

Stanislav Petíra

O vodivosti vzduchu způsobené fosforem

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 33 (1904), No. 5, 500--515

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123523>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1904

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>

$$x^3 + y^3 - 3axy = 0$$

můžeme psát ve tvaru

$$(x + y)^3 - 3xy(x + y + a) = 0,$$

tudíž, klademe-li

$$\rho x_1 = x$$

$$\rho x_2 = y$$

$$\rho x_3 = \frac{x + y + a}{-\sqrt{2}},$$

jest

$$(x_1 + x_2)^3 + 3\sqrt{2}x_1x_2x_3 = 0$$

rovnice Descartes-ova listu v těchto speciálních homogenních souřadnicích. Parametrické vyjádření souřadnic obdržíme ihned pomocí rovnic (1), čímž však při našem vyšetřování větších výhod bychom nedocílili.

O vodivosti vzduchu způsobené fosforem.

Napsal

Stanislav Petřra,

professor státní prům. školy na Smíchově.

Rychlost oxydace fosforu, síry a j. shledána *Ewanem**) úměrnou druhé odmocnině z panujícího právě tlaku kyslíku. K vysvětlení toho učinil *van t'Hoff****) hypothesu, že v obyčejném kyslíku nastává již před oxydací rozštěpení v jednotlivé atomy, jež jsou pravděpodobně opačně nabitý. Těleso oxydující přitahuje jednu z obou částí rozštěpením molekuly kyslíku vzniklých, takže druhá je k dispozici k jiným oxydacím; tímto způsobem možno vysvětliti vznik ozonu při pozvolném spalování fosforu.

Podobnou hypothesu učinil již dříve *Clausius****)) Vzhle-

*) *Th. Ewan*, *Zeitschr. für physikal. Chem.* 16. 315. 1895.

**) *J. H. van t'Hoff*, *Zeitschr. für physikal. Chem.* 16. 411. 1895.

***)) *R. Clausius*, *Pogg. Ann.* 103. 644. 1858 a 121. 250. 1864.

dem k faktu, objevenému Matteucim, že vzduch účinkem fosforu se stává vodivým, zdá se zde existovati úzká souvislost. I nastává otázka, jak tuto souvislost vysvětliti, jak možno totiž vodivost vzduchu fosforem způsobenou vyložiti.

Pozorování k tomuto předmětu se vztahující byla konána již dříve při různých příležitostech.

Tak popsal *Giese**), zabývá se elektrickou vodivostí plynů plamenů, zjev, jenž byl pro vodivost tu význačným. Obklopil izolovaný plamen válcem kovovým (z bílého plechu), v němž byl koaxiálně napnut kruh utvořený z drátu a spojen vodivě skrze otvor ve stěně válce s elektrometrem. Nabil-li se plamen silným sloupem, objevila se na elektrometru větší výchylka, byl-li válec spojen se zemí, než byl-li udržován na témž potenciálu jako plamen. Zjev ten vysvětlován tím způsobem, že se elektrina přenáší z plamene pomocí elektrovaných částic, jež se pohybují ve směru silokřivek a jichž rychlost vzrůstá s rostoucím spádem potenciálu.

*Elster a Geitel***) shledavše při svých pokusech o tvoření se ozonu na žhoucích plochách platinových a elektrické vodivosti vzduchu fosforem ozonovaného výsledek *Giesem* stanovený stvrzeným, nahradili plamen kouskem fosforu a dospěli k témuž výsledku, pokud se týče pozorování na elektrometru. Zjev ten vysvětlován způsobem, jenž dle nejnovějších názorů poukazuje na přítomnost iontů. Při tom dokládají pokusy, že mlha tvořící se při pozvolné oxydaci fosforu — a mlhu tu předpokládají složenou ze solí ammonatých — jest na přenášení elektriny jen podřízenou měrou zúčastněna.

Mimo to třeba zde též poukázati k práci *Des Coudresové****) a pojednáním *Barusovým*†) k předmětu tomu se vztahujícím.

Ze všech prací sem spadajících možno vytknouti dvě hlavní věci, jež měly sloužiti k vysvětlení vodivosti vzduchu způsobené fosforem. Na jedné straně je to theorie *elektronová* zastoupená

*) *W. Giese*, Wiedem. Ann. 38. 403. 1889.

**) *J. Elster a H. Geitel*, Wiedem. Ann. 39. 321. 1890.

***) *Th. Des Coudres*, Wiedem. Ann. 62. 134. 1897.

†) *C. Barus*, Science, 11. 201. 1900; 13. 501. 1901; Phys. Rev. 10. 257. 1900; Phil. Mag. 2. 40, 391 a 477. 1901; 3. 80. 1902. Viz též: Věst. čes. akad. 11. 425. 1902 a 12. 402. 1903.

různými badateli, na druhé pak theorie *Schmidtova*, jenž tvrdí, že nelze teorií elektronovou úkazy vodivosti vzduchu fosforového vysvětliti a jenž za tím účelem konstruoval teorii novou. A právě práce Schmidovy hlavně to byly, jež značnou měrou přispěly k podrobnému a soustavnému studiu příčiny úkazů těch. Proto chceme podati krátké vylíčení jednak výsledků theorie *Schmidovy*,*) jednak i badatelů jiných teorií Schmidově odporujících.

