

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Fr. Fr. Čecháč

O čtvrtém stavu aggregačním čili o hmotě zářící

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 9 (1880), No. 4, 180--190

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/109293>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1880

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>

jak sám doznává,⁴⁾ výsledky jeho v celku souhlasí s výsledky Helmholtzovými.

Aubertovy studie o pocitech zrakových jsou právě perly psychofysické, dlužno však o nich jednati v části experimentálně.

Brentano,⁵⁾ jeden z málo filosofův ex professo, kteří o zákonech Fechnerových samostatně přemýšleli, nepovažuje zákon F. za výsledek zkušenosti a pokusův F., neboť z nich prý jde toliko, že rozdíl pocitový se nám *zdá* stejným, ale zdali též vždy stejným *jest*, zůstává-li poměr popudový čili (dle Brentana) *jsou-li popudy stejně nepodobny*,⁶⁾ nelze říci.

Rovněž ohled na subjektivné okolnosti se mu nedostatečným býti zdá, zejména prý naprosté nevšímání si pozornosti správnosti výsledku je na závadu.

Zvláštního a vlastního zákona B. nestanoví, pro jeho však názory, jak Fechner ze soukromé korespondence s ním seznal,⁷⁾ hodí prý se vzorec Plateau-ův, od něhož, jak známo, Pl. později sám upustil, maje jej za nedostatečný a nesprávný.

O tom, co se nám *zdá* a co skutečně *jest*, pokud na zjevy hledíme, není třeba rozhodovati, neboť nikterak se nedotýká zákona psychofysického vůbec.

(Dokončení.)

O čtvrtém stavu aggregačním čili o hmotě zářící.

Napsal **Fr. Fr. Čecháň**, asistent fysiky na vysokém učení technickém.

Dne 22. srpna l. r. ve shromáždění „British Association“ přednášel *William Crookes* o thematu svrchu uvedeném a živý interes, který přednáška ta vzbudila všeobecně, byl mi dostatečnou pohnutkou, abych v krátkých rysech podal i našim přátelům přírodních věd obsah přednášky té, použiv materiálu

⁴⁾ *idem* (l. c. p. 84). Srov. *Helmholtz* (Phys. Opt. p. 315).

⁵⁾ *Psychologie vom empirischen Standpunkte*, 1874 I.

⁶⁾ *Brentano* (l. c. p. 88): „Nur wenn die beiden Erscheinungen im gleichen Grade unähnlich sind, wird also ihre Verschiedenheit in gleicher Weise auffallen.“

⁷⁾ *Fechner* (In Sachen p. 25).

mi Crookesem co nejochotněji na laskavou přímluvu p. prof. Zengra zasláno.

Faraday r. 1816, tehdež mladík 24letý, pořádaje řadu přednášek, dal jedné z nich název: „O hmotě zářící.“

V přednášce té praví: „Jest-li si myslíme přechod rovněž tak daleko za vypařením, jak tato vzdálenost jest od kapalného stavu, a pakli uvažujeme stupňovanou změnu dle postupných přechodů, tu octneme se blízko, pokud představu si o tom učiniti lze, čtvrtého stavu aggregačního, u hmoty zářící. A jako při přechodu z aggregačního stavu kapalného k plynnému mnohé vlastnosti se ztrácí, tak i zde zajisté tím více mizeti budou.“

Faraday již tenkrát ukazoval, že hmota ve čtyřech tvarech aggregačních se jeví co pevná, kapalná, plynná a zářící a každá jednotlivá modifikace se pak zvláštními vlastnostmi vyznamenává. Připouští, že existence hmoty zářící přímo dokázána není, avšak velmi důmyslnými analogiemi existenci hmoty zářící dokázati se snaží:

„Postupujeme-li od aggregačního stavu pevného ku kapalnému a plynnému, tu ubývá vlastností fyzikálních co do množství i rozmanitosti, an každý stav některé ze svých vlastností ztrácí, které náležely ku předešlému. Mění-li se pevná tělesa v tekutá, mizí tvrdost, tvar krystalinický a p., za to nastupuje všeobecná pohyblivost částic.

