

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Stanislav Petíra

Radioaktivní látky, jich vlastnosti a účinky dle dosavadních výsledků
bádání

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 33 (1904), No. 1, 33--74

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123659>

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>

Radioaktivní látky, jich vlastnosti a účinky dle dosavadních výsledků badání.

Napsal

Stanislav Petíra,

professor c. k. státní průmyslové školy na Smíchově.

Úvod.

Uplynulé desetiletí významno jest v dějinách fysiky řadou objevů v důsledcích svých veledůležitých a dosavadní naše ustálené a za správné a spolehlivé považované pojmy a názory o konstituci hmoty ohrožujících. Rok 1895 přinesl nám překvapující objev paprsků *Röntgenových*, paprsků to od paprsků světelných svými netušenými vlastnostmi se lišících. Objev ten měl za následek horečnou činnost badatelů jak v experimentování tak i ve zkoumání theoretickém. Rozumí se ovšem samo sebou, že intenzivní činnost ta nezůstala bezvýslednou, nýbrž obohatila vědu fysikální i chemickou za krátkou dobu několika roků značnými novými výzkumy a cennými výsledky, které způsobily ve světě vzdělaném neočekávaný rozruch a pravý převrat. Veškeré výsledky ty vznikly snahou, zjednati si též jinou cestou než výboji elektrickými paprsky podobných vlastností jako jsou *Röntgenovy*, totiž paprsky, jež by různými tělesy (i kovovými) pronikaly. Uvádíme jen objevení paprsků *kathodových* a *kanálových*, zjevu *Zeemanna*, *theorie elektronů* a *iontů* a j.

Roku 1896 objevil *Becquerel*¹⁾ zjev *radioaktivity*. Ukázal totiž, že existují látky, zvané *radioaktivní*, jež bez umělého přivádění energie spontánně a trvale vyzařují energii v záhadné formě.

Od té doby nápadně rychle vyvinuje se nejnovější toto odvětví fyzikálně-anorganické vědy, počet pojednání k předmětu tomu se vztahujících roste do výše netušené. I nebude zajisté nemístné, podati v hlavních ovšem rysech krátký souborný přehled jednak o látkách radioaktivních, jednak i o jich účincích a zjevech těmito podmíněných.

Aktivní uran.

Jak již podotknuto, jsou fundamentálními pracemi v oboru radioaktivity práce *Becquerelovy*, ačkoliv již před ním i jiní badatelé podobná pozorování konali, jako *Arnold*²⁾, *Niewenglowski*³⁾, *G. Le Bon*⁴⁾, *Lumière, d' Arsonval*⁵⁾ a j.

Becquerel nejprve dokázal, že soli *uranové*, význačné svou fluorescencí a tudíž ve fyzice dobře známé, jeví účinek fotografický i skrze plech aluminiový. To poukazovalo zdánlivě k tomu, že jest jistá souvislost mezi *viditelnou* fluorescencí a *luminiscencí* a *neviditelným* zářením kovy prostupujícím. Než brzy shledán základní rozdíl a sice v tom, že toto záření není závislé na předchozím osvětlení. Kdežto světélkování sirníků žíravých zemin a j. ve tmě znenáhla uhasíná, neubývá u preparátů uranových schopnosti, vysílati paprsky pronikající prostředím neprůhledná i tehdy, jsou-li látky třeba po měsíce chráněny před světlem. *Becquerelovy* údaje stvrzeny brzy na to pozorováními *Spiesovými*,⁶⁾ *Elsterem* a *Geitelem*⁷⁾ a j.

¹⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 122. str. 420, 501, 559, 689, 762, 1086. 1896.

²⁾ *W. Arnold*. Wiedem. Ann. 61. str. 316. 1897.

³⁾ *G. Niewenglowski*. Compt. rend. 122. str. 384. 1896.

⁴⁾ *G. Le Bon*. Compt. rend. 122. str. 188. 1896. Viz o tom: *V. Novák* v tomto časopise. 30. str. 223 nslđj. 1901.

⁵⁾ *D'Arsonval*. Compt. rend. 122. str. 500. 1896.

⁶⁾ *P. Spies*. Verh. d. phys. Ges. Berlin. 15. str. 102. 1896.

⁷⁾ *J. Elster* a *H. Geitel*. 10. Jahresber. Naturw. Braunschweig. 1897.

(Citáty z časopisů nepřístupných vzaty jsou z: *K. Hofmann*. Die radioaktiven Stoffe nach dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis. Lipsko. 1902.)

Dalším výsledkem badání Becquerelova bylo, že paprsky *uranové* nepřísluší jen nejrůznějším *sloučeninám* uranu, nýbrž i čistému uranu samému. Též veškeré proby kysličníku uranato-uranitého vzniklé z různých nerostů uranových⁸⁾, jakož i většina těchto minerálů samých⁹⁾ objevily se účinnými, t. j. radioaktivními.

Paprsky uranem vysílané jeví jistou podobnost s paprsky Röntgenovými, jež spočívá v tom, že pronikají neprůhlednými listky kovovými nebo neprůhledným černým papírem, dřevem, kaučukem a j. Oba druhy paprsků rozptylují též elektrické náboje, což ukázal *Becquerel*¹⁰⁾ tím způsobem, že mezi dvěma koulemi měděnými, z nichž jedna spojena jest se zdrojem elektřiny, druhá pak s elektroskopem, nastává pozvolné vyrovnání elektřiny, přiblíží-li se k oběma koulím koule uranová, anebo dá-li se tato na místo jedné měděné. Vybíjení toto děje se pouze v prostoru vzduchem neb jiným plynem naplněném, ne však ve vakuu. Vzhledem k okolnosti, že jest vzduch (i jiné plyny) za tlaků asi 10 mm a výše velmi špatným vodičem elektřiny, vyplývá z pokusu uvedeného značné zvýšení vodivosti vzduchu zářením uranovým; podobné platí o paprscích Röntgenových. Příčinou přenášení elektřiny jsou elektricky nabitě částice, kladné a záporné ionty, čili, jak říkáme, ionisování plynu těmito paprsky¹¹⁾.

Paprsky *uranové* a rovněž i Röntgenovy se na rozdíl od obyčejných paprsků světelných ani *neodrážejí* ani *nelámou* ani *nepolarisují*¹²⁾. Za to však shledal jak *Becquerel* tak i *Rutherford* a *Soddy*¹³⁾, že jistá část paprsků uranových se v magnetickém poli od svého směru odchyluje podobně jako paprsky katodové, což u Röntgenových paprsků nenastává. V důsledku toho dělí se záření uranové na tak zv. α - a β -záření. Prvé —

⁸⁾ Viz: *V. Novák*, l. c. str. 232, a *K. Hofmann* a *E. Strauss*. Ber. deutsch. chem. Ges. 33. str. 3126. 1900.

⁹⁾ *W. Crookes*. Proc. roy. soc. London. 66. str. 406. 1900.

¹⁰⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 124. str. 800. 1897.

¹¹⁾ O ionisaci viz můj článek v *Živě*. 13. str. 161. 1903.

¹²⁾ *E. Rutherford*. Phil. Mag. 47. str. 109. 1899.

¹³⁾ *E. Rutherford* a *F. Soddy*. Proc. chem. soc. 18. str. 121. 1902 a Phil. Mag. 5. str. 441. 1903.

magneticky neodklonitelné — α -záření se snadno nejrůznějšími látkami absorbuje, způsobuje efekt ionizační na elektroskopu, nejví však znatelný účinek na desku fotografickou; druhé pak — magneticky odklonitelné — β -záření proniká kovy a jinými pro obyčejné paprsky neprostupnými látkami, účinkuje na fotografickou desku, nedá se však téměř na elektroskopu dokázati, čehož příčinou jest malá absorpce paprsků těch v plynech.

V nejnovější však době podařilo se *Blondlotovi*¹⁴⁾ dokázati u X-paprsků polarisaci zvláštním zařízením pokusu, a nejen to, nýbrž zdá se u paprsků těch existovati i magnetická odchylka. Výsledky Blondlotovy ohledně polarisace paprsků Röntgenových stvrzuje též *Lieben*¹⁵⁾, jenž metodu Blondlotovu poněkud pozměnil, avšak souhlasných výsledků došel.

Jakého původu jest záření uranu, není arciť dosud známo. Ačkoliv jest vyslaná energie¹⁶⁾ velice malá, musí přece nějakými pochody vznikati. Ani předchozí osvětlení ani teplota nemají vlivu na úkaz ten, jak stvrzují pozorování *Becquerelova*¹⁷⁾ a *Rutherfordova*¹⁸⁾. Kdežto paprsky káthodovými nelze dle *Elstera* a *Geitela*¹⁹⁾ účinek preparátů uranových sesliti, podařilo se *Becquerelovi*²⁰⁾ odniti uranu dočasně jeho aktivitu. Shledal totiž, že síran barnatý vznikající přidáním kyseliny sírové k roztoku uranovému smíšenému se solí barnatou část aktivity uranu sebou strhne, tak že po 18násobném opakování pochodu toho byla sůl uranová skoro neaktivní; avšak po půldruhém roce dosáhla své původní aktivity sama od sebe.

Jinými pochody chemickými snažili se *Crookes*²¹⁾ a *Hofmann* a *Strauss*²²⁾ aktivitu solí uranových buď zvýšiti aneb

¹⁴⁾ *R. Blondlot*. Compt. rend. 136. str. 284. 1903 a Physik. Zeitschr. 4. str. 435. 1903.

¹⁵⁾ *R. v. Lieben*. Physik. Zeitschr. 4. str. 469. 1903.

¹⁶⁾ 1 g kysličníku uranitého vysílá za 1 rok energii = 0.032 kalor. Srvnj. *E. Rutherford*. Beiblätter zu d. Ann. 24. str. 1338. 1900.

¹⁷⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 130. str. 1584 a 131. str. 137. 1900.

¹⁸⁾ *E. Rutherford*. Phil. Mag. 47. str. 109. 1899.

¹⁹⁾ *J. Elster* a *H. Geitel*. Beiblätter zu d. Ann. 23. str. 443. 1899.

²⁰⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 133. str. 977. 1901.

²¹⁾ *W. Crookes*, jako pozn. 9.

²²⁾ *K. Hofmann* a *E. Strauss*. Ber. deutsch. chem. Ges. 33. str. 3126. 1900.

je aktivity zbaviti. Jest však nerozhodno, — naopak zdá se býti vyloučeno, — je-li možno zjednati uran *trvale* neaktivní. Kdyby se to však přece podařilo, bylo by nutným důsledkem, že příčinou radioaktivity není uran sám, nýbrž nějaká cizí dosud neznámá látka. Crookes²³⁾ také skutečně akceptuje novou domnělou součástku uran X. Soddy však s Rutherfordem²⁴⁾ našli, že methodou Crookesovou vzniklý uran X vysílá pouze β -paprsky původní látky, kdežto zbylý po oddělení uran podržuje α -záření úplně, není tedy neaktivní. Rovněž nelze v solích uranových získaných dosavadními analytickými methodami předpokládati dvě aktivní složky; bylo by však ukvapeno supponovati rozložitelnost uranu.

V nejuvější své práci však Becquerel²⁵⁾ opět popírá, že by uran vysílal α -paprsky. Účinek na desku fotografickou pochází prý výhradně od paprsků odklonitelných (jako jsou katodové). Pokus provedený ve vakuu téměř absolutním dokázal, že všechny paprsky se odchylují a že neexistují paprsky neodklonitelné. Tím arcit odpadalo by vysvětlení, že α -paprsky nelze proto pozorovati, poněvadž se vzduchem absorbují; příčinou toho jest pouze jejich nepřítomnost, ačkoliv Rutherford v záření uranovém shledal část paprsků snadno pohlcovatelných a vzduch silně ionisujících, tedy α -paprsků, jež fotograficky neúčinkují. A přes to, že Becquerel sám konstatoval při pokusech konaných při teplotě tekutého vzduchu paprsky silně pohlcovatelné, jest přece toho náhledu, že nelze je srovnávati ani s paprsky kanálovými ani s α -paprsky.

Polonium. (Aktivní vismut.)

Záslouhou Becquerelovou zůstane, že objevil vlastnost radioaktivity na uranu a jeho sloučeninách. I bylo hledáno — a to hlavně na nejdůležitějším nerostu uranovém, smolci nedělivém — též po jiných látkách aktivních a ne bez úspěchu.

²³⁾ W. Crookes, jako pozn. 21.

²⁴⁾ E. Rutherford a F. Soddy, jako pozn. 13. Viz o tom též: B. Kučera. Živa 13. str. 140. 1903.

²⁵⁾ H. Becquerel. Compt. rend. 136. str. 977. 1903.

Nejprve vyloučili manželé *Curieovi*²⁶⁾ — nyní velmi pilní badatelé v oboru radioaktivity — ze smolce nedělivého látku, jež, pokud se týče vlastností chemických, se chovala jako *vismut*, avšak na rozdíl od tohoto jevila značnou aktivitu, asi 400krát větší než uran. Proto vyslovili domněnku o existenci nového prvku a nazvali jej *polonium*. Aktivnost těchto preparátů poloniových lze značně zvyšovati, rozpustíme-li sirníky ve zředěné kyselině dusičné, při čemž usedliny mají oproti součástkám snadno rozpustným účinek zvýšený. Při suchém zahřívání sirníku na 700° vznikne černý silně aktivní sublimát.

Spektrálním zkoumáním preparátů poloniových [od *Demarcaye*, *Rungeho*, *Exnera* a j.²⁷⁾] nebylo lze nový prvek konstatovati. Dalším důvodem pro neexistenci nového prvku bylo, že aktivita elektrolyticky vyloučeného kovu, jakož i kysličníku a sírníku při uschování v suchu velmi silně klesala; možno tudíž *polonium* považovati za obyčejný *vismut*, jenž stal se aktivním indukci (o indukované radioaktivitě bude jednáno níže), jak učinil *Giesel*²⁸⁾; neboť mohou nejrozmanitější látky, zejména však *vismut*, státi se sekundárně aktivními dotekem s látkami aktivními. K názoru tomu připojili se později též manželé *Curieovi*²⁹⁾, považující *polonium* za jistý druh aktivního *vismutu*, v němž se nepodařilo dosud dokázati přítomnost prvku nového.