V prvé řadě jednalo se arcí o to, sestrojiti metodu, která by dovoľovala kvantitativně stopovati vztah mezi vodivostí a oxydací; při tom bylo důležité vyhověti podmínce, aby při užití téhož kousku fosforu obdržely se souhlasné výsledky, což vždy se neděje, jak již též Barus shledal a nyní Schmidt potvrdil. Příčinou toho jest, že se fosfor na některém místě prudce okysličuje; při tom se uvolní tak značné teplo, že nastává silné vypařování. Avšak oxydací páry, jež se děje mnohem snadněji než oxydace tělesa pevného, vzbudí se značná vodivost ve vzduchu. Aby se tudíž dala oxydace co možná stejnoměrně, dáván fosfor do trubiček velmi úzkých (délky asi 5 *cm*, průměru 1 *mm*) na jednom konci zatavených tak, aby je zcela nevyplňoval. Nyní měl kyslík vzduchu jen zvolna přístup, nemohlo proto vzniknouti silné okysličování.

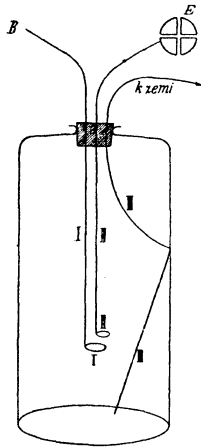
Měření vodivosti prováděl Schmidt tímto způsobem. Láhev výšky 30 *cm* a průměru 20 *cm* byla uzavřena gumovou zátkou, kterou prostrčeny dvě sklem a pečetním voskem pečlivě izolované tyčinky železné I a II (viz. obr.) nesoucí na dolejšími konci malé železné misky průměru 3 *cm*. Třetím otvorem zátky procházel drát III trvale se zemí spojený.

Láhev nejprve vypláknuta koncentrovaným roztokem kyseliny fosforečné, která drátem III byla spojena se zemí. Tyčinka I spojena s kladným nebo záporným polem silné baterie *B*, II pak s citlivým kvadrantním elektrometrem *E* rovněž se zemí spojeným. Jakmile miska I byla nabita na konstantní potenciál, přeruší se spojení elektrometru se zemí a tu lze změřiti výchylkou na elektrometru množství elektřiny, které v daném ča-

*) *G. C. Schmidt*, *Physik. Zeitschr.* 3. 475. 1902; 4. 293. 1903. *Drud. Ann. d. Phys.* 10. 704. 1903.

sovém intervallu proudí vrstvou vzduchovou mezi I a II. Při zařízení tom lze užiti značných elektrických napětí, aniž by bylo třeba vyloučiti elektrometr velmi citlivý. Dále jest též nemožno, by bez vrstvy vzduchové mezi I a II proudila elektřina od II k I, poněvadž dobře vodící stěny láhve jsou trvale spojeny se zemí.

Pomocí tohoto uspořádání konal Schmidt různá měření, jimiž zjistil vztahy mezi veličinami zde se vyskytujícími.



Především konstatoval, že vodivost vzduchu jest úměrna velikosti povrchu fosforu. Aby zjistil, jaký vliv má vzdálenost elektrod na intensitu proudu, měřil tuto při různých vzdálenostech misek; shledal pak, že vzdálenost elektrod jeví jen malý vliv, ačkoliv s rostoucí vzdáleností výchylky elektrometru ubývá.

V této příčině chová se fosfor úplně jako tělesa aktinoelektrická při ozáření, na př. amalgamovaný zinek. (A. G. Stolow, Phys. Rev. 1. 756. 1892). I byla na snadě domněnka, že snad fialové nebo ultrafialové světlo při oxydaci vznikající zápornou elektřinu rozptyluje, čímž pak na elektrometru vznikají výchylky. Za příčinou zkoumání této hypotézy zabalil trubičku s fosforem do staniolu, jenž přesahoval okraj trubice.

Tato položena na desku I; ať se deska I nabíla kladně nebo záporně, byla výchylka vždy táž. A právě z této stejné výchylky vyplývá, že vodivost vzduchu způsobenou fosforem nemožno vysvětliti rozptylováním záporné elektriny světlem fialovým oxydaci fosforu doprovázejícím; neboť jednak nemohlo žádné světlo při uvedeném zařízení dopadati na horní desku II, jednak by v případě, že I byla pozitivně nabíta, neměla vzniknouti vůbec žádná výchylka, kdežto při náboji záporném by musila býti velmi značná.

