## Werk

**Label:** Article

**Jahr:** 1901

**PURL:** https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?31311028X_0030|log24

## Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

# O látkách radioaktivných.

Napsal

Dr. **Vladimír Novák,**
docent české university v Praze.

Vynález Roentgenův učiněný ke konci roku 1895, vzbudil všeobecný zájem nejvíce zajímavou absorpcí paprsků X-ových různými látkami, která se zvláště pěkně jeví v účinku fotografickém. Paprsky Roentgenovy, neviditelné to „černé světlo" pronikají látkami, které obyčejné světlo nepropouštějí, naopak jsou zase jinými látkami průhlednými z veliké části zadržovány. Vycházejíce z malého místa lampy vakuové šíří se přímočaře a za tělesem pro paprsky tyto neprostupným povstává „stín" podobně jako povstane na stěně stín předmětu, který držíme tak, aby světlo svíčky směrem ke stěně naň dopadalo.

Neviditelné paprsky Roentgenovy stanou se viditelnými přeměnou, která nastane při dopadu paprsků X-ových na nějakou látku fluoreskující. Zvláště dobře k účelům těmto vhodné jest stínitko pokryté vrstvou drobných krystallů kyanidu platičitobarnatého nebo wolframanu vápenatého. Toto stínitko nahradí do jisté míry fotografickou desku, stín předmětu „osvětleného" paprsky X-ovými objeví se tu viditelně s tím rozdílem proti obyčejnému stínu, že dle povahy stinícího předmětu pole stínové ukazuje různou intensitou různou absorpci stinících předmětů.

Známý radiogram (stínokresba) ruky, způsobený větší absorpcí paprsků X-ových kostmi nežli masem, zjednal Roentgenovi slávu všeobecnou, neboť širšímu obecenstvu připadala tato část objevu Roentgenova nejvíce podivuhodnou. Přirozeně kladli si pak mnozí pozorovatelé otázku, zdali neexistují jiné druhy podobného záření, jehož paprsky by podobně jako Roentgenovy pronikaly látkami obyčejnému světlu neprostupnými. *G. Le Bon**) měl za to, že i v obyčejném bílém světle (denním) jsou obsaženy paprsky podobného účinku paprsků Roentgenových. Do rámu kopirovacího vložil na citlivou desku hotový negativ, otvor rámu pak pokryl tenkou deskou železného plechu a pak delší dobu (několik hodin) při denním světle exponoval. Po dlouhém

*) *G. Le Bon,* Beib. z. Ann. 20 pg. 476. 1896.

vyvolávání objevil se na desce slabý sice ale přece zřetelný obrázek.

Pozdější pozorování ukázala, že se nejedná o zvláštní nový druh záření a že lze pokus *Le Bon*-ův vysvětliti, buďto jednoduše pronikáním světla slabou vrstvou plechu, *) anebo tím, že vzniká obrázek na desce citlivé stykem vrstvy se stříbrem negativu.

Toto působení kovů na desku fotografickou zkoumal v poslední době *Béla v. Lengyel*, **) tím že kladl uhlazené kousky kovu na desku fotografickou zabalenou do černého papíru a obklopoval kovy určitým plynným ústředím. Ukázalo se, že plyny, které lze snadno okysličiti, působí na desku fotografickou podobně jako světlo, kovy pak ukazují podobné působení pouze nepřímo, to jest tehdy, když nalézajíce se v atmosféře vlhké vylučují vodík, jenž na desce vyvolává účinek podobný exposici světelné.***)

1. *Základní úkazy.*

Při opakování pokusů Roentgenových v první době, kdy lampy vakuové nebyly dokonalé, vysílajíce pouze malé množství X-ových paprsků, pozorovatelé snažili se sesíliti účinek fotografický látkami fluoreskujícími, které neviditelné X-paprsky mění na viditelné.

Pokusy tyto vedly k odkrytí záření nového.

Dne 17. února 1896 nalezl *Niewenglowski*,†) že fosforeskující sirník vápenatý vydává paprsky, které pronikají černým papírem.