Naproti tomu našel *Marckwald*³⁰⁾, že u oxychloridu *vismutu*, který si zjednal ze zbytků smolce *Jáchymovského* v kyselině sírové nerozpustných, aktivita ani po 8—9 měsících neklesala. Cestou elektrolytickou oddělil hmotu aktivní od neaktivního *vismutu*. Rozkládal-li elektrickým proudem roztok chloridu *vismutového* v kyselině solné, byla vyloučená látka aktivnější než látka v roztoku zbylá. Při ponoření leštěné tyčinky *vismutové* do roztoku chloridu *vismutového* v kyselině solné vznikl jemný černý povlak, jenž byl nad míru aktivní. Zůstane-li

²⁶⁾ *P. Curie a Sklodowska Curie*. Compt. rend. 127. str. 175. 1898.

²⁷⁾ Viz na př. *V. Novák*, l. c. str. 234.

²⁸⁾ *Ahrens Sammlung chem. Vorträge*. 7. str. 1. 1902. Viz též: *J. Elster a H. Geitel*. Verh. deutsch. phys. Ges. 2. str. 5. 1900.

²⁹⁾ *P. Curie a Skl. Curie*. Compt. rend. 134. str. 85. 1902.

³⁰⁾ *W. Marckwald*. Ber. deutsch. chem. Ges. 35. str. 2285. 1902 a *Physik. Zeitschr.* 4. str. 51. 1902.

ona tyčinka po několik dní v roztoku ponořena, usadí se na ní veškerá aktivní hmota, kdežto sůl v roztoku zbylá jeví se neaktivní. Pokusy svými dospěl Marckwald k náhledu, že ona radioaktivní látka nepatří do řady Bi-Sb, nýbrž do řady sirtellur, v kteréžto řadě schází jeden prvek po telluru.

S výsledky Marckwaldovými souhlasí *Behrendsen*³¹⁾, jenž na základě svých pokusů pronáší úsudek, že nejedná se u preparátů vismutových o radioaktivitu indukovanou, nýbrž že existuje skutečně nějaký nový prvek polonium (oproti Gieselovi a j.).

Naproti tomu činí pí. *Curieová*³²⁾ námitky proti Marckwaldovi tvrdíc, že pokud se týče stanovení ubývání aktivity, nutno pozorování a měření konati na preparátech *čistých*; neboť vismut radioaktivní pocházející z rud uranových může obsahovati stopy radia. A vzhledem k tomu, že Marckwald nepraví, konal-li svá pozorování na čistých preparátech, nelze jeho výsledky považovati za naprosto spolehlivé.

Záření preparátů polonium-vismutových jest v podstatě odchylné od záření na uranu pozorovaného. Výsledky různými badateli stanovené se však rozcházejí. *Giesel*³³⁾ na př. uvádí, že se paprsky polonia částečně magnetem odchylní; naproti tomu Becquerel, manželé Curieovi, *Rutherford a Grier*³⁴⁾ shledali u polonia pouze paprsky v magnetickém poli neodklonitelné, v kovech a v papíru snadno pohlcovatelné, které tedy mají jen nepatrnou prostupnost a tudíž vzduch silně ionisují. Silnou absorpci paprsků polonia vzduchem dokázal též *Crookes*³⁵⁾ cestou fotografickou³⁶⁾.

*Marckwald*³⁷⁾ shledal u svých preparátů opět zajímavé a od ostatních paprsků Becquerelových odchylné vlastnosti. Dvě tyčinky uzavřené v hedvábném papíru neúčinkují na elektroskop

³¹⁾ *O. Behrendsen*. Physik. Zeitschr. 3. str. 572. 1902.

³²⁾ *Skł. Curie*. Physik. Zeitschr. 4. str. 234. 1903.

³³⁾ *F. Giesel*. Wiedem. Ann. 69. str. 834. 1899.

³⁴⁾ *E. Rutherford a S. G. Grier*. Physik. Zeitschr. 3. str. 385. 1902.

³⁵⁾ *W. Crookes*. Chem. News. 85. str. 109. 1902.

³⁶⁾ O methodách ke zkoumání radioaktivních látek viz: *V. Novák*, l. c. str. 225.

³⁷⁾ *W. Marckwald*. Physik. Zeitschr. 4. str. 51. 1902.

téměř pranic; podobně působí lístek aluminiový tloušťky $\frac{1}{100}$ mm; při poněkud jen silnějším lístku neobdržíme ani stopy po nějakém účinku na elektroskopu. Vedle toho shledal některé účinky, jichž u paprsků z radia (viz níže) vycházejících není. Paprsky z Marckwaldových preparátů vzbuzují fosforescenci kysličníku zinečnatého velmi dobře, kdežto paprsky radia způsobují jen účinek slabý. Naopak zase vzbuzují paprsky poloniové slabou fosforescenci u solí uranových, na něž opět paprsky radia silně účinkují. Při tom zmiňuje se Marckwald též o praktické stránce svých pokusů. Paprsky jeho poloniem vysílané jsou pohodlným prostředkem ke zjištění pravosti diamantu. Imitace diamantu ze skla, rovněž bezbarvé odrůdy safíru, rubínu a smaragdu užívané k padělání diamantu účinkem paprsků jeho nefosforují, kdežto diamant pravý jeví silnou fosforescenci.

Nejnoveji však objevil *Becquerel*³⁸⁾ v záření preparátů poloniových paprsky, jež značně pronikají látkami a studoval též jich účinky sekundární. Podrobnými pokusy dokázal, že z polonia vycházejí paprsky, které mají stejnou schopnost prostupovati, jako jistý druh paprsků radiových (viz níže) filtrovaných značně silnou hmotou kovovou. I soudí z pokusů svých, že polonium vysílá ze tří druhů paprsků radiových druhy dva; jen ty paprsky, jež se podobají katodovým, nebylo dosud možno dokázati.

Vzhledem k různým výsledkům při zkoumání poloniových preparátů získaným možno míti za to, že existují *různé druhy polonia* dle toho, od kterého z pozorovatelů a jakou cestou byly zjednány.

Radium.

Neúnavní badatelé v oboru látek radioaktivních, manželé *Curieovi*³⁹⁾, získali vedle hypotetického polonia z téhož materiálu, totiž rudy uranové, další preparáty nadmíru aktivní, které obsahovaly *baryum*. Aktivitu připisovali pak opět novému domnělému prvku, jemuž dali jméno *radium* (odtud název látek radioaktivních). Opětovanou frakcionovanou krystalisací chloridu

³⁸⁾ *H. Becquerel. Compt. rend. 136. str. 977. 1903.*

³⁹⁾ *P. Curie a Skl. Curie. Compt. rend. 127. str. 1215. 1898*

z roztoku jeho v kyselině solné bylo možno do takové míry aktivitu na preparátech koncentrovati, že účinek byl několik tisíckrát větší než při uranu. Takové krystalisací vzniklé preparáty mění svou barvu⁴⁰⁾. Plné mohutnosti záření dosáhnou látky radioaktivní teprve tehdy, když preparáty z roztoku vyloučené několik týdnů zůstanou ve stavu pevném. Záření chloridu i bromidu, jsou-li vody prosty, vzbuzuje viditelnou fosfoescenci.

Se stoupající aktivitou stoupá též ekvivalentní váha směsi. Nekonzentrované ze smolce vyloučené radiumbaryum má jako chlorid normální ekvivalent okrouhle 69. Pí. Curieová⁴¹⁾ našla pro jistý preparát aktivity 5700 (uran = 1) ekvivalentní váhu 72·9. Po zdoluhavých chemických pochodech podařilo se jí z velkého množství materiálu vyloučiti 1 decigram čistého chloridu radia, jehož ekvivalent určila na 112·5. Předpokládáme-li vzhledem k obdobným vlastnostem radia a barya radium za dvojnásobné, vyplývá atomová váha radia 225, kdežto dříve stanovili ji manželé Curieovi na 174.⁴²⁾ Dle toho jest radium v periodické soustavě nejvyšším členem grupy kovů žřavých zemin a patří do řady thoria a uranu.

Runge a Precht⁴³⁾ však určili extrapolací na základě zkoumání čar spektra radia pro atomovou váhu radia číslo 258. Jest možno, že pí. Curieové radium obsahovalo baryum, kteréžto dva prvky jsou velmi příbuzny; proto získala číslo příliš malé. Číslo 225 vyhovuje periodické soustavě hodíc se do mezery mezi thoriem a vismutem; při 258 muselo by se radium v koloně *Mg*, *Ca*, *Sr*, *Ba* pošinouti o dvě řady, čímž by v periodické soustavě vzniklo několik míst nových neobsazených. Avšak pro vyšší číslo, totiž 258, svědčí opět to, co praví Rutherford. Větší atomová váha totiž svědčí pro složitější stavbu atomů a tím pro snazší rozklad v elektrony. Měl by tedy prvek nejsilněji elektrony vysílající míti též největší atomovou váhu. Proti vývodům Runge-Prechtovým hájí pí. Curieová⁴⁴⁾ atomovou váhu 225, kterou byla

⁴⁰⁾ Viz *V. Novák*, l. c. str. 236.

⁴¹⁾ *Skł. Curie*. Compt. rend. 129. str. 760. 1899.

⁴²⁾ Viz *V. Novák*, l. c. str. 235.

⁴³⁾ *C. Runge a J. Precht*. Physik. Zeitschr. 4. str. 285. 1903.

⁴⁴⁾ *Skł. Curie*. Physik. Zeitschr. 4. str. 456. 1903.

určila, a poukazuje k některým jich vývodům jakožto ne úplně spolehlivým, hlavně pokud se týče extrapolace; považuje číslo 225 za správné s možnou chybou jedné jednotky.

Jako u polonia-vismutu, tak i u radia zabývali se spektrálním zkoumáním hlavně *Demarçay*⁴⁵⁾, *Runge*⁴⁶⁾ a j. Kdežto ale u polonia nekonstatovali touto cestou přítomnost nového prvku, stanovili u radia s plnou jistotou řadu dosud neznámých čar spektrálních. Totéž potvrzuje zkoumání *Gieselovo*⁴⁷⁾. Zjednav si $\frac{1}{2}$ g čistého bromidu radia shledal, že, obsahuje-li vodu, jeví silnou vlastní fosforescenci, jež po odstranění vody se stává přímo nádhernou. Světlo to je modravé a má spektrum nepřetržitě. Účinek na stínítko svítivé a desku fotografickou jest značný. Při krystalisaci s postupujícím čistěním stávají se krystaly již v kapalině žlutavými, jakož pozorovali též manželé Curieovi na chloridu. V blízkosti krystalů vzniká silný zápach po ozonu. Když se při čistění krystaly čisté soli nasazují, nastává tvoření se plynu (po 1—2 dnech) ve tvaru bublinek, jež se na povrchu usazují jako pěna. O povaze plynu toho není dosud nic známo. Ve spektru plamene pozoroval Giesel (vedle zelených čar barya) při pečlivě čistěných preparátech radia též dva jasné pruhy v části oranžově-červené, které *Demarçay*-ovi ušly; zabarvení plamene jest čistě karminově červené. I zdá se jiskrové spektrum radia býti jiné než spektrum plamene. Radium lze tedy též pomocí plamene Bunsenova čítati k prvkům, jež lze spektroskopicky snadno zjistiti, kteroužto větu již *Demarçay* vyslovil pro spektrum jiskrové.

Preparáty obsahující radium, vysílají paprsky Becquerelovy, jež se podobně chovají jako paprsky uranu. Na prvním místě jsou to paprsky magneticky *odklonitelné*⁴⁸⁾, obdobné β -paprskům uranu, pronikající pevnými látkami. Řada látek zkoumaných, jimiž paprsky ty čím dále tím méně pronikají, jest: papír, hliník, sklo, kadmium, zinek, železo, cín, měď, olovo, palladium, platina. Paprsky *neodklonitelné*, jako α -paprsky uranu, jeví malou pro-

⁴⁵⁾ *E. Demarçay*. Compt. rend. 129. str. 716. 1899.

⁴⁶⁾ *C. Runge*. Drude, Ann. der Phys. 2. str. 742. 1900.

⁴⁷⁾ *F. Giesel*. Ber. deutsch. chem. Ges. 35. str. 3608. 1902 a Physik. Zeitschr. 3. str. 578. 1902.

⁴⁸⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 132. str. 1286. 1901.

stupnost. Vedle těchto dvou druhů paprsků vysílá radium (a mimo to též thorium, jakož i radioaktivita vzbuzená radiumem a thoriem, o čemž níže) ještě třetí druh paprsků, a to paprsky *velké prostupnosti a neodklonitelné*. K výsledku tomuto dospěl *Rutherford*⁴⁹⁾ methodou elektrickou. První věnoval pozornost těmto novým paprskům u radia *Villard*⁵⁰⁾, jehož výsledky stvrzeny byly *Becquerelem*⁵¹⁾. Dle *Rutherforda* vysílá uran takovýchto paprsků u porovnání s radiumem a thoriem velmi málo. Paprsky ty mají prostupnost takovou jako X-paprsky z „tvrdé“ trubice Röntgenovy. Jak tlustými vrstvami musí paprsky třetího druhu proniknouti, aby jich intenzita klesla na polovici, vyplývá z následující tabulky.

<i>Kov:</i>	<i>Tloušťka v cm.:</i>
rtuť	0·75
olovo	0·9
cín	1·8
měď	2·2
zinek	2·5
železo	2·5.