Ke zkoumání vztahu mezi intenzitou proudu a rychlostí oxydace zhotovil zvláštní přístroj, (— jehož popis zde pomíjíme —) a dospěl k výsledku, že vodivosti vzduchu s klesajícím obsahem kyslíku ubývá. Též pomocí přístroje na obrazci našem znázorněného lze se o vztahu mezi vodivostí a oxydaci bezpečně přesvědčiti. Plníme-li totiž láhev přístroje poněmáhlu kyselinou uhličitou nebo dusíkem, ubývá výchylky elektrometru, až konečně klesne na nullu, byl-li všecken kyslík vypuzen. Současně arcí přestane též doutnání fosforu. Z pokusu tohoto jakož i ještě četných jiných vyplývá, že *oxydace fosforu jest podmínkou vodivosti vzduchu.*

Je-li vzduch ionisován paprsky Röntgenovými nebo uranovými, přibývá, jak známo, intensity proudu se stoupající silou elektromotorickou z počátku rychle, avšak kolem 80—100 voltů dosáhne intenzita maxima; toto maximum jest t. zv. proud nasycený. Zcela jinak má se však věc při vodivosti vzduchu vzniklé fosforem. Schmidt zvyšoval elektromotorickou sílu až ke 2000 voltů, avšak nasyceného proudu nedosáhl. Úkaz ten nelze snad vyložiti nedostatečnou izolací, neboť tato by musela míti za následek, že výchylky by se staly, hlavně při vysokých elektromotorických silách, příliš malými. I hleděl Schmidt najíti příčinu pozoruhodného úkazu toho. Též on byl původně toho náhledu, že příčinou zjevu jest velký počet vzniklých iontů resp. elektronů. Proto porovnával vodivost fosforem „ionisovaného“ vzduchu s vodivostí vzduchu paprsky Röntgenovými ionisovaného. Spojil elektrometr Braunův s pečlivě izolovanou miskou měděnou, na niž dal, když ji byl dříve na 2000 voltů nabíla, kus fosforu velikosti hrachu. V krátké době klesl náboj na nullu a to stejně rychle při náboji kladném i záporném. Byla-li po

odstranění fosforu miska ozářena paprsky Röntgenovými, objevila se sice při určité vzdálenosti Röntgenovy trubice od misky táž vodivost, avšak při 80 voltech dosaženo proudu nasyceného. V pokuse tom vidí Schmidt zřejmý důkaz, že oba pochody jsou v podstatě různé a že vodivost vzduchu fosforem způsobená nemá svou příčinu v ionisaci.

Tuto domněnku svou snažil se též jinými pokusy popdepřítí.

Spaluje-li se fosfor neb oxyduje-li zvolna, vznikají *pevné* látky (jako kysličník fosforový a fosforečný, kyselina fosforová a fosforečná, možná též dioxid fosforu), jež po nějakou dobu se vznášejí ve vzduchu a ponenáhlu se na duň usazují. Chování se této „mlhy“ shledal podstatně různým, byla-li deska I, na níž se fosfor nacházel, nabita čili nic. Nebyla-li deska nabita, stoupala mlha vzhůru, nežli však dosáhla desky II, klesala ke dnu nebo se usadila na stěnách. Jakmile však byla deska nabita, ihned se mlha vzpřímila a končila na horní desce II. Současně vrhány částice od horní desky k dolní. Prerušeno-li spojení s deskou I, nabyla mlha své původní tvářnosti. Při tom měnily se též výchylky na elektrometru. Čím tlustší je mlha, tím větší vzniká výchylka; zmenší-li se však, na př. proudem vzduchu, počet částic vržených od dolní desky k horní, výchylky ubývá. Číselně též dokazuje Schmidt, že jakmile zanikne mlha, zanikne i vodivost vzduchu.

Aby našel hranici, při níž lze ještě účinek pozorovati, snižoval Schmidt sílu elektromotorickou. Byly-li desky 15 mm vzdáleny, bylo možno pozorovati vrhání částic mnohdy i při 10 voltech. I při značné vzdálenosti desk byl vždy nějaký účinek pozorován. Z toho plyne, že *se mlha v elektrostatickém poli vždy ve směru resp. proti směru silokřivek pohybuje*; vždy děje se pohyb od desky dolní k horní, ať jest ona kladně nebo záporně nabita.

Podobně jako mlha oxydujícího fosforu chová se též mlha salmiaku; i zde zanikáním mlhy zmenšují se výchylky.

Z pokusů těch soudí Schmidt, že vybjecí účinek fosforu jedině pochází od oxydačních produktů prachovitých.

Přijmeme-li domněnku tu za správnou, možno uvedené výsledky snadno vysvětliti. Při dvojnásobném povrchu fosforu tvoří

se dvakrát tolik částecí a tím se vybíjecí účinek zdvojnásobí. Při stoupaní síly elektromotorické nabíjí se částice na vyšší potenciál, následkem čehož se převádí mezi deskami I a II za jednotku času více elektřiny. Ovšem lze za zvláštních okolností dosáhnouti proudu nasyceného a sice tehdy, když vzduch přes fosfor proudící pevné produkty oxydační sebou strhuje. Mohlo by se připustiti, že vedle pevných těchto produktů tvoří se též elektrony; tyto však jsou zadržovány skelnou vlnou. Naproti tomu Townsend dokázal, že ionty resp. elektrony pocházející z procesů chemických lze vésti i kyselinou sírovou, aniž by se zničily.