Niewenglowski zabalil pečlivě citlivý papír a vložil naň dva peníze, jež zase pokryl deskou skleněnou. Jedna polovice této desky kryjící jeden z penízů potřena byla sirníkem vápenatým. Exponováno bylo po té 4 až 5 hodin při světle slunečním. Vý-

*) Velmi tenké vrstvy kovu jsou průsvitny.

**) *Béla r. Lengyel*, Wied. Ann. 66. pg. 1162. 1898.

***) Na základě tohoto účinku možno v temné komoře tyčinkou zinkovou „napsati“ cokoliv na citlivou vrstvu desky. Podobně objeví se zcela zřetelně místa, kde mezi deskami fotografickými k citlivé vrstvě přilehal kousek tuhého papíru, který se při balení desek vkládá k zamezení přímého kontaktu.

†) *G. H. Niewenglowski*, Beibl. z. Ann. 20. pg. 477. 1896.

sledek pokusu byl překvapující; papír citlivý, nad nímž nalézala se část desky pokrytá látkou fosforeskující, ukázal kopii peníze, kdežto na druhé části papíru otisk se vůbec neobjevil.

Týden po tom ukázal *Becquerel**) podobnou a ještě zajímavější vlastnost *solí uranových*. Kousek síranu uranylo-draselnatého ($SO_4$ (UO) K+$H_2O$) položený na desku fotografickou v obálce černého papíru před světlem obyčejným chráněnou, vyvolal účinek fotografický i tenkráte, když mezi praeparátem a vrstvou citlivou mimo obalující papír nalezala se tenká destička skleněná.

V případě tomto nejedná se o přímé chemické působení praeparatu na vrstvu citlivou ani o účinek fosforescence, která při daném síranu mizí již po 0·01 vteřiny po osvětlení; sůl uranová vydává tmavé, neviditelné paprsky, které podobně paprskům Roentgenovým tenkými destičkami kovovými (i skleněnou) postupují a způsobují účinek fotografický.

Ukázala se však ještě jiná, důležitá vlastnost paprsků Becquerelových, která byla již seznána při paprscích Roentgenových.

Suchý vzduch je isolatorem; udělíme-li elektroskopu pozlátkovému určitý náboj, rozstoupí se lístky a jich rozstup jest stálý, pokud vzduch v elektroskopu a kolem dobře isoluje Dopadají-li však na lístky nabitého elektroskopu paprsky Roentgenovy, rozstup lístku se zmenšuje až se elektroskop úplně vybije. Podobnou vlastnost objevil Becquerel při paprscích uranových a naskytla se tak přirozeně *dvojí* cesta ke zkoumání tohoto nového druhu záření, jednak methoda *fotografická*, jednak methoda *elektrická*.

Prvá z nich vyniká velikou jemností, poskytujíc mnoho podrobností, jest však zdlouhavá a pracná, vyžadujíc dlouhých exposicí (až kolik dní) a dlouhého pomalého vyvolávání, druhá v tom má svou přednost, že dovoluje posouditi vlastnosti paprsků Becquerelových velmi rychle.

2. *Methoda fotografická.*

Při methodě fotografické zabalena byla deska fotografická do černého papíru, nebo vložena do skřínky s víčkem aluminiovým; na vrch kladen pak přímo praeparát uranový nebo vklá-

*) *H. Becquerel*, Beibl. z. Ann. 20. pg. 469. 1896.

dány destičky či předměty, kterými paprsky Becquerelovy měly pronikati.

Provedenými fotografiemi ukázalo se především, že záření síranu a jiných solí uranových šíří se *přímočaře*. Stínový obraz mince vložené mezi desku fotografickou a praeparát uranový ukázal podobu raženého reliefu po exposici patnáct dní trvající.

Nové záření objevilo se jak při solích uranových tak i uraničitých.

Ačkoliv tyto fosforeskují, ony pak nikoli, nebylo znamenati v jich vlastním záření patrného rozdílu. Ukázalo se také, že nezáleží na osvětlení předběžném. Soli rozpuštěné a po tmě krystallované, projevily se býti radioaktivnými, tak že zdálo se býti oprávněným připsati záření Becquerelovo jako specifickou vlastnost *uranu*.