Pokusy s uranem konané nebyly tak přesvědčující. Když akceptujeme, že uran takové paprsky vysílá, děje se to v míře mnohem menší. Poněvadž paprsky třetího druhu vyskytují se v radiumu a thoriumu, ale i v radioaktivitě oběma těmito prvky vzbuzené, možno míti za to, že pocházejí jak v radiumu, tak v thoriumu od indukované radioaktivity, která v látce samé vlastními paprsky se vzbudí.

Dle pokusů *Rutherfordových* podobají se tyto paprsky více paprskům katodovým než Röntgenovým, liší se pouze tím, že nejsou magneticky odklonitelné jako katodové. Z toho lze souditi, že jsou to elektrony, jichž rychlost jest přibližně rovna rychlosti světla.

Celkem lze tedy u radia rozeznávaní tři druhy paprsků [dle *Rutherforda*⁵²⁾]: α -paprsky, jež se tenkými vrstvami velmi

⁴⁹⁾ *E. Rutherford*. Physik. Zeitschr. 3. str. 517. 1902.

⁵⁰⁾ *P. Villard*. Compt. rend. 130. str. 1178. 1900.

⁵¹⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 130. str. 1154. 1900.

⁵²⁾ *E. Rutherford*. Physik. Zeitschr. 4. str. 235. 1903.

snadno pohlcují a vzbuzují z největší části za obyčejných podmínek ionisací plynu; β -paprsky, jež jsou negativně nabitě značnou rychlostí se pohybující částičky, a jež v každém ohledu se podobají paprskům katodovým; γ -paprsky, které magnetické pole neodchyluje, a které mají značnou prostupnost.

Schopnost pronikati hmotou jest u paprsků těch různá. Tak na př. má-li intenzita paprsků klesnouti na polovici, musí α -paprsky prostoupiti aluminiovou deskou tloušťky 0·0005 cm, β -paprsky " " " " 0·05 " , γ -paprsky " " " " 8·0 " .

Z pokusů Rutherfordových konaných s radiem mohutnosti 19000 a v magnetickém poli 8400 jednotek plyne dále, že α -paprsky lze silným magnetickým i elektrickým polem odchýliti, avšak odchylka jest opačná než u paprsků katodových. Jsou tudíž α -paprsky *positivně* nabitě částičky značné rychlosti a podobají se proto paprskům *kanálovým* Goldsteinem pozorovaným (blížeji o těchto paprscích viz v mém článku v Živě l. c.) s tím pouze rozdílem, že jejich rychlost jest mnohem větší než paprsků kanálových. Zdá se býti pravděpodobno, že emise α -paprsků probíhá úplně nezávisle na emisi β -paprsků, a že tato jest pouze zjevem sekundárním, kdežto α -paprskům přísluší při změnách, jež se dějí v radioaktivních látkách, úloha hlavní.

Výsledky Rutherfordovy ohledně odklonitelnosti α -paprsků získané methodou elektrickou stvrdil v plném rozsahu *Becquerel*⁵³⁾, jenž užil za tím účelem metody fotografické jím právě zdokonalené. Ano, podařilo se mu též o neodklonitelných paprscích *polonia*, které jsou mnohem slabší než u radia, a jichž intensity rychle ubývá, touže methodou dokázati, že se též odchylují jako α -paprsky, jak co do velikosti tak i co do směru. Též *Des Coudres*⁵⁴⁾ zabýval se zkoumáním výsledků Rutherfordových a shledal je rovněž úplně stvrzeny.

Vedle uvedených tří druhů paprsků vychází z preparátů radiových též *hmotná emanace*, jejíž molekulární váha dle *Rutherforda*⁵⁵⁾ jest mezi 40 a 100. (O emanaci pojednáno bude obšírněji při thoriu.)

⁵³⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 136. str. 199 a 431. 1903.

⁵⁴⁾ *Th. Des Coudres*. Physik. Zeitschr. 4. str. 483. 1903.

⁵⁵⁾ *E. Rutherford*. Chem. News. 85. str. 196. 1902.

Účinek preparátů radiových lze opětovanou krystalisací do značné míry stupňovati; tak získali manželé Curieovi chloridy, jichž mohutnost záření byla asi 100.000 kráte větší než při uranu. I jest samozřejmo, že právě na těchto lze účinky nových paprsků nejlépe pozorovati, mnohem lépe než na látkách jiných.

Paprsky radia magneticky odklonitelné (a sice β -paprsky) unášejí, jak již manželé Curieovi⁵⁶⁾ dokázali, zápornou elektřinu, čímž arciť jich příbuznost s paprsky katodovými velice nápadně vyniká. S transportem elektřiny spojen jest vždy též transport hmoty, na niž jest elektřina vázána; tu pak lze — jako to na př. učinil J. J. Thomson pro paprsky katodové — vypočítsti, jak velké záporné náboje za jistou dobu jsou vysílány. Náboje ty pronikají skrze kovy a dielektrika jako paprsky katodové. *Becquerel*⁵⁷⁾ vypočítal na základě čísel Curieovými nalezených, že energie vyzářená z 1 cm^2 (při tloušťce vrstvy 0.2 cm) obnáší za 1 vteřinu asi 10^{-7} Watt. Vzhledem k tomu, že nejlepší preparáty radiové mají mohutnost 100.000kráte větší než kysličník uranitý, možno tvrditi, že 1 g neúčinnějšího radia vyzářuje za 1 rok na 3200 kalorií (viz pozn. 16). Vzhledem k této neapatrné hodnotě třeba ovšem tázati se po zdroji této energie, o čemž pojednáno bude níže. Závislost záření radiového na teplotě nebylo lze ani při bodu varu tekutého vzduchu konstatovati, jak uvádí *Himstedt*⁵⁸⁾.

Svrchu bylo uvedeno, že paprsky uranové právě tak jako Röntgenovy se vedle jiných vlastností liší od paprsků světelných též tím, že se neodrážejí. *Tommasinovi*⁵⁹⁾ podařilo se však dokázati, že v paprscích vysílaných směsí chloridu radia a barya jsou paprsky, jež se odrážejí. Látku dal do ohniska parabolického zrcadla dutého z postříbřené mědi a pozoroval účinek paprsků na nabitý elektroskop Curieův. Výboj elektroskopu byl jak při náboji kladném tak i záporném při užití zrcadla asi dvakrát větší než bez zrcadla. Při tom též dokázal, že tento seslenný účinek nepochází od paprsků sekundárních ze zrcadla

⁵⁶⁾ *P. Curie a Skl. Curie. Compt. rend. 130. str. 647. 1900.*

⁵⁷⁾ *H. Becquerel. Compt. rend. 130. str. 809. 1900.*

⁵⁸⁾ *F. Himstedt. Drude, Ann. der Phys. 4. str. 531. 1901.*

⁵⁹⁾ *Th. Tommasina. Compt. rend. 133. str. 1299. 1901.*

vycházejících. Paprsky odražené pronikají látkami velmi málo. Též podařilo se paprsky ty, byť i ne úplně, oddělití od ostatních, jež mají velkou prostupnost a jež se neodrážejí.

Paprsky radiové nejsou sice okem viditelné, avšak lze je aspoň částečně pomocí jiných látek viditelnými učiniti. Dle *Himstedta*⁶⁰⁾ (a *Giesela*) máme pocit světelný, položí-li se preparát radiový v neprůhledný papír zabalený na oko odpočaté. Pocit jest takový, jakoby celé oko bylo naplněno světlem; příčinou úkazu toho jest pravděpodobně fosforescence hmoty sklovité vzbuzená zářením radiovým. — Vodyprostý chlorid radio-barnatý nebo i bromid svítí velice jasně následkem fosforescence vzbuzené paprsky v molekulách. Mimo to svítí dle *Becquerela*⁶¹⁾ v blízkosti preparátů radiových veškeré látky fosforující, jichž záření lze vzbuditi též paprsky ultrafialovými neb Röntgenovými; ovšem že jasnost jest dle látek různá. Z těchto užívá se nejvíce kyanidu platičito-barnatého, který se nanáší na papír, aby se jím dokázaly paprsky radiové, podobně jako se dříve již dalo pro paprsky Röntgenovy.

Účinky radia chemické jsou velmi rozmanité. Především jeví se na žlutém neb červenavém zbarvení, které krystalisovaný baryum obsahující chlorid neb bromid v roztoku přijímají. Chlorid radia prostý barya nebarví se dle pí. *Curieové*⁶²⁾; dle *Giesela*⁶³⁾ čistý bromid radia vydává neustále brom. Skleněné nádoby, v nichž se preparáty radiové uschovávají, barví se, jak uvádí *Becquerel*⁶⁴⁾, do červena, později fialově a konečně černě. Žlutý kyanid platičito-barnatý účinkem paprsků radiových zhnědne, načež již nefosforeskuje, leč když se překrystalisuje.⁶⁵⁾ Fosfor bílý přemění se v červený. Smícháme-li roztoky chloridu rtuťnatého a kyseliny šťavelové, kterážto směs jest i pro denní světlo citlivou, vylučuje se kalomel. Neméně důležitý jest účinek paprsků těchto na různá semena. Tak semena horčičně

⁶⁰⁾ jako pozn. 58.

⁶¹⁾ *H. Becquerel. Compt. rend. 129. str. 912. 1899.*

⁶²⁾ *Skl. Curie. Compt. rend. 135. str. 161. 1902.*

⁶³⁾ *F. Giesel. Ber. deutsch. chem. Ges. 35. str. 3608. 1902.*

⁶⁴⁾ *H. Becquerel. Compt. rend. 133. str. 709. 1901.*

⁶⁵⁾ *P. a. Skl. Curie. Compt. rend. 129. str. 823. 1899.*

a řeřichové — dle *Matouta*⁶⁶⁾ — po delším ozáření paprsky radiovými pozbývají své klíčivosti. Chlorofyl rostlin se ničí. Rovněž shledáno, že paprsky, a to jen snadno pohlcovatelné, zabraňují vývinu bakterií. Pokusy v příčině té bezpečné a spolehlivé konali *Aschkinass* a *Caspari*⁶⁷⁾ na kulturách „micrococcus prodigiosus“. Že účinkují pouze paprsky pohlcovatelné, shledali z toho, že paprsky prošeďší dřívě deskou aluminiovou nebo silnější vrstvou vzduchu nejevily na bakterie účinku pražádného.

Na těle lidském vznikají účinkem paprsků radiových spáleninám podobné záněty kůže. Tak na př. *Becquerel* nosil několik decigramů velice účinné soli radiové ve skleněné zapečetěné trubici a nad to v papíru a pouzdře lepenkovém zabalené asi šest hodin v kapse u vesty; po desíti dnech vznikl silný zánět kůže a teprve po 49 dnech se vzniklá rána zahojila.

Kyslík vzduchu lze částečně proměnit v ozon intensivním zářením radia, jak manželé Curieovi pozorovali, a jak též *Giesel* stvrzuje. I dalo by se očekávati v tom případě, že paprsky radiové podobně účinkují jako elektrické oscillace v ozonisátoru *Berthelotově*, že paprsky ty budou jeviti podobný účinek na koherer užívaný při telegrafii etherové jako vlny elektrické. Avšak pokusy *Himstedtem*⁶⁸⁾ provedené poskytly výsledek negativní.

Z úkazu, že paprsky *Becquerelovy* zvyšují vodivost vzduchu ionisující jej, lze některé pokusy snadno vysvětliti. Tak *Elster* a *Geitel*⁶⁹⁾ pozorovali, že výboj chvostkovitý nebo jiskrový vznikající mezi koulí kovovou kladně nabitou a negativně nabitou deskou se promění ve výboj doutnavý, přiblížíme-li preparát radiový; podobně výboj jiskrový mezi dvěma koulemi se urychlí. Příčinu zjevů těch nutno hledati ve zmíněné ionisaci.

Elektrickou vodivost zředěných roztoků chloridu radio-barnatého měřil *Henning*⁷⁰⁾, neshledal však u preparátů různě aktivity (od 240 do 1000) žádného rozdílu od hodnot stanovených pro obyčejné chlorbaryum. Jest nápadno, že se vodivost

⁶⁶⁾ *L. Matout*. Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unter. 15. str. 168. 1902.

⁶⁷⁾ *E. Aschkinass* a *W. Caspari*. Drude, Ann. der Phys. 6. str. 570. 1901.

⁶⁸⁾ *F. Himstedt*. Drude, Ann. der Phys. 4. str. 531. 1901.

⁶⁹⁾ *J. Elster* a *H. Geitel*. Wiedem. Ann. 69. str. 673. 1899.

⁷⁰⁾ *F. Henning*. Drude, Ann. der Phys. 7. str. 562. 1902.

nemění, že radioaktivita nemá vlivu na transport elektriny roztokem, když přece je známo, že elektrické náboje silně rozptyluje, a že paprsky odklonitelné unášejí elektrinu zápornou.

Radioaktivní olovo.

Látkami dosud uvedenými nejsou nikterak veškeré látky radioaktivní vyčerpány. *Hofmann* a *Strauss*⁷¹⁾ shledali, že preparáty *olovnaté* vyloučené z rud uranových i po opětovném čištění chemickém jeví zřetelnou aktivnost. Poněvadž *olovnaté soli* ty neobsahovaly žádnou z látek, jež se za zdroj radioaktivity považují, dali aktivní látce té jméno *radioolovo*. Krystalisací lze pak účinnost preparátů *olovnatých* zesílit. V preparátech zesílené aktivity dokázány mimo obyčejné olovo též jiné neznámé příměseniny, z nichž jedna má jistou podobnost s *rutheniem*, ačkoliv identičnost obou nebylo možno dokázati. Analytické reakce jak aktivního tak i neaktivního obyčejného olova jsou sice stejné, ale v chování se sírníku, chromanu a síranu jsou některé rozdíly. K nahromadění aktivní látky při současném odstranění neaktivního olova hodí se dobře dobrovolný rozklad dvojných solí natriumthiosulfátu ve vodním roztoku.⁷²⁾ Sírník nejdříve sražený jest nejúčinnější. Tak lze obdržeti preparáty, které na elektroskopu a na desce fotografické jeví tak silný účinek jako neaktivnější části, které obdržíme jedinou frakcionovanou krystalisací z bromidu radium-barnatého (radioaktivní látka de Haënova). Ze sírníku odpařením kyselinou sírovou a dusičnou a slabým žháním získaný síran září ve tmě viditelným světlem a působí i skrze tlusté sklo velmi silně na desku fotografickou, kdežto paprsky černého sírníku pronikají pouze tenkým sklem, ale tlustou deskou aluminiovou, kaučukem, ebonitem, neprůhledným papírem. Giesel uvádí, že síran vysílá paprsky fosforescenční *viditelné*, jež se zářením Becquerelovým stále vzbuzují. Tyto preparáty *radioolovnaté* obsahují primárně aktivní součástku; neboť aktivita jejich se po zeslabení opět obnoví, uschováme-li je delší dobu v uzavřených nádobách. A jako preparáty radiové — jak uvádí

⁷¹⁾ *K. Hofmann* a *E. Strauss*. Ber. deutsch. chem. Ges. 33. str. 3126. 1900.