Ještě jiným pokusem snažil se Schmidt dokázati nemožnost theorie iontové. V případě, že při oxydaci fosforu vznikají ionty, musil by účinek býti značně zesílen. I zabalil fotografické desky do papíru a na to do hliníku dbaje pečlivě toho, aby ani stopa mlhy nepřišla v dotek s deskou fotografickou. Kdežto u desk takto upravených objevil se účinek preparátů uranových již za sedm dní, nebylo u desky, na niž se nacházel fosfor, po šesti týdnech pozorovati ani stopy začernění. Vodivost vzduchu způsobená fosforem byla asi 300krát větší než vodivost uranem způsobená. I bylo by se stanoviska theorie iontové nutným důsledkem, že by účinek při fosforu byl mnohem silnější než u uranu. Pokus Schmidtův jest tudíž nejen ve zřejmém odporu s teorií iontovou, nýbrž dokazuje též, že při pozvolné oxydaci nevznikají ionty vůbec.

Vzhledem k jiným ještě zjevům známým z chování se elektronů (na př. že při žádné jiné oxydaci, při níž vznikají *plynné* produkty oxydační, nebyla shledána ani stopa vodivosti [Barus, l. c.], že částice podmiňující vodivost vzduchu lze papírem a všemi jinými tělesy pevnými zadržeti), shrnuje Schmidt výsledek svých pozorování ve věty, že *při oxydaci fosforu nevznikají ionty nebo elektrony, nýbrž že oxydaci fosforu vzbuzená vodivost jest pouze zdánlivá a že pochází od konvekce elektřiny pevnými mlhovitými produkty oxydačními.*

Přehlédneme-li popsané pokusy a výsledky z nich Schmidtem odvozené, zdá se výklad jeho přesvědčivým a přirozeným. Avšak domněnka jeho nezůstala netknoutou. Byl to hlavně

*Harms**), jenž oproti Schmidtovi hájí teorii elektronovou. Aby vznikl jasný názor o podstatě úkazů sem náležejících, třeba též vývody Harmsovy v krátkosti uvést.

Výsledek, k němuž dospěl Schmidt, jest v mnohém ohledu pozoruhodný. Oxydace fosforu jest jedinou dosud známou reakcí chemickou, kterou vzniká při nízkých teplotách bezpečně zjištěná vodivost vzduchu. Avšak výsledek Schmidtův jest v odporu s četnými, jak dřívějšími tak i pozdějšími výsledky pozorování jiných badatelů. Proto nebude nezajímavo poznati i názory odchylné.

V první řadě nesouhlasí pozorování Schmidtovo, dle něhož příčinou vodivosti vzduchu jsou mlhovité pevné částičky oxidací, v něm se tvořící, s pokusy *Elster-Geitelovými*,**) kteří právě naopak shledali, že vodivosti vzduchu atmosférického ubývá, čím více prachu v něm obsaženo. K podobným výsledkům dospěl *Wesendonck****) při plynech plamenů.

Zvolil tudíž Harms od způsobu Schmidtova odlišnou cestu ke zkoumání podstaty úkazů uvedených. Užil téže metody, jež se mu osvědčila při zkoumání vodivosti plynů. (*Physik. Zeitschr.* 4. 11. 1902.) Pod skleněným zvonem objemu asi 12 l zavěšena izolovaně koule průměru 2·8 cm; když byla asi na 70 voltů nabita, spojil ji po čase změřeném s elektrometrem. Ztráta elektřiny shledána úměrnou vodivosti uzavřeného vzduchu. Skleněný zvon byl uvnitř opatřen vodivou sítí se zemí spojenou, spodní deska tvořící dno byla polepena staniolem. Otvořením ve dně bylo možno vpraviti kus fosforu do onoho zvonu. Pozorováním pomocí tohoto zařízení našel v souhlase s jinými pozorováními, že vzduch za přítomnosti fosforu se jinak chová než mlha salmiaku a pod.

Právě opačný než u Schmidta jest výsledek pozorování Harmsova při chování se mlhy z fosforu vystupující. Náboj nebo výboj koule byl úplně beze vlivu na odchylku mlhového proužku; dopadl-li tento přímo na kouli, nezměnila se ztráta elektřiny koule. Shořel-li fosfor, takže mlha naplnila

*) *F. Harms*, *Physik. Zeitschr.* 4. 111 a 436. 1903.