Velice překvapujícím jest *trvalost* záření uranového. Becquerel uzavřel některé praeparaty do skřínek olověných tak zařízených, že mohla býti snadno vsunuta deska fotografická, na kterou záření dopadalo skrze kryt aluminiový. V různých dobách během 4 uplynulých let exponovány tak desky fotografické vždy po 48 hodin záření uranovému. Stejnou dobu vyvolávány ukázaly, týž účinek fotografický. Nedalo se tedy během 4 let konstatovati úbytek záření uranového, ačkoliv každé působení na desku fotografickou předpokládá úbytek zářivé energie praeparatu.

Že by uranové soli energii nějak z vnějšku přijímaly, nedalo se také potvrditi, neboť i když schvalně praeparat podroben účinku paprsků ultračervených, nebo ultrafialových aneb i dokonce účinku paprsků Roentgenových — v mnohém ohledu tak podobných — neukázalo se patrné zvětšení intensity uranového záření. Pouze při osvětlení jiskrou elektrickou, anebo světlem lampy obloukové objevilo se zvětšení intensity záření ale velmi nepatrné a rychle mizící. Záření uranové děje se stejně při temperatuře — 20 nebo 100°. Všechna tato pozorování jsou velmi zajímavá ze stanoviska principu zachování energie.

Odkud se béře a v čem záleží energie zářivá solí uranových? Proč neubývá neustálým tímto zářením energie původní? Čím se úbytek nahrazuje? Toť jsou otázky, které nelze do dnešního dne dostatečně zodpověděti. Jak si úkazy tyto hledí vysvětliti různí pozorovatelé, udáno bude ke konci tohoto článku,

až čtenář pozná ostatní zajímavé vlastnosti paprsků Becquerelových.

Dalšími pokusy fotografickými se ukázalo, že se paprsky Becquerelovy *nelámou* ani *neodrážejí*, že se také *nepolarisují*.

Lom zkoušen při tomto uspořádání. Do silné desky olověné učiněn hluboký, přímý zářez, do něhož vloženo něco kyslíčníku uranového.*)

Podobalo se tedy uspořádání toto sviticímu rozžhavenému drátku platinovému, proti němuž rovnoběžně umístěna jest štěrbina. Hranoly ze skla, aluminia, paraffinu položeny na zářez v desce olověné.

Na vyvolaných deskách neobjevilo se pošinutí štěrbiny hranolem, nelámou se tudíž paprsky Becquerelovy.

Při zkoušení odrazu ukázal se na desce fotografické nikoli obraz zářícího praeparatu ale obrys zrcadla, způsobený fosforescencí zrcadla, tedy úkazem sekundarným.

Polarisace zkoušena na zmíněné desce olověné se zářezem naplněným látkou radioaktivnou. Štěrbina pokryta byla tenkou destičkou turmalinovou, která byla kryta částečně jednou skříženou, částečně jednou rovnoběžně položenou destičkou turmalinovou. Na to na vrch položena deska fotografická. Při vyvolání objevila se obě obrazová pole, jak pod skříženými destičkami turmalínovými tak pod rovnoběžnými zcela stejně tmavými.

3. *Methoda elektrická.*

Původní methoda elektrická zkoumání záření látek radioaktivných záležela v časovém pozorování klesání rozstupu lístků nabitého elektroskopu, když na elektroskop účinkovalo záření.

V obr. 1. znázorněno jest sestavení, kterého užil *Behrendsen.***)

V kovové nádobě *A*, opatřené dvěma protilehlými okénky *D*, nalézá se pozlátkový elektroskop *E*, jehož kovová kulička *C* na drátku poněkud stranou zahnutém míří proti otvoru *O*.

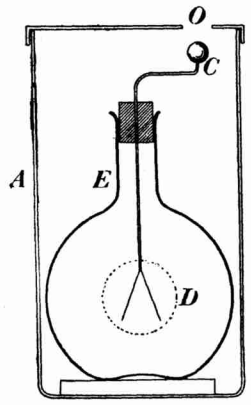
Rozstup lístků lze měřiti na škále skleněné, která se pozoruje lupou. Aby byl elektroskop původně vždy na určitý potencial nabit, spojuje se se sloupem Zamboniho. Látka radioak-

*) *Rutherford*, Phil. Mag. 47. pg. 109. 1899.