⁷²⁾ *K. Hofmann*. Ber. deutsch. chem. Ges. 35. str. 1453. 1902.

*Skl. Curieová*⁷³⁾ — tak i aktivní preparáty olovnaté jsou po vyloučení z vodního roztoku mnohem méně aktivní než když delší dobu v suchém pevném stavu se nacházely.

Účinek preparátů olovnatých lze — dokud nedosáhla jejich aktivita svého maxima — paprsky katodovými jistého původu značně zvýšiti.⁷⁴⁾

Není vyloučena možnost, že z pokusů Hofmann-Strausových bude možno zjistiti nějakou souvislost mezi záhadnou příčinou radioaktivity a známými pochody fyzikálními.

Nejnověji dokázali Hofmann a Wölfl⁷⁵⁾, že preparáty radioaktivního olova mají aktivitu *primární*, nikoliv indukovanou. To stvrzuje v první řadě úkaz, že stran, siriak a chlorid radioolova po několikaletém uschování v suchém stavu nejevil aktivitu zmenšenou, jako látky indukci aktivní, nýbrž naopak mnohdy zvýšenou jak na elektroskopu tak i na desce fotografické. Sloučeniny radioolova podržují (oproti preparátům poloniovým) jak α - tak β -paprsky. Paprsky katodovými bylo lze β -záření siranu zvýšiti na obnos trojnásobný, avšak účinek α -záření, byl-li dříve chemickými změnami zmenšen, jen málo. Též sama od sebe dosáhla uměle zmenšená aktivita α -paprsků po delším uschování své původní hodnoty, kdežto působení β -paprsků zůstává při takových změnách nezměněno. Z těchto a jiných výsledků usuzují oba badatelé, že *solí olovnaté obsahují princip aktivitu vzbuzující*. Pozoruhodný jest úkaz, že preparáty olovnaté, jimiž jiné látky byly indukovány, seslabily se dočasně, a to velmi nápadně přimísením mnoho obyčejného vismutu. Vyloučený chlorid olovnatý, který z počátku byl téměř neaktivní, dosáhl již v šesti dnech dvou třetin β -záření a jedné třetiny α -záření znova.

Aktivující účinek paprsků katodových, jako při preparátech olovnatých, shledal též *Mc. Lennan*⁷⁶⁾ u některých solí

⁷³⁾ *Skl. Curie. Compt. rend. 129. str. 760. 1899.*

⁷⁴⁾ *K. Hofmann, A. Korn a E. Strauss. Ber. deutsch. chem. Ges. 34. str. 407 a 3970. 1901 a K. Hofmann a V. Wölfl. Ber. deutsch. chem. Ges. 35. str. 1456. 1902.*

⁷⁵⁾ *K. Hofmann a V. Wölfl. Ber. deutsch. chem. Ges. 36. str. 1040. 1903.*

⁷⁶⁾ *Mc. Lennan. Phil. Mag. 3. str. 195. 1902.*

jiných látek. Soli dány byly na dno nádoby a ponechány půl hodiny účinku paprsků katodových nebo silného výboje jiskrového. Po zahřátí Bunsenovým plamenem způsobily soli ty výboje elektroskopu, byl-li tento nabit kladně; při náboji záporném se účinek podobný nedostavil. K solím těmto náleží hlavně sírany vápnicku, strontia, barya a draslíku; sirníky jevily pouze asi jednu pětinu účinku síranů. Po zahřátí aktivity rychle ubývalo. Při teplotě místnosti byly veškeré soli vyjma síran vápenatý neaktivní.

Zmínky zasluhují zde též některé dřívější objevy. Tak shledal *Arnold*⁷⁷⁾ již r. 1897, že některé sloučeniny kovů (sírnik zinečnatý mokrou cestou získaný, sirník vápenatý se sirníkem mědnatým, sirník barnatý a j.) nabývají po ozáření paprsky katodovými (a Röntgenovými) vlastnosti, působiti skrze papír, sklo a želatinu na desku fotografickou. Dokud však nebyl účinek látek těch stvrzen též na elektroskopu, nelze je srovnávati s látkami radioaktivními.

Dle svého chování oproti sírovodíku a kyselině sírové jest radioolovu blízka silně aktivní látka nalezená *Gieselem*⁷⁸⁾ v matečném louhu radia; dle spektrálního zkoumání Demarçayova objevila se však radia prostou.

Vzhledem k výsledkům s radioaktivním olovem docíleným — třeba že dosud neukončeným — možno míti za jisto, že existuje radioaktivní látka analyticky blízka olovu.

Radioaktivní thorium.

Poslední v řadě látek radioaktivních jest *thorium*. První pozoroval radioaktivitu preparátů thoriových *Schmidt*⁷⁹⁾ a zjistil jak účinek fotografický tak i rozptyl elektrických nábojů látkami těmi způsobený. O něco později našel *Debierne*⁸⁰⁾ ve smolci látku silně aktivní, jež zdála se v podstatě složenou z titanu, avšak objevila se jako kysličník thoria. Poněvadž aktivita byla asi 5000krát větší než u uranu — a aktivní preparáty thoria

⁷⁷⁾ *W. Arnold*. Wiedem. Ann. 61. str. 324. 1897.

⁷⁸⁾ *F. Giesel*. Ber. deutsch. chem. Ges. 34. str. 3775. 1901.

⁷⁹⁾ *C. G. Schmidt*. Wiedem. Ann. 65. str. 141. 1898.

⁸⁰⁾ *A. Debierne*. Compt. rend. 129. str. 593. 1899 a 130. str. 906. 1900.

odjinud známé byly co do účinku blízky uranu, — předpokládal Debierno nový prvek, jež nazval *aktinium*. (Jménem tím byla již dříve nazvána domnělá přímísenina sirníku zinečnatého pro světlo citlivého). Pro vyloučení hypotetického aktinia udal též Debierno čtyři různé metody, jichž zde pomůjme.

Paprsky aktinia vzbuzují fluorescenci na př. na stínítku s kyanidem platičito-barnatým, rozptylují náboje elektrické, jeví účinek na desku fotografickou a jsou částečně magneticky odklonitelné. Že by se však skutečně jednalo o nový prvek, nezdá se býti pravděpodobno; neboť dosud nepodařilo se domněnku tu dokázati ani spektrálním rozborem ani zvláštními chemickými charakteristickými známkami.

Existenci velmi silně aktivní látky ve smolci thoriumu podobně stvrdili též Hofmann a Zerban. Získali malá množství bílého kysličníku, jehož účinek na elektroskop i na desku fotografickou byl velmi značný i tehdy, nacházela-li se v cestě půl *mm* silná deska aluminiová. Ačkoliv po čtyřměsíčním uschování v trubicih uzavřených neshledáno na těchto preparátech aktinia patrné zmenšení aktivity, nelze přece — neboť doba ta jest ještě poměrně krátká — považovati aktinium za látku primárně radioaktivní; naopak možno míti za to, že ono nepatrné množství thoria ve smolci má svou aktivitu následkem indukce látkami radioaktivními v rudě té obsaženými.

Větší množství aktinia získali Hofmann a Zerban⁸¹⁾ z nerostů smolci blízkých, totiž z kleveitu a j., jež obsahují mnohem více thoria než smolec. Suché preparáty jejich však byvše uzavřeny na mohutnosti své značně pozbývaly, takže po uplynutí jednoho roku jevíly přibližně konstantní mohutnost rovnou asi mohutnosti kysličníku uranato-uranitého. Výsledek ten zdá se nasvědčovati, že čisté sloučeniny thoria jsou neaktivní a že příčinou záření jejich jest indukce vzniklá působením látek radioaktivních je provázejících, hlavně arciř uranu, jenž v nerostech aktivní thorium poskytujících se vždy nachází.

Z různých nerostů uran obsahujících vyloučené kysličnky thoria jeví aktivitu přibližně úměrnou obsahu uranu; některé nerosty, na př. brasilský monazitový písek, norvěžský gadolinit,

⁸¹⁾ K. Hofmann a F. Zerban. Ber. deutsch. chem. Ges. 35. str. 531. 1902.

orthit a j., které shledány uranu prostými, jak uvádějí *Hofmann* a *Wölfl*,⁸²⁾ dávaly kysličník thoria neaktivní. Smísí-li se však tento jakožto rozpustná sůl s nadbytkem dusičnanu uranu, přijme kysličník dříve neaktivní něco aktivity uranu a podrží ji dosti dlouho. Jest to opět důkazem, že aktivita thoria je především indukovaná.

Jiného náhledu jsou *Rutherford* a *Soddy*,⁸³⁾ kteří hlavně radioaktivitou sloučenin thoriových se zabývají. Dle jich názoru pochází radioaktivita preparátů thoriových od přítomnosti malého množství látky Th-X značné mohutnosti, ačkoliv některé jejich výsledky se s touto supposicí neshodují. *Rutherford* a *Soddy* shledali totiž, že roztoky, z nichž veškeré thorium bylo amoniakem sraženo, jeví ještě značnou aktivitu. Důsledkem toho bylo, že získány látky thoria prosté, avšak radioaktivní, jichž mohutnost (u mnohých) byla až tisíckrát větší než mohutnost thoria. Avšak i tento úkaz lze dle *Hofmanna* vysvětliti bez supposice primárně aktivní látky thoriumu podobné.

Konečně vyloučil *Baskerville*⁸⁴⁾ z thoria zdánlivě nový prvek radioaktivní, který nazval *karolinium*; avšak i zde nutno vyčkati bližších výzkumů a vysvětlení, nejedná-li se opět o radioaktivitu indukovanou.

Pozoruhodné jsou výsledky, k nimž dospěl u aktivních sloučenin thoria *Rutherford*⁸⁵⁾. Dle jeho pokusů ubývá vlivu na vodivost vzduchu volněji, pokryje-li se silná vrstva kysličníku thoria několika vrstvami papíru než je-li vrstva ta tenká. Z úkazu toho soudí, že kysličník ten vedle paprsků zvyšujících vodivost vzduchu vysílá též látku, *emanaci*, která sama o sobě jest radioaktivní a snadno papírem proniká, kdežto paprsky se papírem silně absorbují. Tato emanace není elektricky nabita, proto pole elektrické nejeví na ni patrného vlivu; proudem vzduchu se odvádí, proniká chumáči bavlny a lepenkou, tenkými lístky kovovými (*Al*, *Ag*, *Au*), avšak sídlová deska tloušťky 0·006 cm emanaci tu zadržuje. Vzduch, v němž emanace se nachází, se ionisuje a podržuje vodivost svou po krátkou dobu.

⁸²⁾ *K. Hofmann* a *V. Wölfl*. Ber. deutsch. chem. Ges. 35. str. 1457. 1902.

⁸³⁾ *E. Rutherford* a *F. Soddy*. Proc. chem. soc. 18. str. 2. 1902.

⁸⁴⁾ *Ch. Baskerville*. Journ. amer. chem. soc. 23. str. 761. 1902.

⁸⁵⁾ *E. Rutherford*. Phil. Mag. 49. str. 1. 1900.

Veškeré látky, na které emanace dopadá, pokryjí se touto jako vrstvou radioaktivní, obzvláště tenkrát, usnadní-li silné náboje záporné usazování se emanujících částíček radioaktivních. Částičky ty nabývají pravděpodobně teprve po výstupu z pevné látky do vzduchu náboje kladného. Nachází-li se na př. záporně nabitý drát platinový na blízku emanace, hromadí se tato na jeho povrchu, odkud ji nelze odstraniti ani žháním drátu, ani ponořením do studené nebo horké vody nebo do kyseliny dusičné; avšak kyselina sírová, solná a fluorovodíková zbaví drát emanace, a z roztoků zbude po odpaření látka aktivní. *Rutherford*⁸⁶⁾ zkoušel v příčině té různé látky, avšak pouze tři uvedené vzbuzenou radioaktivitu velice živě a rychle odstraňují. Tak na př. $\frac{1}{10}$ normální čistá kyselina sírová odstranila radioaktivitu vzbuzenou na drátě platinovém až na 8% v několika málo minutách, rozředěná kyselina solná, jak se v obchodě vyskytuje, dokonce v několika vteřinách na 10%. A zajímavo jest, že obyčejná v prodeji se vyskytující kyselina sírová a solná odstraňuje radioaktivitu mnohem účinněji než kyselina úplně čistá.

Intensita účinnosti látek emanací nabitých klesá dle *Rutherforda* v geometrické řadě s časem a nabývá asi po 11 hodinách poloviční hodnoty původní, kdežto radioaktivita vzbuzená radiem ubývá mnohem rychleji, avšak nikoliv dle jednoduchého zákona, z počátku rychleji, později mnohem volněji.