**) *J. Elster a H. Geitel*, *Drud. Ann. d. Phys.* 2. 425. 1900. Viz též: *Časop. pro pěst. math. a fys.* 33. 60. 1903.

***) *K. Wesendonck*, *Naturw. Rdsch.* 15. 261. 1900.

zvon, zvýšila se vodivost z počátku o něco málo, načež pak klesala, aby opět *stoupala stejnou měrou s usazováním se mlhy*. Tuto změnu vodivosti vykládá Harms teorií iontovou, na kteroužto možnost výkladu — jak svrchu uvedeno — již Elster a Geitel při svých pokusech upozornili. Při hoření fosforu vzniká totiž dle Harmse tak veliký počet iontů, že přes malou pohyblivost, kterou mají následkem usazování se na částechkách mlhy, vzbuzují přece značnou vodivost. Když se však mlha usazuje, roste počet „volných“ iontů velké pohyblivosti, následkem čehož vodivost nutně roste. Důsledkem výkladu toho by bylo, že mlha jakákoliv vodivost snižuje. A to skutečně potvrdilo pozorování Harmsovo, jenž vedl pod zvon mlhu salmiaku nebo kouř tabákový; vodivost vzduchu okamžitě klesla. Z těchto jakož i ještě z jiných pokusů usuzuje Harms, že fosforem vzbuzená vodivost vzduchu jest podobná vodivosti plynů plamenů a že mlha salmiaku nejen nemá vlastní vodivosti, nýbrž naopak vodivost jinými vlivy vzniklou značně snižuje. Okolnost, že mlha salmiaku vodivost vzduchu fosforového snižuje, lze však též dle Schmidta snadno vysvětliti, jenž pozorování podobné učinil. Salmiak má jen malou vodivost, klade však pohybu částek kyselin fosforu veliký odpor, čehož ovšem nutným důsledkem jest, že mlha salmiaková vodivost nějakým způsobem vzniklou snižuje.

Aby námitky Harmsovy vyvrátil, uvádí Schmidt pokus, který — jak praví — jest rozhodujícím. Dá-li se na misku I kousek fosforu, tu jest po přiložení elektromotorické síly mlha vržena vzhůru a pohybuje se ve směru resp. proti směru silokřivek. Dle Schmidta nabíjí se pevné produkty oxydační na dolní desce, načež vrženy jsou dle známých zákonů vzhůru. Arciž lze úkaz ten vysvětliti i teorií elektronů a to za předpokladu, že se elektrony usazují na pevných mlhovitých částechkách, kteroužto domněnku Harms též přímo vyslovil.

V tomto posledním případě bylo by však nutno rozhodnouti o dalších supposicích: že buď jen kladně nabité elektrony se usazují na pevných produktech oxydačních anebo jen záporně nabitě anebo konečně oboje. I položil Schmidt izolovaný kousek fosforu stranou pod I. Z fosforu vystupoval mlhovitý proužek a končil nahoře v láhvi. Dle uvedených tří možností musil by

proužek mlhy býti přitahován při záporném náboji misky I (pro případ první), odpuzován při náboji pozitivním (případ druhý) anebo musil by se rozdělit (případ třetí). Avšak shledáno, že mlha jest vždy přitahována (při 80 voltech) deskou fosforu nejbližší, ať jest tato kladně nebo záporně nabita. Při 160 voltech se proužek ohnul a klesal na desku dolní; po nějakém rozdělení proužku nebylo ani stopy. Pokus tento ovšem nelze uvést v souhlas s teorií elektronů, kdežto dle Schmidta lze jej velmi snadno vysvětliti: pevné produkty oxydační nemají a priori elektrinu, nýbrž jsou přitahovány influencí právě tak jako kousky papíru třenou tyčí; jsouce tedy dobrými vodiči, nabíjí se influencí, jdou k dolní desce, načež jsou vrženy vzhůru. Pokus podobný, Harmsem výše uvedený, vysvětluje Schmidt malým napětím, jehož Harms užíval; největší totiž napětí jím užívané bylo 80 voltů.

Pokud se týče chemické povahy mlhovitých pevných částecek, shledal Schmidt, že skládají se z kyseliny fosforečné, fosforové a fosfornaté nebo z oxydů PO , P_2O_3 , P_2O_5 a nikoliv ze solí salmiakových, jak se domnívali Elster a Geitel. Při pozvolné oxydaci tvoří se nejprve oxydy; avšak tyto, jelikož jest stále vodní pára přítomna, přijímají prudce vodu a mění se aspoň z části ihned v příslušné kyseliny. Aby rozhodl, jsou-li kysličníky nebo kyseliny oněmi dobrými vodiči elektriny, provedl pokusy, při nichž kysličník nacházel se v suchém nebo vlhkém vzduchu. Z výsledků pak, jež získal, dospěl k závěru, že kyseliny fosforu, jsouce dobrými vodiči, podmiňují vodivost vzduchu. Že právě kyseliny jsou dobrými vodiči, usoudil též z pokusu, při němž shledal, že lze mírným třepáním mlhy s vodou vodivost libovolně zvýšiti. Aby bylo možno úkaz ten vysvětliti teorií elektronovou, bylo by nutno učiniti hypotesu, že mírným třepáním mlhy s vodou lze počet volných iontů libovolně zvýšiti. Dle Schmidta však jest vysvětlení toto: Kyseliny fosforu jsou vodiči dobrými, kysličníky však špatnými resp. nevodiči elektriny. Spaluje-li se fosfor ve vzduchu vlhkém, vznikají kysličníky, které se mohou z počátku proměnit v kyseliny. (Prostor mezi oběma deskami se nacházející obsahuje nevodivé kysličníky, pročež jest vodivost nepatrná. Avšak v blízkosti stěn a dna vznikají vypařo-

váním kapaliny kyseliny, které se třepáním po celé láhvi rovnoměrně rozdělí, čímž vzniká značná vodivost.

