimiž je hojně zrnek železa promíšeno; to se shoduje s popisem Nordenskiöldovým u meteoritů kamenných a většiny železných meteoritů. Hutnější tělesa povstanou velice ponenáhlym stahováním.

Největší díl kosmické látky sluncem vyvržené dopadne však na mlhoviny vyznačující se ohromným plošným rozsahem. Proto mohou mlhoviny i při velice nízké teplotě vysílati světlo. Třeba totiž míti za to, že teplota mlhovin nebude se mnoho lišiti od absolutního bodu nulového, neboť kdyby byly žhavé, překonala by expanse plynů tíži a mlhoviny při nepatrné síle gravitační v nich převládající difundovaly by na všechny strany. Tím podáno zároveň vysvětlení úkazu pozorovaného hlavně při kruhových mlhovinách, že krajní části mlhovin, kde právě zelektrisované částice dopadají, budou se někdy jeviti jasnějšími než partie centrální mající větší hustotu. Nápadný zjev, že mlhoviny, jež tvoří vlastně zárodky budoucích sluncí, vykazují velice jednoduché spektrum sestávající hlavně z čar vodíkových a svědčící o malém počtu přítomných prvků, lze lehce vyložiti tím, že se těžší látky koncentrují dovnitř, tak že světlo vysílají jenom lehčí látky v obalu.

Uvahy ty dovršuje *Arrhenius* domněnkou, že stálá výměna kosmické látky mezi nebeskými tělesy přispěje v nedohledné době k odstranění různosti jejich hmotného složení.

Uvedená theorie *Arrheniova*, ač založená na celé řadě zjištěných fyzikálních fakt, nese ovšem ráz úvah spekulativně-filosofických a nemůže ujíti výtce, že není s dostatek stvrzena statistickými daty potřebnými hlavně tam, kde se jedná o doklad periodicity zmíněných zjevů. Třeba však uvážiti, že pojednává o úkazech ohromně vzdálených a dějících se za podmínek, které můžeme jen odhadovati a které nemůžeme tudíž rádně v experimentech vystihnouti, jak dotvrzují pokusy provedené *Nicholsem* a *Hullem*, a že u zjevů pozemských vadí nepravidelností atmosférické. Za to nelze mlčením pominouti tu její přednost, že nám vysvětluje záhadná phenomena ta, jevíci se nám v podobách tak odlišných dle analogií vzatých z pokusů poměrně jednoduše.

Věstník literární.

Recense knih.

J. Sommer - V. Hübner: Maturitní otázky z matematiky. V Praze 1905. Nákladem Jednoty českých matematiků. Cena 2 K 40 h.

Přítomná sbírka otázek maturitních vyniká dobře promyšlenou ideou: poskytnouti abiturientům středních škol vhodnou látku ku procvičení matematiky až k samostatné tvořivosti, aby touto projevena býti mohla duševní dospělost. Dávno již byla očekávána, jsouc povahou svojí jiného rázu než sbírka matematických úkolů, jež ukládány bývají žákům od hodiny k hodině — lišíc se i principem i účelem svým od této i vyžadujíc zvláštního prohloubení v těch partiích, které se vymykají mechanické reprodukci.

Jest prvním pokusem a nezklamala očekávání, jež bylo stupňováno vzrůstajícími nároky tou měrou, jak pocítován byl její nedostatek v literatuře školní!

Zdařilo se *pojetí* a šťastně *provedeno* též *v celém rozsahu*, tak že možno právem říci, že dostiženo jím z plna požadavků kladených ministerskými pokyny jak pro gymnasiální tak pro reálné abiturienty.

Pomocná tato kniha rozvržena jest ve tři oddíly:

I. Algebru, II. Geometrii, III. Výsledky,