Intensitu emanace (jakož i radioaktivitu touto vzbuzené) lze dle *Curiea*⁸⁷⁾ vyjádřiti exponenciální funkcí času. *Curie* dával různá tělesa současně se solí radia do uzavřené nádoby; tělesa stala se aktivními, avšak ve volném vzduchu svou aktivitu ztrácela velmi rychle, za půl hodiny klesla tato na polovici. Spojí-li se nádoba skleněná s jinou radium obsahující, stane se vnitřní strana aktivní; oddělíme-li obě nádoby zatavením spojovací trubice, nastane též klesání aktivity, avšak mnohem volnější než ve vzduchu volném; neboť klesne aktivita teprve ve čtyřech dnech na polovici. V tomto případě vedla přesná měření (provedená methodou elektrickou) k zákonu:

⁸⁶⁾ *E. Rutherford*. Physik. Zeitschr. 3. str. 254. 1902.

⁸⁷⁾ *P. Curie*. Compt. rend. 135. str. 857. 1902 a 136. str. 223. 1903.

$$J = J_0 \cdot e^{-\frac{t}{\Theta}},$$

kdež mimo jiné znamená J_0 intenzitu původního záření, Θ časovou konstantu z velké řady pokusů stanovenou na 4.97×10^5 vteřin ($= 5.752$ dní). Tato konstanta časová zůstala stejnou pro různé preparáty radia, pro nádoby různých rozměrů a různého materiálu (sklo, měď, hliník), pro krátkou i dlouhou dobu aktivování, pro vysoké i nízké tlaky uzavřeného vzduchu, jakož i při nahrazení vzduchu vodíkem nebo kyselinou uhličitou. Zákon o ubývání záření se nezmění, mění-li se teplota okolí ze 450° až na -180° .

Ačkoliv nebylo lze konstatovati zvětšení váhy na látkách emanací radioaktivních, přece nelze úkaz ten považovati za důvod, že emanace není původu hmotného, a to vzhledem k známé nepatrné hodnotě poměru $\frac{\epsilon}{\mu}$ jakož i váze částecek.

Množství emanace není závislé na povaze okolního plynu, avšak značnou měrou stoupá při vlhkosti neb silném zahřátí. Prudkým déle trvajícím žářem zanikne emanace, ale jen dočasně; neboť po rozpuštění a opětném sražení nebyl mezi intenzitou emisní obyčejného kysličníku thoria a toho, jenž prudkým žářem co možná úplně emanační schopnosti byl zbaven, nalezen žádný rozdíl.

Pokud se týče *hmotné povahy emanace*, dospěli Rutherford a Soddy⁸⁸⁾ k náhledu, že ona tajemná hmota jest látka (plyn) blíže *příbuzná členům řady argonu*; soudí tak z úkazu, že emanace se nepohlcuje ani magnesiem, ani prachem zinkovým nebo černí palladia při žáru červeném, ani černí platinovou při bílém žáru; rovněž nemají tyto látky vlivu na radioaktivitu emanace. Zkrátka možno říci, že emanace thoria a radia chová se v každém ohledu jako radioaktivní plyn nebo pára. Diffunduje velmi rychle různými plyny, látkami porovitými, proniká zátkami vaty a prochází roztoky bez absorpce. Avšak Curieová⁸⁹⁾ nesdílí náhled Rutherfordův o hmotné podstatě emanace; pro ni jest emanace *radioaktivní energií v té zvláštní formě, ve které je v plynech*

⁸⁸⁾ E. Rutherford a F. Soddy. Proc. chem. soc. 18. str. 2. 1902.

⁸⁹⁾ Skl. Curie. Physik. Zeitschr. 4. str. 314. 1903.

a ve vakuu nahromaděna, a jejíž zdroj je v látkách radioaktivních.

*Crookes*⁹⁰⁾ ukázal, že radiace vycházející z aktivního thoria (on ji nazývá elektrony) zcela podobně jako tělesa hmotná jest na svých drahách molekulami prostředí zdržována, čímž se její pohyby podstatně liší od paprsků světelných. *Crookes* za tím účelem upevnil dvě misky se stejným množstvím *thoriového* preparátu na desce skleněné. Jedna miska obklopena byla trubicí olověnou nahoře i dole otevřenou, druhá byla volná. Nad oběma nacházel se film. Po 48hodinné expozici ve tmě byl film nad první miskou silně černý, nad druhou téměř nic. Užil-li preparátů *radiových*, bylo začernění nad miskou druhou polovicí onoho, jež vzniklo nad prvou. U preparátů *poloniových* nepozorován podobný účinek, z čehož plyne, že polonium nevysílá částice podobné jako thorium a radium. Dle pokusů těch zdá se býti pravděpodobno, že částičky vysílané se ve vzduchu šíří jako částičky látky vůni vydávající, nejsou-li trubicí ve svém postupu omezovány.

Dle *Dorna*⁹¹⁾, jenž rovněž emanaci preparátů *radiových* a *thoriových* konstatoval, stoupá emanace s vlhkostí, vzduch obyčejného tlaku klade jejímu šíření se patrný odpor. Umístí-li se nad látkou radioaktivní v různých výškách dvě desky olověné s rovnoběžnými štěrbinami a nad nimi deska fotografická, vznikne ve vakuu obraz štěrbin, ve vzduchu atmosférického tlaku pouze stejnoměrné začernění.

Z pokusů o šíření se emanace vysvítá, že se tato nešíří jako záření, nýbrž vniká *diffusí* jako materiální částičky do okolního prostoru, v němž vzbudí na všech látkách, na něž dopadne, dočasně radioaktivitu.

Nadmíru důležitými a pro hmotnou podstatu emanace rozhodujícími jsou novější práce *Rutherforda* a *Soddyho*⁹²⁾. Tito pozorovali, že emanace thoria procházejí trubicí na — 78° ochlazenou nezměněně; konali tudíž pokusy při teplotách ještě nižších. Proud vodíku nebo vzduchu procházel sloučeninou *thoriovou* neb

⁹⁰⁾ *W. Crookes*. Chem. News. 85. str. 109. 1902.

⁹¹⁾ *E. Dorn*. Abh. naturwiss. Ges. Halle. 1900.

⁹²⁾ *E. Rutherford* a *P. Soddy*. Proc. chem. soc. 18. str. 219. 1902.

radiovou, načež veden byl měděnou spirálovitou trubicí v tekutém vzduchu ochlazenou. V plynu odtud vycházejícím neshledána ani stopa po radioaktivitě; důsledkem toho jest, že buď emanace svého účinku pozbyla anebo že se *zhustila*. Po odstranění sloučeniny radioaktivní veden pak proud plynu přímo trubicí spirálovitou, jež byla z tekutého vzduchu rychle vyňata a dána do studené bavlny. Asi po třech minutách, během nichž teplota stoupala, shledáno náhle v unikajícím plynu velké množství emanace. Z toho vyplývá, že emanace byla při oné nízké teplotě zhuštěna, při teplotě vyšší že pak opět se vypařila. V pokuse tom vidí Rutherford a Soddy jasný důkaz svého náhledu, že jest radioaktivita provázena trvalým vznikáním zvláštního druhu aktivní látky mající určité přesně vyznačené vlastnosti fysikální i chemické.

V dalších pracech svých stanovili⁹³⁾ pokusy kvantitativními též onu teplotu, při níž kondensace a naopak vypařování emanace nastává; teploty ty shledány při thoriu a radiu různými. *Emanace thoria* počíná se zhustovati při asi -120° C. Ve volném proudě plynu pozoruje se nejprve přítomnost emanace při asi -155° C. Jest pravděpodobno, že -120° C jest pravá teplota kondensace a vypařování, a že vypařování emanace při teplotách nižších pochází od velmi nepatrného množství přítomných se kondensujících částíček. Naproti tomu jest teplota kondensace a vypařování u *radia* při -150° C. Při radiu není patrného rozdílu mezi teplotou vypařování a kondensace, a veškerá emanace kondensuje se při teplotách, jež jsou jen málo pod bodem vypařování *požátečního*. Tento rozdíl v chování emanací *radia* a *thoria* lze vysvětliti předpokladem, že počet přítomných částíček emanačních jest při stejných účincích mnohokrát (až mnoho tisíckrát) větší při emanaci *radia* než při emanaci *thoria*. Celková emanace radiová vypaří se v intervalu několika málo stupňů od počátku vypařování, a rychlost vypařování závisí na rychlosti, s jakou se teplota zvyšuje. Při velmi pomalém zvyšování teploty vypaří se veškerá emanace skoro náhle při teplotě, jež jest asi 1° nad onou, při níž pouze 2% se vypařila.

⁹³⁾ E. Rutherford a F. Soddy. Phil. Mag. 5. str. 561. 1903.

Z pokusů pak plyne dále, že kondensovaná emance má skutečný tlak páry, a že se počíná zvolna vypařovati 2—3° pod teplotou, při níž nastává vypařování rychlé, i tehdy, děje-li se to v klidné atmosféře. Emance mají tudíž — pokud se týče kondensace a vypařování — vlastnosti úplně shodné s vlastnostmi vzdušin.

Mimo to ukázali *Rutherford* a *Soddy*⁹⁴⁾, že se emance za určitých podmínek *okludují* pevnými tělesy právě tak jako vzdušiny. I možno s bezpečností mluvit o hmotné a to plynové povaze emancí.

Radioaktivita indukovaná.

Pozoruhodný a neméně důležitý jest zjev — o němž již na různých místech učiněna zmínka —, ten totiž, že mnohé látky samy o sobě neaktivní stávají se při doteku nebo ozáření radioaktivními látkami též aktivními. Radioaktivita tímto způsobem získaná sluje *indukovanou*. *Curieovi*⁹⁵⁾ dali na vodorovnou desku preparát radiový a nad ni ve vzdálenosti několika *mm* desky z různých látek. Po krátké době staly se tyto aktivními a to o mohutnosti asi 50kráté větší než uran. Indukovaná aktivita trvala několik dní a byla celkem stejně velkou u různých látek zkoušených (zinek, hliník, mosaz, olovo, platina, vismut, nikl, papír, uhličitán barnatý a j.). Látky ty lze pouhým omytím aktivity zbavit.

Ještě instruktivnější jest pokus provedený *Curie* a *Debierne*⁹⁶⁾. Ve větší nádobě se všech stran uzavřené umístěna skleněná nádobka s úzkým otvorem obsahující radium. V blízkosti nádoby nacházely se desky z různých látek (měď, olovo, hliník, sklo, ebonit, paraffin a j.) Veškeré látky nabývají v několika dnech aktivity i v tom případě, jsou-li před přímým zářením chráněny olověnými stínítky. Během jednoho dne však aktivita takto indukovaná na volném vzduchu zanikne. Je-li však nádobka radium obsahující pevně uzavřena, nestanou se okolní látky aktivními. Z pokusu toho vysvítá, že se aktivita šíří pro-

⁹⁴⁾ *E. Rutherford* a *F. Soddy*. *Phil. Mag.* 5. str. 445. 1903.

⁹⁵⁾ *P. a Skl. Curie*. *Compt. rend.* 129. str. 714. 1899.

⁹⁶⁾ *P. Curie* a *A. Debierne*. *Compt. rend.* 132. str. 548 a 768. 1901 a *Physik. Zeitschr.* 2. str. 500 a 513. 1901.

střednictvím vzduchu podobně jako voňavá látka. Paprsky magneticky neodklonitelnými (na př. z polonia vycházejícími) indukce nenastává.

*Rutherford*⁹⁷⁾ dokázal, že radioaktivita vzbuzená sloučeninami thoria a radia pochází *přímo* od radioaktivní emanace, jež z látek těch vychází; dále pak že vzbuzená radioaktivita pochází od látky usazené na záporné elektrodě, prostřednictvím pozitivních „nosičů“, které v elektrickém poli se pohybují rychlostmi, jež se od rychlosti pozitivního iontu vzniklého ve vzduchu paprsky Röntgenovými neb jinými velmi málo liší. Za nepřítomnosti elektrického pole rozptýlí se tyto radioaktivní nosiče diffusí na všechna okolní tělesa. V silném poli elektrickém jsou všechny hnány ke katodě, na níž se vzbuzená radioaktivita koncentruje.

Z těchto jakož i ještě mnohých jiných výsledků plyne téměř nutnost, akceptovati náhled, že látky indukující vysílají jemnou tékavou látku radioaktivní, jež usazujíc se na tělesech činí je aktivními; ovšem může opět látka ta uniknouti do okolního vzduchu, čímž vysvětluje se zánik radioaktivity indukované. Emanace nejprve *Rutherfordem* na kysličníku thoria dokázaná vychází též z preparátů radiových i všech látek *primárně* aktivních.

Že se emanace hromadí v kovech, dokázal *Becquerel*⁹⁸⁾ tímto pokusem. Rovnoběžnostěn olověný tloušťky 7·5 mm má na jedné dlouhé ploše rýhu obsahující velmi aktivní sůl radiovou tloušťky vrstvy 1 mm. Postaví-li se rovnoběžnostěn, v němž se preparát po 11 měsících nacházel, na desku fotografickou (asi po 2 dny), jeví tato po vyvinutí intenzivní začernění. Nelze ovšem mysliti, že by záření pronikalo vrstvami olověnými téměř 1 cm tlustými, poněvadž paprsky pronikají pouze tenkými vrstvami těžkých kovů jako jest olovo, naopak nutno předpokládati, že dlouho trvajícím dotekem s preparátem radiovým stalo se olovo sekundárně aktivním.

Větší mohutnosti záření některých látek indukci aktivních docílí se, ponecháme-li je po delší dobu v roztoku s látkou

⁹⁷⁾ *E. Rutherford*. Physik. Zeitschr. 3. str. 210. 1902.

⁹⁸⁾ *H. Becquerel*. Compt. rend. 132. str. 371. 1901.

primárně aktivní a potom je opět oddělíme. Tak na př. lze získati radioaktivní vodu z roztoku bromidu radia destilací.