A právě podstatnou příčinu nesouhlasu mezi pozorováním Harmsovým a Schmidtovým, pokud se týče vodivosti vzduchu, v němž fosfor shořel a v němž se utvořila hustá mlha, lze viděti v okolnosti, že tento pracoval ve vzduchu velmi vlhkém, kdežto onen ve velmi suchém.

Harms připouští sice možnost, že lze mnohé zjevy sem spadající vysvětliti nenuceně jak teorií Schmidtovou, tak i teorií elektronů, avšak uvádí též úkazy, jež prý nelze s domněnkou Schmidtovou sloučiti. Jsou to především pozorování, dle nichž se vodivost plynů přítomností částeček prachu a vodní mlhou snižuje. Doklad toho shledává v pracích Owense (Phil. Mag. 48. 376. 1899), Wesendoncka (l. c.) a Elster-Geitela (Drud. Ann. d. Phys. 2. 425. 1900).

Důležitým momentem pro rozhodnutí mezi oběma teoriemi jest dle Harmse závislost intenzity proudu na síle elektromotorické. Vada uspořádání Schmidtova ke stanovení závislosti té spočívá v tom, že, jedná-li se o dokázání nasyceného proudu v plynech, nutno postarati se o to, aby čáry proudové probíhaly *celým* objemem plynu a aby nenastaly deformace čar těch změnou síly pole. Této podmínce však Schmidtovo zařízení nevyhovuje; neboť, zvětší-li se spád potenciálu mezi oběma elektrodami do té míry, že by musil nastati nasycený proud, vytlačí se čáry proudové z prostoru mezi oběma elektrodami, prostor protékaný čarami proudovými se stále zvětšuje, takže proud nasyceného se nedocílí. Proto užil Harms uspořádání Rutherfordova (Physik. Zeitschr. 3. 385. 1902), při němž jsou elektrodami dva koaxiální válce a konstatoval proud nasycený. Průběh křivek získaných lze iontovou teorií vysvětliti, supponujeme-li dva druhy iontů; jeden druh obsahuje ionty snadno pohyblivé, „volné“, o malé hmotě, druhý pak ionty o malé pohyblivosti mlhovitými částečkami obtížené. A právě spád potenciálu, podmiňující nasycený proud, závisí nejen na počtu, nýbrž též na pohyblivosti iontů. Čím menší bude tato, tím vyšší musí býti potenciály, aby se došlo až k proudům nasyceným.

Pozorování Schmidtovo, že mlha jde vždy k bližší elektrodě, Harms rovněž nestvrzuje. Umístil mlhu mezi dvěma deskami

kondensátorovými, dříve než mezi nimi bylo elektrické pole. Přiložena-li náhle potenciální difference, rozdělila se mlha téměř okamžitě a stékala po deskách a to stejně, byla-li uprostřed mezi deskami nebo blíže některé z nich.

A právě v té okolnosti, že Schmidt shledal při svých pozorováních, že závislost mezi differencec potenciální a intenzitou proudu lze vyjádřití přímku, vidí Harms nejlepší důkaz *proti* theorii Schmidtově. Lineární závislost vyžaduje právě theorie iontová, kdežto dle Schmidta nelze ji očekávati. Schmidt vykládá tuto lineárnost následovně: Pevné vodivé částčky nabíjí se na dolní desce při dvojnásobné elektromotorické síle na dvojnásobný potenciál a tudíž přijmou dvojnásobné množství elektřiny; jeví se tudíž i výchylka na elektrometru dvojnásobnou. Při tom však přehlédl, že též rychlost nabitě částčky při dvojnásobném náboji a dvojnásobné síle pole se zvětší čtyřikrát a že by tudíž přenesené množství elektřiny musilo stoupati se třetí mocninou potenciálu. Z toho usuzuje Harms nemožnost theorie Schmidtovy.

Že náhled Schmidtův není správným, tvrdí též *Bloch*.*) Při svých pokusech, při nichž užívaje suchého fosforu vedl přes tento proud suchého vzduchu, upravil si věc tak, aby mohl konati měření. Při suchém materiálu nebylo možno tvoření se prachu nebo kouře dokázati; při zvětšování elektromotorické síly nepřibývalo proudu ve vzduchu proporcionálně, nýbrž tento dosáhl maxima; naproti tomu, převedl-li emanaci do nabitěho válcovitého kondensátoru, nepozoroval zde proudu. Výsledky ty svědčí, že se jedná o ionisací plynu. Bylo též možno měřiti rychlost pozitivních a negativních iontů a dokázati kondensaci vodní páry na těchto iontech, jakož i nedostavení se kondensace v tom případě, prošla-li emanace fosforu intenzivním polem elektrickým, které jest s to ionty zadržeti. Tím domnívá se Bloch, že stvrdil, že vodivost suchého vzduchu, jenž byl proudil přes fosfor, pochází od iontů malé hybnosti, které mohou kondensovati vodní páru. Arciž zůstává při tom nerozřešenou otázka, který pochod zprostředkuje tvoření iontů.