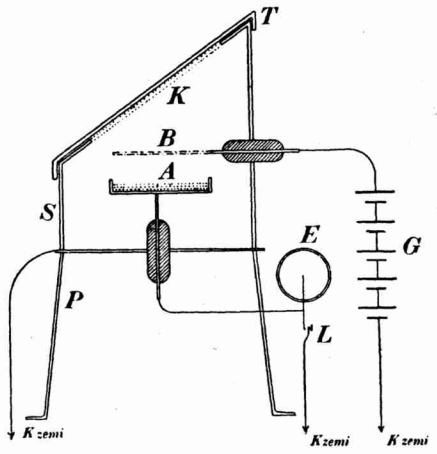
**) *Behrendsen*, Wied. Ann. 69. pg. 220. 1899.

tivná kladena na otvor $O$, který po případě byl zmenšen příslušným diafragmatem.

Pozorování záleželo v určení doby, za kterou od vložení látky působivé na otvor $O$, rozstup lístků zmenšil se na určitou hodnotu.




Obr. 1.



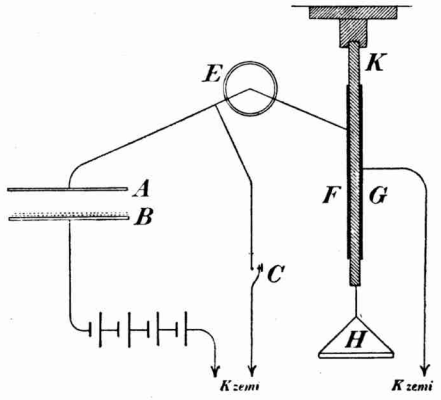

Obr. 2.

Jiná methoda elektrická a to citlivější, užívá místo elektroskopu elektrometru quadrantního. Uspořádání*) její patrno z obrazce 2. Na podstavci $P$ umístěna jest dřevěná staniolem polepená skřínka $S$, jejíž šikmá stěna $K$ opatřena jest křemenovým okénkem, které lze přikrývkou $T$ pokrýti. Do skřínky $S$ vcházejí dvě pečetním voskem dobře isolované tyčinky ocelové, z nichž jedna zakončena jest železnou miskou $A$, pro látku radioaktivnou, druhá pak železnou síťkou $B$. Skřínka $S$ spojena jest vodivě se zemí. Síťku $B$ lze spojením s mnohočlennou batterií nabiti na potencial 140 volt. Miska $A$ spojena jest s citlivým elektrometrem $E$, jejž lze klíčem $L$ k zemi odvésti.

*) Uspořádání tohoto užili poprvé *Elster* a *Geitel* (Wied. Ann. 44. pg. 722. 1891) při studiu fotoelektrických minerálů, to jest takových látek, které osvětleny slunečním (nebo elektrickým) světlem vybíjejí vodič, na jehož povrchu jsou umístěny.

Měření provedeno tímto způsobem. Především spojena miska $A$ se zemí a síťka $B$ nabita na potencial 140 volt, na to spojení se zemí otevřením klíče přerušeno. Poněvadž zářením látky radioaktivné vzduch mezi $A$ a $B$ stává se vodivým, přejde náboj z $B$ na $A$ a tudíž také na jehlu elektrometru, která se tím z původní polohy odchýlí. Úchylka měří patrně množství elektrické, které v určitém čase prošlo vrstvou vzduchu mezi $A$ a $B$.

Okénkem $K$ bylo možno látku radioaktivnou osvětliti a studovati tak vliv světla na záření Becquerelovo. Měření taková provedl se sloučeninami *thoria G. C. Schmidt* *) a ukázal, že látky tyto, ačkoliv jsou radioaktivné, nepodléhají působení světelnému.




Obr. 3.

Zvláště zajímavě pozměnili methodu předešlou manželé *Curie-ovi* proslavení vynálezem nových látek neobyčejně mohutného záření.

Uspořádání předvádí obr. 3.

Látka radioaktivná vkládá se na kovovou desku $B$ spojenou s jedním pólem mnohočlenné batterie, jejíž druhý pól jest odveden k zemi. Proti desce $B$ umístěna jest podobná deska $A$

*) *G. C. Schmidt*, Wied. Ann. 65. pg. 141. 1898.

spojená jednak s elektrometrem *E*, jednak, uzavře-li se klíč u *C*, spojená se zemí.