„Jdeme-li dále ku stavu plynnému, tu ubývá ještě více charakteristických vlastností. Rozdíly váhy mizí zcela, podobně zbarvení. Všeobecnou vlastností stává se průhlednost a pružnost. Tvoří pak pouze řadu látek a veškeré ty rozdíly tvrdosti hustoty, neprůhlednosti, barvy, pružnosti a tvaru, které podmiňují tu nekonečnou řadu těles pevných a kapalných, nahrazeny jsou nepatrným počtem nepatrných rozdílů ve váze a barvě.

„Těm, kteří nestaví se na odpor existenci hmoty zářící, nebude jednoduchost vlastností žádnou obtíž činiti, ti spíše uvidí v ní argument ve prospěch její. Tito zajisté by to podivuhodným našli, kdyby ono ubývání vlastností naznačených u plynného stavu přestati mělo. Poukazují pak na vždy větší namáhání přírody při každém kroku změny tvaru, a jsou toho názoru, že největší namáhání zapotřebí jest při přechodu ze

stavu plynného ku tvaru zářícímu.“ (Life and letters of Faraday Vol. I. p. 308.)

Novější bádání o konstituci plynů podává nám je co téměř nekonečné množství malých částic čili molekulů, které se stále v každém jen možném směru s nejrůznějšími rychlostmi pohybují. Poněvadž těchto molekul nekonečné množství jest, naráží jedna na druhou při pohybu. Čím více se ale plyn zředuje, tím méně jest částic a tím také delší dráha, kterou částice proběhnouti může, aniž by na druhou narazila. Střední pak délka této volné dráhy jest obráceně úměrna počtu zbylých molekul po zředění. Čím více tedy zředujeme, tím delší jest průměrná dráha volná, a čím tato stává se větší, tím více mění se fyzikální vlastnosti plynu. Tak jsou možny výjevy radiometru jen za určitého zředění, zředuje-li se ještě dále, čili zvětšíme-li ještě více střední volnou dráhu, tu docíliti lze experimentálních výsledků, o nichž nyní pojednáno bude.*) Výjevy ty liší se tou měrou od oněch při obyčejném tlaku a napnutí, že hypotéza o čtvrtém aggregačním stavu, od plynného tak vzdáleného, jako tento od kapalného, sama o sobě se podává.

Střední volná dráha. Hmota zářící.

Již dávno vyslovil Crookes domněnku, že známý výjev v rourách naplněných zředěným plynem za výboje elektrického strojem indukčním v úzké souvislosti jest se zmíněnou již střední volnou dráhou molekulů. Při výboji obklopen jest negativný pol temným místem, jehož rozměry podmiňuje větší neb menší zředění vzduchu v rouře, čili větší neb menší střední volná dráha. Je-li pak zředění nedostatečné, jest zmíněné temné místo též velmi malé. I soudí z toho Crookes, že tato temná prostora střední volnou dráhou zbylých molekul jest — hypotéza, již pokus potvrzuje.

Roura skleněná má ve středu negat. pol (N), po stranách pozitivný (P). (Fig. 1.) Temná prostora při výboji jest pak ve středu. Je-li zředění malé, jest i temná prostora pramalinká,

*) Veškeré uvedené experimenty provedl William Crookes v přednášce při shromáždění „British Association“ s neobyčejně skvělým výsledkem.

rozšiřuje se ale po obou stranách valně postupným zředěním, až i na délku jednoho palce po každé straně.

Viděti, kterak indukční jiskra skutečně čáry molekulárního tlaku osvětluje, jež se tvoří vzbuzením negativního polu. Tloušťka této temné prostory jest mírou střední volné dráhy. Nadbytek rychlosti, kterou negativně zelektrované molekuly od polu odletují, zdržuje volněji pohybující se molekuly, které se k polu pohybují. Sražení stane se na hranici temné prostory, kdež svítící okraj dokladem jest intensity výboje.