*Becquerel*⁹⁹⁾ — jak již dříve uvedeno — zjednal si neaktivní uran, který asi [po dvou letech své dřívější mohutnosti záření dosáhl. I lze předpokládati, že prvky primárně aktivní, jako zde uran, aktivitu vyvinují a ji jako hmotnou emanaci jiným atomům svého okolí odevzdávají.

Účinky záření látek indukci aktivních jsou obecně shodné s účinky látek primárně aktivních. Rozdíl jest ten, že aktivita indukovaná klesá s časem a to různě rychle dle zdroje, jehož působením vznikla. *Rutherford*¹⁰⁰⁾ na př. stanovil, jak klesá radioaktivita roztoku kyseliny sírové, — (která, jak dříve uvedeno, odstraňuje aktivitu drátu platinového) — a shledal, že jí ubývá přibližně stejně rychle jako jí ubývá, je-li drát platinový umístěn ve vzduchu. I zdá se, že rychlost ubývání indukované radioaktivity nutno připisovati pochodu odehrávajícímu se v látce radioaktivní samé, na kterýžto pochod nemá vlivu látka, na níž byla radioaktivita indukována.

V dalších svých pokusech, při nichž jednalo se o to, stanoviti obnos radioaktivity na tělese krátkou jen dobu thorium exponovaném, ukázal, že radioaktivita indukovaná ještě *po odstranění thoria několik hodin roste až k jistému maximu*. Tak na př. lístek alumina exponovaný jako kathoda účinku thoria po 41 minutu dosáhl maximální radioaktivity dvě hodiny po odstranění thoria; na to zůstala radioaktivita po několik hodin konstantní, načež opět klesala. Exponuje-li se však deska nebo drát po několik hodin účinku thoria, jest dodatečné vzrůstání velmi nepatrné, je-li konečně expozice ještě delší, klesá aktivita ihned po odstranění indukujícího thoria.

Veškeré látky nemají však stejnou schopnost, byvše srazeny z roztoku, v němž se nacházely současně s látkou radioaktivní, státi se aktivními, kdežto dle výsledků Curieových a Debiernea nejružnější látky v blízkosti radiových praeparátů se stávají aktivními. Tak na př. chlorid stříbrnatý ze směsi 1 g dusičnanu stříbrnatého se 30 g dusičnanu uranu ve vodním roz-

⁹⁹⁾ *H. Becquerel*. Comp. rend. 133, str. 977. 1901.

¹⁰⁰⁾ *E. Rutherford*. Physik. Zeitschr. 3. str. 254. 1902.

toku sražený jest úplně neaktivní, kdežto baryum, olovo nebo kysličník thoria za analogických poměrů kyselinou sírovou nebo štavelovou sražené jsou aktivní. Srážíme-li však z čistého chloridu radia dusičnanem stříbrnatým chlorid stříbrnatý, svítí tento — jak uvádí *Curieová*¹⁰¹⁾ — po delší dobu.

Tento zdánlivý rozpor lze vyložití, uvážíme-li, že v prvném případě chemickou reakcí vedoucí k vyloučení látky nastává hluboko sahající změna ve stavu látky, jež má býti sražena, při kteréžto změně může radioaktivita býti odstraněna, i když dočasně na látce té byla. A právě v tom, že některé látky i přes tyto chemické pochody stávají se aktivními, jiné nikoliv, možno spatřovati zvláštní charakteristickou vlastnost radioaktivity podobnou affinitě chemické.

Radioaktivita vzduchu.

Již roku 1887 pozoroval *Linss*¹⁰²⁾, že izolovaný elektricky nabitý vodič pozbývá ve vzduchu znenáhla svého náboje. Totéž dokazují hlavně četné pokusy, které provedli a provádějí *Elster* a *Geitel*¹⁰³⁾. Podotýkají mimo jiné toto: Při jisté opatrnosti možno se bezpečně přesvědčiti o tom, že rozptylování elektřiny nelze jedině vysvětliti zbytkem vodivosti podpor, jimiž těleso opatřeno, nýbrž tím, že nastává ztráta elektřiny do vzduchu. Ztráta ta jest jak pro pozitivní tak negativní náboje na místech málo zvýšených skoro stejná, avšak závisí na povaze atmosféry. Nejvyšší hodnoty pozorovány při velké čistotě vzduchu, naopak zase je rozptylování průměrně tím slabší, čím více prachu, kouře neb mlhy vzduch obsahuje. A právě tato zkušenost, že rozptylování elektřiny ve vzduchu přítomností částecek v něm se vznášejících značně se zmenšuje, nám praví, že má prach při vybíjení úlohu podřízenou, hlavní příčinou že jest odvádění elektřiny vzduchem. Že tato vodivost nepozůstává v přechodu nábojů na molekuly plynové, vysvítá jak z elektrického chování se plynů, tak i z té zkušenosti, že rozptylování v uzavřených prostorech jest značně menší než v prostorech volných. I musí

¹⁰¹⁾ *Skł. Curie. Compt. rend. 135. str. 161. 1902.*

¹⁰²⁾ *Linss. Meteorolog. Zeitschr. 22. str. 345. 1887.*

¹⁰³⁾ *J. Elster a H. Geitel. Drude, Ann. der Phys. 2. str. 425. 1900.*

býti ve vzduchu nutně nějaké „nosiče“ elektřiny. To pak vede k předpokladu, že vzduch atmosférický obsahuje a priori kladně a záporně nabitě částičky, čili že jest ionisován.

Elster a Geitel četnými a velice zajímavými pokusy dokázali oprávněnost hypotézy té a stanovili závislost ionisace na časových a místních poměrech. Vodivosti vzduchu s výškou ve volné atmosféře přibývá. *Ebert*¹⁰⁴) vysvětluje úkaz ten v tom smyslu, že paprsky ultrafialové ve světle slunečním obsažené ionisaci vzduchu způsobují. Jiné pokusy však, konané s uzavřeným množstvím vzduchu, ukázaly, že příčinou pochodu toho není žádný vnější znatelný zdroj; shledáno, že vodivost velkých množství uzavřeného vzduchu sama od sebe stoupá. Takovýto účinek však způsobují právě látky radioaktivní, které tedy by bylo možno považovati za příčinu ionisace. Nelze ovšem hned mysliti na přítomnost pevných látek radioaktivních ve vzduchu, jako jsou uran, radium atd., nýbrž neznámá dosud látka radioaktivní musela by ve stavu plynném všude v atmosféře býti obsažena, aby bylo lze zjevy Elsterem a Geitelem pozorované vysvětliti.

Přístroj, kterým lze ze vzduchu získati dočasně radioaktivitu, popisují *Elster* a *Geitel*¹⁰⁵). Skládá se v podstatě z tělesa, jemuž má býti indukovaná radioaktivita sdělena, a které musí býti velmi dobře izolováno, dále pak ze zdroje elektřiny, který těleso trvale udržuje na záporném potenciálu několika tisíc voltů (— dobře lze užiti vodní influenční elektřiky nebo malého induktoria o dálce doskoku 2—3 *cm* s přerušovačem spolehlivě účinkujícím —), konečně třeba přístroje ke zjištění aktivního stavu. V příčině bližšího popisu nutno poukázati k práci samé.

Dle Rutherforda, jak již dříve uvedeno, usazuje se emanace látek radioaktivních nejspíše na negativně nabitých tělesech; snad lze také záhadnou aktivní součást vzduchu týmž způsobem bromaditi? Za tím účelem byl drát 30 *m* dlouhý (nebo válec z měděné drátěné sítě) nabit induktoriem s leydenskou lahví záporně na 5—10.000 voltů a ponechán po 3 hodiny ve volném

¹⁰⁴) *H. Ebert*. *Drude*, *Ann. der Phys.* 5. str. 718. 1901.

¹⁰⁵) *J. Elster* a *H. Geitel*. *Physik. Zeitschr.* 3. str. 305. 1902.

vzduchu. Jak drát tak i drátěná síť jevíly účinek rozptylovací odpovídající účinku smolce několika cm^2 povrchu. Též papír nebo rostlinné listy bylo možno uvedeným způsobem učiniti aktivními. Aktivita takto nahromaděná trvala několik hodin, aniž by byla zahřátím zanikla; třením však koží nebo vatou navlhčenou kyselinou solnou nebo čpavkem dala se odstraniti, čímž se kůže i její popel staly aktivní. Tuto účinnou látku vzduchu — a možno zajisté mysliti na látku hmotnou — přijímají tělesa ze vzduchu tím snáze, čím jest vzduch vodivější, tedy stejně snadno ze vzduchu na kopcích jako ze vzduchu v prostorech dobře uzavřených. V těchto dosáhla aktivita drátu takové mohutnosti, že po odrhnutí koží ammoniakem navlhčenou tato skrze lístek aluminiový působila na desku fotografickou a způsobila fosforescenci stínítka s kyanidem platičito-barnatým.

Poněvadž země — nehledě k malým intervallům — při srážkách atmosférických jest většinou záporně nabitá, a tato elektřina země se ve značné hustotě hromadí na všech vodivých vyčnívajících místech, stávají se tato jedině dotekem se vzduchem aktivními. To dokázali *Elster* a *Geitel*¹⁰⁶⁾ skutečně pomocí draku.

*Loewy*¹⁰⁷⁾ zkoumal vliv meteorologických poměrů a elektrického náboje těles na rozptylování elektřiny. Koefficient rozptylování roste s větrem; mimo to působí též změna teploty, koefficient roste s rostoucí teplotou. Rozptylu ubývá s rostoucí absolutní a relativní vlhkostí, avšak přibývá s ubýváním tlaku vzduchu. Dále klesá koefficient, je-li náboj tělesa značnější. Rychlost rozptylování jest vždy k 8. hodině ranní a večerní relativně velká, což jest asi v souvislosti s analogickou denní periodou elektřiny v ovzduší. Účinek paprsků slunečních jest značný a rozptylování urychluje. Veškeré úkazy ty lze vysvětliti teorií iontů.

Na radioaktivitu vzduchu má vliv teplota vzduchu; aktivita při teplotě pod 0° je větší než nad 0° . Rutherfordovi bylo nápadno, že v mrazivých dnech je aktivita vzduchu obzvláště

¹⁰⁶⁾ *J. Elster* a *H. Geitel*. Physik. Zeitschr. 3. str. 78. 1901.

¹⁰⁷⁾ *W. Loewy*. Physik. Zeitschr. 3. str. 107. 1901.

značnou, jak uvádí *Elster* a *Geitel*¹⁰⁸); též jasnost oblohy, směr a síla větru a jiné poměry nejsou v příčině té beze vlivu.

Dle výsledků ve volném vzduchu získaných možno předpokládati, že ve vzduchu je vždy a všude obsažena jistá látka radioaktivní, anebo že se tvoří na vodičích tím, že se pozitivní ionty vzduchu s negativními elektrony nabitého vodiče spojují v nestálou sloučeninu, jež se vysílajíc paprsky Becquerelovy rozkládá.¹⁰⁹)

Než uvedenými dosud výsledky nejsou nikterak veškeré získané zkušenosti v příčině radioaktivity vzduchu vyčerpány. Pro případy, kdy nelze vůbec anebo jen se značnými obtížemi užití přístrojů elektrostatických, sestrojili a užili *Elster* a *Geitel*¹¹⁰) s prospěchem snadno přenosného přístroje, jenž v podstatě pozůstával ze suchého sloupu o vysokém napjetí (6000 článků z pozlátka zlatého a stříbrného). Sloup ten byl rozložen ve 30 sloupů částečných asi o 75 voltech, jež byly v dobře uzavřené kovové nádobě umístěny. Napětí izolovaného pólu bylo kontrolováno Braunovým elektroskopem na vysoké napětí. Sloup udržuje — proudu však nedává — vodiče po delší dobu na téměř potenciálu (asi 2000 voltů) a lze ho při náležitém ošetřování po mnoho let užívat. Mimo to obsahuje přístroj válec z drátěné sítě s navinutým asi 20 m dlouhým drátem a elektrometr k měření rozptylování. Pomocí přístroje toho zkoumali *Elster* a *Geitel* radioaktivní vlastnosti vzduchu též *kvantitativně*. Drát nabitý na vysoký potenciál stane se působením vzduchu radioaktivním; velikost radioaktivity měří se snížením potenciálu způsobeným drátem. Zmenšení potenciálu způsobené drátem 1 m za 1 hodinu nazvali číslem aktivování a shledali toto velmi různým: tak v jisté studni činilo číslo to 2800, v *Baumannově* jeskyni 1800, v různých sklepech 200—400, ve fyzikální posluchárně 14, ve volném vzduchu průměrem 20 atd.

¹⁰⁸) *J. Elster* a *H. Geitel*. Physik. Zeitschr. 4. str. 522. 1903.

¹⁰⁹) O četných výsledcích týkajících se rozptylování elektřiny ve vzduchu a závislosti rozptylování na různých okolnostech viz též: *F. Exner*. Physik. Zeitschr. 4. str. 90. 1902, *H. Ebert*. Physik. Zeitschr. 4. str. 93. 1902 a m. j.

¹¹⁰) *J. Elster* a *H. Geitel*. Physik. Zeitschr. 4. str. 96 a 138. 1902.

Dle *Rutherforda*¹¹¹⁾ má radioaktivita ze vzduchu nahromaděná drátem záporně nabitým větší prostupnost než radioaktivita vzbuzená zářením preparátů radiových a thoriových, z čehož soudí, že *není identická s emanací radia a thoria*. Rovněž má radioaktivita ze vzduchu získaná kratší trvání než jinými látkami indukovaná, kterýžto výsledek číselně stvrdili *Rutherford a Allen*¹¹²⁾. Tak na př. klesne účinek vzduchu na obnos poloviční za 45 minut, účinek pak thoria teprve za 11 hodin.