Vzhledem k uvedeným pracím Harmsovým a pojednání

*) *E. Bloch*, *Compt. rend.* 135. 1324. 1902. .

Blochovu považují též *Elster a Geitel**) theorii Schmidtovu za pochybenou a popisují různé pokusy oproti theorii té svědčící, z nichž důležitější chceme uvést.

Elster a Geitel položili kousek vlhkého fosforu do otvoru kovové trubice spojené s vodní vývěvou; proti otvoru nacházela se deska spojená s elektrometrem. I měřili elektřinu přenesenou z fosforu na desku jednak v případech, kdy vývěva nebyla v činnosti, jednak odstraňovali vývěvou mlhu jdoucí od fosforu k desce. Dle náhledu Schmidtova dalo se očekávat, že při odstraňování mlhy neobjeví se vůbec výchylka na elektrometru anebo jen malá. Naproti tomu shledali Elster a Geitel, že přenášení elektřiny bylo větší, když vývěva mlhu vysávala, než v případě opačném. Příčinou toho jest, že odstraňováním mlhy z prostoru mezi fosforem a deskou se iontům podstatně umění překážka jich pohybu.

Mimo to jest pro ionisování plynu charakteristickou známkou možnost proudění elektrického též při nízkých diferencích potenciálních a tento druh vodivosti se právě přítomností kouře a mlhy v plynu nezvyšuje, nýbrž zmenšuje. I jsou Elster a Geitel toho mínění, že užívání vysokých diferencí potenciálních není zrovna vhodné rozhodnouti mezi teorií Schmidtovou a iontovou. Také Harmsem pozorovaný zjev rozdělení mlhovitého proužku shledali Elster a Geitel stvrzený.

Též *Gockel***)) soudí na základě uvedených pokusů Harmsových a Elster-Geitelových, že vodivost vzduchu v okolí fosforu jest způsobena ionisací. Arciž zůstává nezodpověděnou otázka, dává-li hoření fosforu podnět k tomu, že v okolním vzduchu vznikají ionty anebo zdali jen určité při tom vznikající plynné produkty jako ozon, možná též fosforovodíky, jsou ionisovány. Aby otázku tu se stanoviska theorie iontové rozřešil, nechal vzduch fosforový procházeti různými prostředními absorbuujícími (jako jsou destilovaná voda, louh draselnatý, olej terpentínový, zředěná a koncentrovaná kyselina sírová, roztoky manganistanu draselnatého, kyselina pyrogallová, jodid draselnatý a j.) a měřil jeho vodivost, když jej byl vysál vodní vý-

*) *J. Elster a H. Geitel*, Physik. Zeitschr. 4. 457. 1903.

***) *A. Gockel*, Physik. Zeitschr. 4. 602. 1903.

věvou pod skleněný zvon, pod nímž se nacházel přístroj Elster-Geitelův na rozptylování elektřiny.

V první řadě zkoumal vliv odstranění ozonu, který vzduch fosforový s sebou unáší, na vedení iontů. I když nebylo možno chemicky dokázat stopy ozonu, jenž by byl snad pod zvon vnikl, způsobil vzduch ten přece dvojnásobné rozptylování oproti vzduchu obyčejnému. Jest ovšem nerozhodnuto, způsobil-li zmenšení vodivosti právě absorbovaný ozon; neboť různé kapaliny svrchu uvedené absorbují ozon různě, avšak snížení vodivosti vzduchu fosforového shledáno u všech (mimo louh draselnatý) téměř stejným.

Mimo to zkoumal Gockel, možno-li ionisaci vzduchu fosforového zahřátím zničit. A poněvadž shledal, že zahřátím se rozptylování snižuje, podobně jako *Ebert* a *Ewers**) při zkoumání vzduchu ze země pocházejícího, kteří našli, že vodivost tohoto lze sice zahřátím snížit, avšak nikterak zničit, zkoušel, neobsahuje-li snad vzduch fosforový emanaci, jež by mohla klidný vzduch ionisovati. Výsledek byl však záporný; vzduch fosforový emanaci neobsahuje. Rovněž dokázal, že pohyblivost iontů ve vzduchu tom obsažených jest velice nepatrná, ku kterémužto výsledku dospěl též Bloch, avšak jinou cestou než Gockel.

Schmidt zkoumaje vodivost oxydačních produktů síry a sodíku kladl tyto na misku spojenou s Braunovým elektrometrem. Kdežto sodík choval se při hoření jako fosfor, nejevilo se při hoření síry žádné nebo jen poměrně velice nepatrné zvýšení vodivosti. Příčinou toho jest dle Schmidta, že při oxydaci síry nevznikají pevné produkty vodivé, nýbrž plynné nevodivé. Aby odchýlné chování fosforu nebo natria a síry bylo možno vysvětliti teorií elektronovou, bylo by třeba učiniti hypotézu novou, dle níž by při doutnání síry nevznikaly ionty vůbec, při doutnání však fosforu velmi četné.