Rozměr střední volné dráhy jest tedy tak velký, že se i s rozměry roury skleněné porovnati dá, jak pokusem dokázat lze, a nemáme tu více co činiti s nepřetržitým dílem hmoty, jak by se věc měla při menším zředění, zde se musí molekula každá o sobě uvažovati. V těchto velmi zředěných nádobách lze molekulám *residua plynu* mnohem větší dráhu volně proběhnouti, a pakli probíhají od polu s velikou rychlostí, tu nabývají tolik nových a charakteristických vlastností, že nové označení „zářící hmoty“ dle Faradaye zcela oprávněno jest.

Hmota zářící vzbuzuje tam, kam dopadá, prudký fosforogenický účinek.

Naznačeno bylo, že na pokraji temné prostory nárazy molekul na sebe účinek světelný se vzbudil. Naráží-li částice ty na stěny skla, objevuje se nová zajímavá vlastnost hmoty zářící, jež se od negativního polu vybíjí: že vzbuzuje fosforescenci. Tak fosforuje uranové sklo tmavozeleně, anglické sklo modře, měkké německé sklo nazelenavě, jak se přesvědčiti lze, podrobíme-li sklo účinku zářícího výboje.

(Uspořádání pokusu fig. 2. a) uran. sklo, b) angl., c) něm. sklo.)

Jiné látky, jako sírník vápenatý, stávají se za molekulárního výboje silněji fosforescentními, nežli za jiného osvětlení. Podobně phenakit, smaragd, rubín, démant.

Aby výjev v celé své dokonalosti se objevil, zapotřebí zvláštního stupně zředění. Při zředění na jednu milliontinu atmosféry objevuje se výjev v celé své kráse, při dalším zředění fosforescence ubývá, až konečně jiskra nepřechází.*)

*) Philos. Trans. 1785. Vol. LXXV. pag. 272. Jakým způsobem Crookes zředění toho docílil, naznačeno jest na konci tohoto článku.

Odvislost fosforescence skla od stupně zředění dá snadno znázorniti se přístrojem. (Fig. 3.) Roura skleněná, do níž zasahují poly (p) a (n), je ve spojení s menší rourou, naplněnou kaustickým draslem. Plyn v rouře jest silně zředěn, zahřátím pak drasla vyvinují se páry, čímž nastane zhuštění, po vyčerpání par těchto, opětném zahřátí a opětném vyčerpání dostoupí zředění takového stupně, že jiskra nepřechází. Jakmile se poněkud ohřeje, vystupují z drasla páry vodní a také v tom okamžiku lze viděti rouru, ana fosforuje v zeleném světle. Silnějším zahříváním slábne zeleň, až konečně jiskra co červený pruh přechází. Ochladnutím absorbuje se opět pára vodní, jiskra mizí, a roura opět v zelené barvě fosforuje, slábne, až výjev konečně přestane.

Hmota zářící pohybuje se přímočárně.

Hmota zářící, nárazy na sklo účinek světelný způsobující, pohybuje se v čarách přímých. Na doklad lze vzíti rouru v podobě $\sqrt{\quad}$ s polem na každém konci. (Fig. 4.) Je-li pol (a) negativný, tu celé pravé rameno ozářeno jest světlem zeleným, dole ale neohýbá se o roh do levého ramena. Obrácením polarity nastane týž výjev v levém rameni, sleduje vždy pol negativný, nezůstavuje na kladném polu ani nejmenší stopy světla.

Obyčejně dávají se rourám různá zakřivení k docílení skvělých efektů. Světélkování zbylého plynu sleduje pak veškeré závitky. Je-li pol negativný na jednom, kladný na druhém konci, tu za obyčejně užívaného zředění ukazují se výjevy světelné více na kladném nežli na negativném polu; za silného pak zředění mizí, zejména světelné uvrstvení zcela, jediné světlo, které zbývá, pochází od fosforujícího povrchu skla.