V radioaktivitě vzduchu má též svou příčinu radioaktivita deště a čerstvě napadlého sněhu. U sněhu klesne aktivita již ve 30 minutách na poloviční hodnotu, jak pozoroval Allen. Po roztání sněhu a odpaření vody shledán zbytek aktivním. Záření sněhu obsahovalo hlavně paprsky snadno pohlcovatelné. K tomu podotýká Lennan, že dle konaných pozorování jeví drát negativně nabitý po sněžení menší aktivitu než před sněžením, jakoby aktivní součást vzduchu byla sněhem odstraněna.¹¹³⁾

Poněkud překvapující jsou pozorování, která konal *Lennan*¹¹⁴⁾ na patě vodopádu Niagarského, kde panují mimořádné poměry elektrické v atmosféře. Zde totiž dostává se jemnými zpěněnými kapkami při nárazu na vlhká skaliska okolnímu vzduchu elektrického náboje záporného, vodě pak kladného. Celkem shledal Lennan, že množství radioaktivity na místech těch v drátu indukované jest 6—7krát menší nežli ono, které při svých pokusech konaných v *obyčejném* vzduchu v Torontu obdržel; jest tudíž schopnost vzduchu v oněch místech indukovati radioaktivitu menší než na místech od vodopádu vzdálených, tedy ve vzduchu obyčejném.

Naproti tomu vystupuje aktivující vlastnost v míře značně větší u *vzduchu uzavřeného* (jako ve sklepech a jeskyních). Pokusy tohoto druhu zabývali se opět hlavně Elster a Geitel. Z drátů negativně nabitých¹¹⁵⁾, jež ponechány několik hodin ve vzduchu uzavřeném, získali odrhnutím látky, jež jevíly ohromný

¹¹¹⁾ *E. Rutherford*. Phil. Mag. 4. str. 1. 1902.

¹¹²⁾ *E. Rutherford a S. J. Allen*. Phil. Mag. 4. str. 704. 1902.

¹¹³⁾ Refer. v Naturw. Rundsch. 18. str. 207. 1903.

¹¹⁴⁾ *Mc. Lennan*. Physik. Zeitschr. 4. str. 295. 1903.

¹¹⁵⁾ *J. Elster a H. Geitel*. Physik. Zeitschr. 3. str. 574. 1902.

účinek radioaktivní. Vedle vzduchu z uzavřených prostorů obsahuje též hlavně vzduch přímo *ze země* pocházející radioaktivní emanaci v takové intenzitě, že veškerá tělesa pouhým dotekem se stávají aktivními. Dle výsledků svých pokusů považují za pravděpodobné, že vlastnost vzduchu atmosférického budití dočasně aktivitu aspoň z velké části jest podmíněna dotekem téhož se zemí, kterýžto dotek jest právě v kapillárních prostorech země nejúžší. Nositelem radioaktivní emanace jest hlavně vzduch nacházející se *pod* viditelným povrchem zemským. Možná, že dostává radioaktivitu svou od sloučenin uranu a thoria v zemi se nacházejících. Zajisté bude vzduch v blízkosti přirozených nalezišť těchto sloučenin obzvláště aktivní. Tomu zdá se nasvědčovati okolnost, že aktivita vzduchu jest různá dle toho, z jaké půdy vzduch pochází. Tak na př. shledali¹¹⁶⁾ silně aktivním vzduch pocházející z půdy jílovité a vápenité v zahradách (ve Wolfenbüttelu); podstatně menší aktivitu konstatovali u vzduchu z jámy na štěrk v blízkém lese se nacházející.

Aby vyzkoušeli, zdali též na jiných místech dojdou výsledků Elsterem a Geitelem nalezených, konali *Ebert a Evers*¹¹⁷⁾ pokusy se vzduchem uzavřeným v Mnichově za nejrůznějších podmínek pokusných a shledali výsledky Elster-Geitelovy úplně stvrzeny. Konstatovali též, že vzduch obsahuje emanaci, která sama o sobě jsouc neutrální působí zcela obdobně jako Rutherfordem zkoumané emanace preparátů radiových a thoriových.

Srovnáme-li výsledky Elster-Geitelovy s výsledky *Thomsonem*¹¹⁸⁾ získanými, možno vysloviti též domněnku, že radioaktivita vzduchu v zemi způsobena jest obsahem vody půdy. Thomson totiž shledal, že vzduch vedený vodou nestane se jen elektricky vodivým, nýbrž i schopným tělesa negativně nabitá učiniti aktivními.

Význam zvláště vědecký objevu učiněného Elsterem a Geitelem záleží hlavně a především v tom, že poskytuje možnost získati látky radioaktivní ze zdrojů všeobecně přístupných,

¹¹⁶⁾ *J. Elster a H. Geitel*. Physik. Zeitschr. 4. str. 522. 1903.

¹¹⁷⁾ *H. Ebert a P. Ewers*. Physik. Zeitschr. 4. str. 162. 1902.

¹¹⁸⁾ *J. J. Thomson*. Phil. Mag. 4. str. 352. 1902.

kdežto dosud bylo nutno užívat drahých a vzácných nerostů uranových, jež k tomu obsahují aktivní částky pouze v množstvích poměrně velice nepatrných (1 t rudy uranové na př. dává pouze 1 g látky radioaktivní). Na druhé pak straně možno očekávat, že cesty tyto povedou k poznání nového, všude ve vzduchu rozšířeného prvku, anebo že nám zjednájí správný a spolehlivý názor o vzniku a podstatě radioaktivity.

Konečně zmíniti se ještě třeba o pokusech v příčině radioaktivity vzduchu, které konal *Sella*¹¹⁹⁾. Sella užil k získání radioaktivity účinků elektřiny na kovy, která proudí z hrotů. Zhotovil si spirálu z hliníku nebo zinku, uvnitř které se nacházel vodivý válec. Na tomto válci byly hroty odpovídající závitům spirály. Spojil-li spirálu a válec s póly influenční elektřiny, objevily se po krátké době tytéž účinky, jaké pozorovali Elster a Geitel na tělesech negativně nabitých a ve vzduchu se nacházejících. Pozoruhodný jest však úkaz, že při pokusech Sella-ových *znamení elektrisace* bylo *bez vlivu*; spirála stala se aktivní, ať byla kladně nebo záporně nabitá.

Tyto výsledky Sella-ovy zkoušeli opětně *Elster* a *Geitel*.¹²⁰⁾ Pozorovali sice již dříve při svých pokusech malou radioaktivitu též při *kladném* potenciálu drátu, avšak připisovali nepatrný účinek ten přítomnosti elektrických oscilací v soustavě napjatých drátů připojené k induktoriu. Nejnovější pokusy jejich však (konané ve sklepě archivu ve Wolfenbüttelu) vedly k výsledkům kladným. Účinek jest asi třicetkrát menší než při záporné elektrisaci drátu, avšak vždy tak zřejmý, že nutno zjev považovati za reálný; pokusy konány s dráty aluminiovými, olovenými, měděnými a platinovými. Ve volném vzduchu však nebylo lze s jistotou konstatovati radioaktivitu na drátě platinovém 13 m dlouhém a pozitivně nabitém. Důsledkem toho by bylo, když by nebylo možno zjednati ve vzduchu thoriovém indukovanou radioaktivitu na vodičích s nábojem kladným, že radioaktivní látka ze vzduchu přirozeného jest *specificky různá* od radioaktivní emanace vzbuzené thoriem, o čemž však teprve další pokusy mohou přinést vyjasnění.

¹¹⁹⁾ A. Sella. Rend. Acad. Lincei. 11. (2). 1902.

¹²⁰⁾ J. Elster a H. Geitel. Physik. Zeitschr. 4. str. 96. 1902.

Úvahy závěrečné a některé názory o původu radioaktivity.

Chceme-li tedy vysvětliti různé účinky látek radioaktivních, musíme — jak z předchozího patrno — akceptovati domněnku, že z látek těch vycházejí vedle záření (paprsků Becquerelových) též částecčky hmotné, emanace; částecčky ty jsou vystupující z látky aktivní pravděpodobně elektricky neutrální a nabývají znenáhla dotekem s okolním plynem náboje kladného; tím stávají se schopnými hromaditi se na nejrozmanitějších látkách — obzvláště tehdy, jsou-li tyto nabity záporně — ve větším množství, čímž právě látky ty nabývají dočasné aktivity.

Silným zahřátím lze emanaci zvýšiti — u preparátů radiových na př. až na 10.000násobný obnos hodnoty původní —, avšak tato následkem zvýšeného výronu klesne na hodnotu sotva znatelnou; může arcíť znova stoupnouti na původní svou hodnotu, necháme-li preparáty po delší dobu při obyčejné teplotě anebo rozpustíme-li a srazíme-li je opět. Částecčky emanací vysílané jsou tedy produktem látek radioaktivních.

Vzhledem k tomu, že emanace jest povahy hmotné, lze očekávati, že nastane *zmenšení váhy* preparátů emanaci vysílajících, arcíť bude množství vyzářené látky jen velmi nepatrné. Měření v té příčině konal *Heydweiller*.¹²¹⁾ Konaje pokusy o změnách váhy při přeměnách chemických a fyzikálních, zkoušel též stálost váhy látek radioaktivních, aby určil, jsou-li pozorované změny v nějaké souvislosti se zjevy radioaktivity. Za tím účelem dal 5 g koncentrované látky radioaktivní (de Haěnovy) o značné aktivitě do trubičky z Jenského alkalif prostého skla (447^{III}) a srovnával váhu její se stejnou trubičkou naplněnou kousky skla téže váhy a přibližně téhož objemu po několik týdnů. Tu objevil se rozdíl váhy nepřetržitě rostoucí, a sice 0·02 mg ve 24 hodinách (celkový dosud pozorovaný úbytek váhy činí již $\frac{1}{2}$ mg). Becquerel vypočetl množství energie vydané látkou radioaktivní ze svých pozorování o elektrickém odchýlení paprsků radiových a dospěl k výsledku, že jeho preparát na magneticky odklonitelných paprscích vydává množství energie

¹²¹⁾ A. Heydweiller. Physik. Zeitschr. 4. str. 81. 1902.

5 ergů na 1 cm^2 povrchu za 1 vteřinu, a že hmota částicek vyzářených teprve za jednu miliardu let činí 1 *mg*. Vzhledem k souhlasu v řádové velikosti vyslovuje Heydweiller domněnku, že při radioaktivitě nastává přímá přeměna potenciální energie gravitační v radioenergii. Závěr tento zdá se býti oprávněn atomovou teorií Lord Kelvinovou o vírech etherových a jest též v souhlasu s nejnovějšími názory o radioaktivitě, dle nichž třeba tuto vztahovati na pochody v atomech a nikoliv v molekulách.¹²²⁾

Dorn¹²³⁾ opakoval vážení provedené Heydweillerem. Při 30 *g* radiumbromidu, jenž byl, jak Dorn tvrdí, mnohem aktivnější než látka Heydweillerova, činil úbytek na váze za 3 měsíce pouze 0·001 *mg*, kdežto dle výsledků Heydweillerových by musel obnášeti 0·011 *mg*.

Dle Rutherforda¹²⁴⁾ možno ubývání váhy vysvětliti nejen z ubývání radia, nýbrž též z ubývání váhy trubičky skleněné, v níž se radium nachází; neboť radiové paprsky způsobují zbarvení celé trubičky, takže není vyloučeno, že jistá chemická změna dojde až na povrch skla a tím vzbudí zjev pozorované.

Celkem tedy nelze o ubývání váhy látek radioaktivních s bezpečností na základě uvedených pokusů souditi. Mnohem jistější zdají se býti v příčině té pozorování Curieova a Laborde-ova¹²⁵⁾ týkající se *vyvinování tepla* při radiových preparátech. Thermoelektrický článek železo-konstantan dán jedním spájeným místem do chloridu barnatého obsahujícího radium, druhým do čistého chloridu stejné váhy (1 *g*); článek udával rozdíl teplot $1\cdot5^\circ$. Při kontrolním pokuse, kde obě místa spájená se nacházela v čistém chloridu, objevil se rozdíl teplot pouze $0\cdot01^\circ$. Výpočty a pozorování shledali, že 1 *g* čistého radia vyvine množství tepla 100 malých kalorií za 1 hodinu. Za předpokladu atomové váhy radia 225 vyvine 1 *g*-atom radia za 1 hodinu 22·500 kalorií, číslo to srovnatelné s množstvím tepla vyvinutým při

¹²²⁾ Srvnj. P. a Skl. Curie. Rapports. 3. str. 83. 1900 a E. Rutherford a F. Soddy. Phil. Mag. 4. str. 370. 1902.

¹²³⁾ E. Dorn. Physik. Zeitschr. 4. str. 530. 1903.

¹²⁴⁾ E. Rutherford. Physik. Zeitschr. 4. str. 240. 1903.

¹²⁵⁾ P. Curie a A. Laborde. Compt. rend. 136. str. 673. 1903.

spálení 1 *g*-atomu vodíku v kyslíku. Teplo v radiu se uvolňující svědčí pro nepřetržitou přeměnu atomů radia.

Hmotnost emanace zdá se též stvrzovati pozorování manželů Curieových, dle něhož vakua, v němž se nachází preparát radiový, znenáhla ubývá, jakoby se vyvínoval nějaký plyn; tento vzbuzuje fosforescenci ve skle, jež po delší době zčerná, jest radioaktivní a účinkuje na desku fotografickou.

Rutherford a Soddy usoudili — jak již dříve uvedeno — ze svých pokusů příbuznost emanace s členy řady argonové. Zkoumání spektrální vedlo k výsledkům záporným. Rovněž nelze dosud zodpovědětí přesvědčivě otázku, je-li emanace vycházející z různých aktivních látek totožna, anebo mění-li se povaha její s původem. Zdá se pouze, že emanace radia trvá mnohem déle než thoria, naproti tomu pro indukovanou látkami těmi radioaktivitu platí opak. Také nelze považovati za důkaz totožnosti emanací obou zdrojů úkaz, že prostupnost záření indukovaného preparáty radiovými i thoriiovými jest stejná.¹²⁶⁾

Vedle emanace vysílají radioaktivní látky, jak svrchu řečeno též paprsky po objeviteli jich Becquerelovými zvané, a sice trojího druhu, α -, β - a γ -paprsky, o jejich vlastnostech, jakož i rozdílech bylo již dříve pojednáno (viz str. 59.).