Pokusy tyto povzbudily Gockela zkoumati v té příčině draslík, který již při obyčejné teplotě se poměrně rychle oxyduje; neshledal však, že by se rozptylování účinkem draslíku zvýšilo. Dopadne-li však kapka vody na kousek draslíku, takže tento počne hořeti vyvinuje kouř, sklesnou velmi rychle lístky elektroskopu.

*) *H. Ebert* a *P. Ewers*, *Physik. Zeitschr.* 4. 162. 1902.

Celkový výsledek pozorování Gockelova jest, že fosfor při své oxydaci a rovněž *Na* a *Ka*, hoří-li plamenem, mají touž úlohu jako žhoucí částičky uhlíku v plameni Bunsenově. I možno Schmidtovi dáti za pravdu, že při pozvolné oxydaci nevznikají ionty a že rozdíl v elektrickém chování hořící síry a hořícího sodíku lze vysvětliti tím, že v případě prvého vznikají produkty jen plynné, ve druhém též pevné; přes to však není nutno předpokládati, že tyto produkty jsou nositeli nábojů elektrických. Gockel soudí, že tyto pevné produkty způsobují ionisaci obklopujících je plynů způsobem dosud nevysvětleným.

Harms *) zabýval se theoreticky úlohou stanoviti poměr mezi počtem oxydovaných molekul fosforu a počtem vytvořených iontů a vypočetl poměr ten $= 8 \times 10^6$. Dle toho musilo by se spotřebovati k vytvoření dvojice iontů osm millionů molekul kyslíku. Kdyby se proto předpokládalo, že pochod oxydační sám jest přímou příčinou ionisace, bylo by nutným toho důsledkem, že jen nepatrný zlomek kyslíku nachází se ve stavu příznivém rozkladu v ionty při oxydaci. Zdá se tudíž býti pravděpodobnější supposice, že ionty vznikají reakcí sekundární spojenou s oxydací fosforu, jako jest na př. vznik resp. rozpadnutí molekul ozonu. Ovšem že nejsou to molekuly ozonu, jež umožňují transport elektřiny — neboť ozon hotový nevede lépe než jiné plyny — nýbrž jednoatomové molekuly kyslíku, vystupující aspoň dočasně při vzniku a zániku ozonu. Že ozonu připadá pravděpodobně při úkazech popsaných úloha ne poslední, možno souditi ze známé okolnosti, že všude jest — aspoň v případech přesněji zkoumaných — vyskytování se ozonu spojeno s úkazy elektrickými, jako na př. v ozonisátorech, kdež tvoření tohoto vyžaduje, aby byla přiváděna velká množství energie elektrické, anebo že při ozáření kyslíku intenzivním světlem ultrafialovým vzniká ozon a plyn prozařovaný jeví vysokou vodivost. S tohoto stanoviska bylo by též snadno vysvětliti vodivost plynů unikajících na aktivní elektrodě Wehneltova přerušovače, což se dosud vysvětlovalo unikáním iontů, které své náboje na elektrodě odezdaly.

*) *F. Harms*, Physik. Zeitschr. 5. 93. 1904.

Schmidtovou teorií zabýval se též *Barus*,*) avšak dospěl k náhledu nyní téměř všeobecně přijatému, že příčinu vodivosti vzduchu v okolí fosforu nutno hledati v ionisaci.

Jak patrně z tohoto krátkého vylíčení, není dosud otázka po příčině vodivosti vzduchu při oxydaci fosforu vznikající definitivně a uspokojivě rozřešena, ač nelze popřít, že hlavně polemika vedená o této otázce mezi Schmidtem a Harmsem značnou měrou přispěla k vytříbení názorů, byť i nevedla v každém směru k žádoucímu objasnění. Celkem však kloní se všeobecný úsudek k teorii elektronové.

Znázornění čísel délkami a naopak.

Napsal

Dr. Jan Vilém Pexider v Praze.

(Dokončení.)

V geometrii Veroneseově přípustny jsou vedle úseček konečných a aktuálně nekonečně malých ještě délky (ϑ , ϑ' , ...) definované tak, že se, značí-li A a B konce konečné úsečky na přímce, nikdy nepřekročí konečné body úseček ϑ , ϑ' , ..., necht se úsečka AB nanese na přímku za sebou kolikráteli. Úsečky toho druhu zovou se aktuálně nekonečně velké. Praktického významu v geometrii nemají; s theoretického stanoviska zajímavá jest především ta okolnost, že lze pomocí jich ukázati, že trojúhelníky o stejné základně a stejné výšce nemusí míti v geometrii Veroneseově stejný plošný obsah. Vedle toho používá se jich k důkazu o nezávislosti axiomu Archimedova na ostatních skupinách I—IV. O průkazu objektivné existence úseček aktuálně nekonečně velkých nemůže ovšem býti řeči.

Důkazy existenční nebývají ani v geometrii bez značnějších obtíží; nebylo lze dokázati ani existenci všech „irracionálních“ bodů v geometrii Euklidově. Existence „racionálních“ bodů byla v 1. odstavci prokázána. Vedle toho lze se ještě přesvěd-

*) *C. Barus*, *Drud. Ann. d. Phys.* 11. 1142. 1903.