Že hmota zářící přímočárně se pohybuje, krásně ukázati lze přístrojem. Fig. 5. (I) a (II) jsou zcela stejné, jen že v (I) zředění jest, jako obyčejně bývá, 2—3 mill. rtuťového sloupce, ve (II) pak jest zředění až na jednu milliontinu jedné atmosféry. (Uspořádání polů z obrazce jest jasné.) Je-li v kouli (I) pol (a) vždy negativný, poly (b), (c), (d) pak postupně pozitivními, jde * vyběhnutí nejkratší cestou mezi negativním polem (a) a tím kterým pozitivním buď (b) nebo (c) nebo (d).

Tot jest výjev obyčejný. Jinak se ale věc má, je-li zředění velké, jako ve (II). Je-li (*a*) pol negativný, (*b*) pol pozitivný, tu neděje se vyrovnání mezi polem (*a*) a (*b*), nýbrž z polu (*a*), (který má tvar miskovitý), vystupují molekulární paprsky, které se ve středu zakřivení polu (*a*) kříží, odtud rozbíhají a na kouli skleněné zelenou skvrnu způsobují, která vždy na tomže místě zůstává, i když místo (*b*) pol (*c*) nebo (*d*) ve spojení uvedu. Skvrna ani místo ani intenzitu nemění. Pokus ten ukazuje, jak lhostejným jest umístění polu kladného — doklad, že hmota zářící pouze v přímých čarách se pohybuje.

Hmota zářící, zachycena pevným tělesem, vrhá stín.

Hmota zářící, dopadajíc na sklo, vzbuzuje naznačený již výjev světelný, byvši pak zachycena v pohybu, způsobuje stín.

V rouře tvaru hruškovitého (Fig. 6.) jest negativný pol (*a*) na užším konci. Ve středu jest kříž z aluminového plechu, který paprsky molekulární z (*a*) vycházející zachycuje, tak že na zadní straně dobře viděti lze stín kříže. Hmota zářící tam, kde pohybovala se vedle kříže, narážela na sklo, vzbudila výjev světelný a stín, a dále — umenšila vnímavost skla pro fosforescenci. Abych užil slov Crookesových, „unavilo se sklo nucenou mu fosforescencí, nastala změna tímto molekulárním bombardementem, která překáží sklu reagovati nové vzbuzení. Část ale, kam stín padl, není unavena, jelikož nefosforovala, a jest úplně čerstvá. Sklopí-li se kříž — což se snadno stane nárazem, jelikož se kříž otáčeti dá — a paprsky nyní bez překážky na protější stěnu padají, přemění se temný kříž ve světlejší nežli jest jeho pozadí (Fig. 7.), které může nyní již jen slabě fosforovati, kdežto ostatní díl, kam stín dříve padl, schopnost fosforovati úplně podržel.“

Hmota zářící vzbuzuje tam, kde dopadá, mocný účinek mechanický.

Zachytí-li se hmota zářící ve svém pohybu, tělesem snadno pohyblivým, způsobuje účinek mechanický, jak dovoditi lze strojem. (Fig. 8.) Jest to roura, v které byl vzduch silně zředěn, uvnitř mústkem a pohyblivým kolečkem se slídovými lopatkami opatřená. Poly jsou tenké aluminové kotouče (*a*), (*b*).

Je-li (*a*) pol negativný, počne kolečko za příčinou molekulárných nárazů na hoření lopatky směrem ku (*b*) se pohybovati. Obrácením polů lze pak kolečko zadržeti v běhu, běh pak opačný učiniti, ba i při mírném sklonu nahoru hnáti.