Dle nejnovějších názorů o podstatě elektřiny [theorie elektronů a iontů¹²⁷⁾] jsou paprsky katodové, jimž se v každém ohledu podobají Becquerelovy β -paprsky, záporně elektricky nabitě částičky značné rychlosti (asi $\frac{1}{3}$ rychlosti světla), jež se nazývají elektrony¹²⁸⁾ anebo dle *Thomsona*¹²⁹⁾ korpuskule.

Poměr náboje částiček těch k jejich hmotě $\left(\frac{\varepsilon}{\mu}\right)$ byl různými autory stanoven na $8\cdot7 \times 10^6$ až $1\cdot8 \times 10^7$. Jinak jest tomu u α -paprsků, u nichž poměr ten určen na 6×10^3 ¹³⁰⁾.

¹²⁶⁾ *E. Rutherford a T. Brooks. Phil. Mag. 4. str. 1. 1902.*

¹²⁷⁾ Viz můj článek v *Živě. I. c.*

¹²⁸⁾ Viz též: *W. Kaufmann. Vortr. über. Elektronentheorie. Naturforscher-Versammlung Hamburg. 1901 a referát o tom: B. Kučera. Živa. 11. str. 289. 1901.*

¹²⁹⁾ *J. J. Thomson. Phil. Mag. 48. str. 547. 1899.*

¹³⁰⁾ *E. Rutherford. Physik. Zeitschr. 4. str. 235. 1903.*

Hmota elektronů tvořících paprsky Becquerelovy závisí na rychlosti jich. Závislost tu lze dle Kaufmanna¹³¹⁾ přesně znázorniti formulí Abrahamovou. Jest tudíž hmota elektronů povahy čistě elektromagnetické. Hodnota vypočtená pro malé rychlosti souhlasí v mezích chyb pozorovacích s hodnotou nalezenou pro paprsky katodové. O principiích dynamiky elektronu po stránce theoretické (v souhlasu s experimentálními výsledky Kaufmanovými) pojednal Abraham¹³²⁾.

Váha elektronů jest velmi nepatrná; činí $\frac{1}{2000}$ váhy atomu vodíka, předpokládá-li se, že množství elektřiny každým elektronem transportované je právě tak velké jako ono na jednomocném — elektrolysu zprostředkujícím — iontu, totiž asi 6×10^{-10} jednotek elektrostatických. Atomy chemické nutno si mysliti složené z velkého počtu elektronů (korpusek). V atomu normálním tvoří tyto soustavu elektricky neutrální. Oddělí-li se z atomu jedna korpusekule, jest negativním iontem, zbytek pak má náboj pozitivní; jest tudíž atom pozitivně nabitý atomem, jenž pozbyl část své hmoty. Vylučují-li se při elektrolysi kationty a anionty na elektrodách, tu ion pozitivní neutralisuje korpusekule, která jde od elektrody k iontu; při iontech negativních děje se to tím způsobem, že jde korpusekule k elektrodě. Korpusekulami převádí se elektřina od jednoho iontu ke druhému. Jest tudíž hmota atomu měnlivou. Změna hmoty atomu jest úměrna elektrickému náboji, který může atom přijmouti; náboj ten však jest dán nábojem iontu při elektrolysi. I jest tudíž možným závěr: *Měnlivost hmoty atomů jest úměrna valenci atomu, a tato odpovídá počtu korpusekul, jež jest oddělití.* Korpusekule (elektrony) nejsou měnlivy a jsou nezávisly (vzhledem k poměru $\frac{\epsilon}{\mu} \doteq 10^{-7}$ cgs) na povaze atomu, z něhož byly odděleny, rovněž i nezávisly na způsobu oddělení; jsou dle Thomsona a Mackenziho¹³³⁾ pralátkou, z níž jsou atomy prvků nějakým — ovšem neznámým — způsobem složeny.

¹³¹⁾ W. Kaufmann. Physik. Zeitschr. 4. str. 54. 1902.

¹³²⁾ M. Abraham. Physik. Zeitschr. 4. str. 57. 1902.

¹³³⁾ A. St. Mackenzie. Journ. Franklin Inst. 153. str. 451. 1902.

Jinak jest tomu u iontů pozitivních, jež vznikají odchodem negativních elektronů z atomů; ty jsou též řadové velikosti jako atomy, ovšem že různé dle látky, z níž vznikly.

Ionisace plynu není tudíž rozštěpení neutrálních molekul, na př. H_2 , v pozitivní a negativní ion vodíku; neboť pak by nebylo možno plyny jednoatomové, jako helium, argon a j., ionisovati, i muselo by jejich chování se v Geisslerových trubicích oproti četným pozorováním při výbojích býti podstatně různé od chování se vodíku a jiných plynů víceatomových.

Množství energie potřebné k získání iontu plynu (gasionu) obnáší dle *Rutherforda* ¹³⁴⁾ asi 1.9×10^{-10} ergů, jest tedy mnohem větší než energie potřebná k získání molekul vodíku a kyslíku při elektrolysi, a zdá se býti pro všechny plyny stejnou. Energie ta jest práce, již třeba vynaložiti na odtržení elektronů z atomů.

Prostředky, jimiž lze plyny ionisovati, jsou dosti četné, na př. náraz iontů, paprsky Röntgenovy, ultrafialové a paprsky látek radioaktivních ¹³⁵⁾. Pokud se týče emanace některých látek radioaktivních, sestává možná z pozitivních iontů (zbylých po odchodu elektronů negativních), jež však svého náboje způsobem nám neznámým pozbývají, je-li totiž správným předpoklad Rutherfordův, že jest emanace elektricky neutrální. Zjevy radioaktivity indukované lze pak přítomností takových částecek snadno vysvětliti.

Neméně důležité jest též tázati se po *zdroji*, z něhož látky radioaktivní svou energii dostávají. Předem arcit' nutno podotknouti, že otázku tu nelze dosud uspokojivě zodpověděti; ovšem že nechybí pokusů, zjednati i v této záhadě jasno. Vyslovena mimo jiné též domněnka, že energie látkami radioaktivními vyzařená se nahrazuje energií gravitační. *Geigel* ¹³⁶⁾ pak snažil se domněnku tu experimentálně odůvodniti. Za tím účelem zavěsil na jedno rameno vahadla kuličku olověnou (6.5 g těžkou), pod ni pak umístil ve skleněných trubičkách měnlivého průměru a měnlivé výšky 1 g látky radioaktivní (de Haěnovy), jež měla

¹³⁴⁾ *E. Rutherford*. Beiblätter zu d. Ann. 24. str. 1338. 1900.

¹³⁵⁾ O různých ionisátorech plynů viz můj článek v Živě. I. c.

¹³⁶⁾ *R. Geigel*. Drude, Ann. der Phys. 10. str. 429. 1903.

paprsky gravitační absorbovati. A skutečně stanovil úbytek na váze kuličky. Pokusy Geigelovy v jiné úpravě opakoval *Forch*¹³⁷⁾; upevnil na obou ramenech vahadla 96 g olova a kladl pod ně střídavě látku radioaktivní (přibližně téže aktivity, jakou měla látka Geigelem užitá). Rozdíl váhy stanovený počtem dílků na škále činil $\frac{1}{250}$ mg čili relativně vzhledem k váze onoho kusu olova $\frac{1}{25000000}$.

Ještě zajímavější jsou pokusy, které v příčině té konal *Kaufmann*¹³⁸⁾. Opakoval pokusy Geigelovy a shledal z počátku rovněž rozdíl váhy podobně jako Geigel. Jenže opětovanými pokusy přišel k přesvědčení, že jest lhostejno, obsahuje-li nádobka pod kuličkou umístěná sůl radiovou čili nic. Nutnou a postačitelnou podmínkou zjevu jest, dotkneme-li se nádobky prsty dávající ji pod kuličku. Vysvětlení jest arcí snadné: Při uchopení nádobky se tato zahřeje, tím vznikají vzduchové proudy, které mají za následek zdánlivý úbytek na váze.

Kaufmann na to pokusy ty prováděl co nejpečlivěji, avšak dospěl k takovým výsledkům v příčině ubývání na váze, které vesměs leží v oboru chyb pozorovacích.

I jest patrné, že výsledky Geigelovy lze vysvětliti uspokojivě zcela jinými okolnostmi, jako jsou změna teploty, chyby pozorovací atd.

Na některé nesprávnosti v theoretických vývodech citované práce Geigelovy poukázal *Kučera*¹³⁹⁾. Nelze tudíž dle nabytých výsledků souditi bezpečně na absorpci energie gravitační látkami radioaktivními.

Dle *Becquerela* nemá též předchozí osvětlení vlivu na záření uranu; ani teplota nezdá se nějakým způsobem účinkovati, neboť preparáty radiové vysílají paprsky své neseslabené též při velmi nízkých teplotách, jako jest bod varu tekutého vzduchu; totéž platí o solích uranových.

¹³⁷⁾ *C. Forch*. Physik. Zeitschr. 4. str. 318. 1903.

¹³⁸⁾ *W. Kaufmann*. Drude, Ann. der Phys. 10. str. 894. 1903.

¹³⁹⁾ *B. Kučera*. Physik. Zeitschr. 4. str. 319. 1903.

Manželé Curieovi pak vyslovili o přičině radioaktivity domněnku novou, dle níž látky radioaktivní *absorbují* jistě v prostoru již *preexistující paprsky*, které veškerými jinými tělesy bez dokazatelné absorpce prostupují, a které proto žádným způsobem nelze pozorovati, a energii paprsků těch přeměňují v energii paprsků Becquerelových. Tomuto náhledu opět zdají se odporovati pozorování *Elster-Geitelova*¹⁴⁰⁾, dle nichž září látky radioaktivní v hloubce 800 *m* pod povrchem zemským právě tak intenzivně jako na povrchu samém; a nelze přece snad předpokládati, že by ony hypotetické paprsky Curieových pronikaly až do té hloubky. Ale třeba zase vytknouti, že Curieovi supponují u neznámých paprsků těch vlastnost, že všemi neradioaktivními tělesy bez dokazatelné absorpce prostupují. Elster a Geitel vidí zdroj energie látek radioaktivních v atomech jejich, i praví: Atom prvku radioaktivního přechází po způsobu molekuly sloučeniny nestálé odevzdáváje energii ve stav stálý. Musela by se tedy látka aktivní znenáhla přeměnit v neaktivní a to za změny vlastností elementárních. V témž smyslu supponují též *Rutherford* a *Soddy*¹⁴¹⁾, že aktivní sloučeniny thoria vyvinují nepřetržitě a ve stálém množství jisté Th-X a podobně uran jisté Ur-X — možná, že dokonce též druhou látku *ne-uran*.¹⁴²⁾ Dle *Geoffroy Martina*¹⁴³⁾ mají prvky radioaktivní tu vlastnost, že již při obyčejné teplotě nastává u nich rozklad.

Dosavadní náhledy o podstatě radioaktivity jsou ovšem pouhými domněnkami bez náležitého odůvodnění; neboť nelze dosud předpokládati, že by radioaktivní prvky činily takovou principiální výjimku od ostatních prvků, u nichž dle zkušeností chemických platí právem jako faktum dobře odůvodněné jejich stabilita. Prozatím zdá se býti pravděpodobnější předpokládati dle Curieových, že účinek látek radioaktivních vzbuzen jest energií, jíž se ze zevnějšíka jejich atomům dostává.

¹⁴⁰⁾ *J. Elster a H. Geitel*. Beiblätter zu d. Ann. 23. str. 443. 1899.

¹⁴¹⁾ *E. Rutherford a F. Soddy*. Proc. chem. soc. 18. str. 121. 1902.

¹⁴²⁾ Bližší o názorech Rutherford-Soddyho viz: *B. Kučera*. Živa. 13. str. 140. 1903.

¹⁴³⁾ *Geoffroy Martin*. Chem. News. 85. str. 206. 1902.

Tolik možno říci již nyní — i když podstatu radioaktivity neznáme —, že objev prvků radioaktivních znamená jak ve fyzice tak i v chemii ohromný krok v před na poli dosud úplně neznámém, a lze právem očekávati, že přinese nám zkoumání látek těch překvapující a nová pole badání vědeckému otvírající objevy a poznatky.

Na Smíchově, dne 22. července 1903.

O vývoji čísel, číslovek, číslic.

Uvažuje

František Fabinger,
professor na Smíchově.

V loňském ročníku tohoto časopisu v čísle III. vylíčen byl stručně pravděpodobný vznik a vývoj čísel a číslovek. Neméně zajímavým jest studium o původu znaků číselných, číslic, jakož i o psaní čísel číslicemi. Příspěvek k tomuto studiu kulturních dějin pokolení lidského, pokud vůbec jeví plemena jeho známky vzdělání byť i z počátku jen primitivního, mají podati následující řádky. V první řadě budeme tedy uvažovati:

O psaní čísel číslicemi vůbec.

Člověk, maje pojem o čísle, hleděl si je nějakým způsobem znázorniti. Všechno zkoumání naše ukazuje, že první lidé, neznalí písma, užívali prstův u rukou ba i u nohou, aby naznačili počet jednotlivých, stejných věcí. Prsty zastupovaly naše číslice, znázorňovaly číslo, určující mnohost předmětů stejných. Činí tak i dnes děti a národové, jimž písmo je neznámo.

Ovšem, že nezůstalo při tom. Lidstvo přikládalo jednotlivým číslům zvláštní jména, číslovky, a když pak se naučili psáti, byly vynalezeny pro číslovky, často se opakující, zvláštní znaky, číslice.

Avšak čísel jest nekonečně mnoho, a bylo by třeba též nekonečně mnoho znakův, aby napsáno bylo každé číslo. Lidské