Tím že molekuly od polu prudce hnány jsou, musí také na pol zpátečným nárazem účinkovati, a je-li tento pohyblivý — jej v pohyb uvéstí. Stroj v obr. 9. ukazuje skutečně tento výjev. Jest to v podstatě radiometr s aluminovými křídélky, z nichž každé po jedné straně slídovým lupínkem polepeno jest. Křídélka sedí pomocí kloboučku ocelového na jehle, jdoucí k negativnému polu. Kladný pol jest pak v hoření kuličky radiometru. Pro tyto mechanické účinky není zapotřebí tak silného zředění. Obnáší-li tlak několik millimetrů rtuťového sloupce, tu za průchodu proudu indukčního obklopena jest kovová strana křídélek fialovým světlem, za silnějšího zředění pak viděti lze, kterak temná prostora odděluje fialové světlo od aluminových lupínků. Je-li tlak asi $\frac{1}{2}$ millimetru, rozšiřuje se tato temná prostora až ke sklu a rotace nastává. Postupným dalším zředováním rozšiřuje se tato temná prostora ještě více a rychlosti otáčení přibývá.

Uspořádáme-li radiometr tak, že místo aluminových lupínků užijeme slídových skloněných pod úhlem 45° , usazených pomocí aluminových ramének na skleněném kloboučku, kol něhož vedem polární drát v kruhu, a rozžhavíme-li pak drát tento pomocí galvanické batterie, nastane rovněž rotace, z čehož souditi lze, že i účinek tepelný hmotu zářící v pohyb uvéstí může.

Hmota zářící magnetem se odkloňuje.

V dlouhé rouře skleněné (obr. 10.) jest vzduch u velké míře zředěn. (*a*) jest negativný pol, podél osy pak dlouhé fosforující stínítko. Naproti negativnému polu jest deska slídová (*b*, *d*) s otvorem (*e*). Prochází-li výboj, spatřiti lze čáru fosforujícího světla podél celé roury. Podstavením silného magnetu zakříví se celá čára (*e g*), a vlní se, jest-li magnetem sem tam se pohybuje.

Tento účinek magnetu vysvětluje ještě i jiné vlastnosti zářící hmoty. Roura skleněná v obr. 11. jest podobná předešlé,

má však přitmelenou menší, obsahující draslo, které zahřátím vacuum ruší. Prochází-li proud, tu za účinku magnetu pohybuje se hmota zářící v křivce již naznačené.

Abych opět užil slov Crookesových, dají se molekuly porovnat s kulemi z mitrailleusy vystřelenými, magnet pak zastupuje zemi naši, jejíž účinkem tíže se ballistická čára křiví. Nemění-li se síla odchylojící, tu projektilem opsaná křivka s počátečnou rychlostí se mění, je-li větší, jest ballistická křivka plošší.

Pohybuje-li se pak dále projektil prostředím silněji odporujícím, tu se zase rychlost umenšuje, křivka více zakřivuje a dříve k zemi padá. Při pokusu zmíněném nelze zvětšiti rychlost proudu hmoty zářící, za to ale odpor v pohybu, pakli zhustí se plyn v rouře, ohřátím rourky s draslem. Okamžitě se tu umenšuje rychlost hmoty zářící, magnetismus může déle účinkovati, ballistická křivka silněji se zakřivuje.

Pokus tento zcela liší se od onoho, jenž sleduje zákon účinkování magnetu při obyčejně užívaném zředění. Prochází-li zde jiskra indukční, nastane sice také odklon tento, ale jest *občasný*, neboť se proud v původní směr vrací, aby opět znova se odklonil, — v případě našem jest odklon stálý.

Již dříve bylo uvedeno, že molekuly hmoty zářící, vycházející od negativního polu, negativně elektrické jsou. Pravdě podobné jest, že rychlost jejich odvislá jest od vzájemného odpuzování molekul a negativně zeлектроvaného polu.

V mírně zředěných prostorách jde výboj od jednoho polu k druhému, tvoře elektrický proud, který se podobně chová jako ohebný drát. Jedná se nyní ještě o stanovení, zdali proud hmoty zářící od negativního polu proud elektrický s sebou vede. Otázku tu rozřešuje pojednou stroj v obr. 12. V rouře jsou dva negativné polové konce (a) (b) těsně vedle sebe, a na druhém konci kladný pol (c). Tím lze dva proudy hmoty zářící vyslati po fosforujícím stínítku, aneb po případě také pouze jeden proud, pakli jeden z obou negativních polů se vyloučí.

Jest-li proudy hmoty zářící obsahují proudy elektrické, tu řídití se budou pravidlem Ampèrovým, co rovnoběžné stejnosměrné se tedy přitahovati; jsou-li to ale pouze negativně zeлектроvané molekuly — budou se odpuzovati.

Spojí-li se pouze hořejší negativný pol (a) s indukčním strojem, tu běže se proud směrem ($d f$), uvede-li se ve spojení i spodní pol (b), objeví se druhý proud ($e h$), avšak v tom okamžiku odkloní se proud hořejší do směru ($d g$). Oba proudy se tedy odpuzují, neúčinkují na sebe jako proudy galvanické, nýbrž so k sobě mají jako stejnojmenně zelektrovaná tělesa.

Hmota zářící vzbuzuje teplo, jest-li pohyb její se zadržuje.

Výjev tento dá se ukázati strojem v obrazi 13. s miskovitým negativním polem (a). Pol tento vrhá paprsky do ohniska uprostřed roury. Přiblížením magnetu lze ohnisko až k samému sklu přiblížiti, a nalepí-li se na sklo kousek vosku, počne nejdříve vosk se rozpouštěti, dalším účinkem i sklo toto měkne, tlak atmosferického vzduchu vtláčí sklo, až konečně vrstva rozžhavená se přetrhne, vzduch vnikne, čímž výjev končí.

Bez odporu nejkrásnější experiment, který William Crookes před učeným auditoriem British Association provedl, jest následující, jímž mocný účinek zadržného pohybu dokázal.

Ve stroji obr. 14. jest negativný pol velká miska tvaru kulovitého, a ve středu lístek irido-platiny (b). Paprsky vycházející od negativného polu (a) naráží na lupínek, který brzy počíná se rozpalovati, dalším účinkem světlem oslňujícím září, až konečně se roztaví.

Chemie hmoty zářící.

Veliké zředění plynu, jímž přechází v hmotu zářící, staví velké obtíže k určení chemických rozdílů jednoho druhu hmoty zářící od druhého. Uvedené fysikální vlastnosti zdají se vškerým druhům býti společnými; zdá se však také, že přes všechno to velké zředění molekuly své charakteristické chemické vlastnosti podržují. Tak lze se vhodnými chemickými absorbčními prostředky přesvědčiti, že stále ještě existuje chemické přitahování, a ono jest prostředkem, pomocí něhož docíliti lze tak vysokého stupně zředění. Tak lze užiti při páře vodní anhydridu kyseliny fosforečné, při kyselině uhličité drasla, při vodíku palladia, při kyslíku uhlí a pak drasla.

Největší vacuum, které Crookes touto cestou docílil, bylo $\frac{1}{20,000,000}$ atmosféry čili stotina palce 3 anglické míle vysokého barometrického sloupce.

Končím výtah tento závěrečným proslovením Crookesovým: Učiniti lze námitku, že sotva lze připustiti, by se mohlo přítomnosti hmoty vůbec přikládati důležitost primární, když jsem s tak neunavnou pílí se snažil co nejvíce hmoty z uvedených aparátů odstraniti, tak že v nich pouze milliontý díl jedné atmosféry zbyl. Zdálo by se, když pouze milliontý díl zbude, že to tak malý zbytek jest, že by se opominouti mohl a že by název: vacuum, práznota, v pravém významu slova platil. To by však byl omyl, vysvětlující se pouze naším obmezeným pojímáním velkých čísel. Vždyť může býti číslo tak velké, že děleno millionem, dá přece ohromný podíl.

Dle předních autorit obsahuje koule průměru 13·5 cm. více nežli kvadrillion molekul. Vyčerpá-li se jich až na milliontý díl, zbude jich přece ještě trilion, počet to zajisté dosti patrný, že zbytek právem ještě za hmotu považuji.

Abych jen poněkud podal představu tohoto ohromného počtu, myslím si kouli radiometru (průměru 13·5 cm.) tak zředěnou a indukční jiskrou proraženou. Otvor proražený jest mikroskopický, však dosti velký, aby do něj molekuly vniknouti mohly a práznotu přerušily. Vzduch vniká, nastane rotace křídélek radiometru a nyní nastává otázka, jak dlouho by tato rotace trvala? Předpokládejme molekuly tak velké, že v každé časové sekundě jich 100 millionů vniknouti může. Mnoho-li času by bylo zapotřebí, až by radiometr byl plný vzduchu. Snad hodina? den? rok? století? Ne, téměř celá věčnost. Čas tak veliký, že jej fantasmie naše ani pochopiti nemůže. Předpokládejme, že by radiometr zmíněný byl nezničitelný, a byl provrtán, kdy počala tvořiti se sluneční soustava, předpokládejme, že by byl přítomen, kdy svět beze všeho tvaru byl, předpokládejme, že byl svědkem těch ohromných převratů, které se děly během period geologických, předpokládejme, že by existoval po vyplnění předpovídání matematiků, až slunce, pramen vší energie čtyřimillionystaleté po svém utvoření se ve vypálenou strusku proměnilo, vše to předpokládaje, by koule radiometru

při naplňování 100 millionů molekul za sekundu, ještě nebyla čtyřmi kvadrilliony molekul naplněna.)*

Všecky tyto molekuly ale vniknou do radiometru dříve nežli shromáždění sál opustí. Jelikož otvor a počet molekul se nemění, tu dá se zdánlivé to paradoxon vysvětliti hypotesou, že velikost molekul se do nekonečna umenšuje, že nevstoupí 100 millionů, nýbrž hejna po 300 trillionech v sekundě. Udal jsem to číslo, však dostupují-li čísla takové výše, pozbývají již významu, a výpočty podobné jsou tak kluzké a marné, jako počítání kapek v oceanu.

Při studiu tohoto čtvrtého aggregačního stavu hmoty, zdá se mi, že máme v rukou ony malé nedílné částice, o nichž směle předpokládati můžeme, že tvoří fyzikální podklad všehomíra. Ukázal jsem, že v některých vlastnostech zářící hmota rovněž tak materialní jest, jako kterékoliv pevné těleso vůbec, kdežto v jiných vlastnostech přijímá charakter zářící energie. Dotkli jsme se skutečně rozhraní, kde zdá se hmota v sílu a síla v hmotu přecházeti, dotkli jsme se říše stínů mezi známým a neznámým, která povždy tolik vnady pro mne měla. Myslím, že největší vědecké problémy budoucnosti zde a ještě dále své rozřešení najdou; zde, zdá se mi, jsou poslední reality.“

*) Dle Jonstona a Stoneye (Philos. Mag. Vol. 36. p. 141) obsahuje 1 kubický centimetr vzduchu při obyčejném tlaku
1000,000000,000000,000000 molekul.

Koule 13·5 ctm. průměru tedy

$$\frac{4}{3} 13\cdot5^3 \cdot 3\cdot1416 \cdot 1000,000000,000000,000000 = 1.288252,350000,000000,000000$$

molekul.

Zředí-li se vzduch na milliontý díl, obsahuje koule ještě

$$1.288252,350000,000000 \text{ mol.},$$

tak že otvorem vniknouti musí 1.288251,061747,650000,000000 molekul.

Vnikne-li za sekundu 100,000000 m. otvorem, tak bude k naplnění zapotřebí

12882,510617,476500 sekund, čili

214,708510,291275 minut, čili

3,578475,171521 hodin, „

149103,132147 dní, čili

408,501731 let.