Přeruší-li se spojení se zemí u *C*, nabije se deska *A* a jehla elektrometru se uchýlí. Náboj desky *A* jest velmi nepatrný, místo, aby byl měřen úchylkou, kompensuje se tato úchylka *piezoelektrickým* nábojem*) křemene *K*, jehož jeden polep spojen jest s elektrometrem, druhý pak se zemí. Náboj piezoelektrický měří se *zatížením H*, které se tak dlouho zvětšuje, až elektrometr neukazuje žádné úchylky.

Těmito a podobnými methodami elektrickými nalezeny velmi zajímavé vlastnosti paprsků uranových.

4. *Absorpce paprsků Becquerelových.*

Methodou elektrickou bylo možná sledovati absorpci paprsků uranových různými látkami, daleko citlivěji než-li methodou fotografickou. Na látku radioaktivnou, umístěnou na desce jedné, kladeny různé destičky tenkého plechu; při tom se ukázalo, že vedení elektrického vrstvou vzduchovou ubývá, až konečně se vodivost na jisté hodnotě ustaluje. Byla-li látka radioaktivná po té pokryta deskou značné tloušťky, nastalo další zmenšení vodivosti. Zajímavé tyto výsledky experimentalní vysvětliti lze hypothesou o *dvojím druhu* paprsků uranových.

Uranové „$\alpha$-paprsky" jsou ty, které, ačkoliv s velkou intensitou vystupují, se přece látkami snadno absorbují oproti „$\beta$-paprskům", které, ač daleko slabší intensity, i silnější vrstvy pronikají.

Všechny sloučeniny uranu vysílají oba druhy paprsků, ale v nestejné intensitě. Aluminium propouští stokráte více $\beta$-paprsky než-li $\alpha$-paprsky. Absorpce $\beta$-paprsků různými kovy podobá se absorpci paprsků Roentgenových; **) jako při těchto

*) Planparallelní deska křemene seříznuta jest tak, že rovnoběžné stěny její jsou kolmo k elektrické ose krystallu. Stěny tyto jsou polepeny staniolem. Spojíme-li jeden polep ze zemí a zatížíme-li desku ve směru, který je kolmý k rovině dané osou elektrickou a optickou krystallu, nabije se druhý polep. Potencial tohoto polepu přímo jest úměrný prodloužení desky.

**) O absorpci paprsků Roentgenových různými látkami viz Dr. *V. Novák* a Dr. *O. Šulc*, Věstník česk. akad. V. pg. 87. 1896.

souvisí s atomovou hmotou, t. j. má tím menší hodnotu, čím menší je atomová hmota příslušného kovu.

Značnou měrou absorbují se $\alpha$-paprsky různými plyny. Tak zmenší se intensita záření na polovinu vrstvou kyslíčníku uhličitého 3 *mm* silnou, vrstvou vzduchu 4·3 *mm*, vrstvou methanu 7·5 *mm* a vrstvou vodíku 16 *mm* silnou. Absorpce záleží na tlaku plynu.

Vodivost plynů, povstalou zářením látek radioaktivných, *Rutherford* vysvětluje — podobně jako J. J. Thomson při paprscích Roentgenových — *ionisací* plynu.

Pojmu „ionisace“ snadno porozumíme z příkladu následujícího. Chlorovodík jako plyn chová se jako isolator, podobně také čistá voda. Rozpustí-li se však chlorovodík ve vodě, povstane roztok, který je poměrně *vodivým*. Abychom si tuto vodivost vysvětlili, předpokládáme, že chlorovodík v roztoku jest ve zvláštním stavu molekulovém, při němž alespoň část molekul je rozložena, dissociována na H a Cl.

Částice molekuly, v tomto případě atomy vodíku a chloru, slují ionty. Rozkládá-li se chlorovodík ve vodním roztoku proudem elektrickým, jsou tyto ionty nosiči nábojů elektrických, vodík positivního, chlor negativního. Počet dissociovaných molekul souvisí s koncentrací roztoku, při roztocích velmi zředěných nutno předpokládati, že všechny molekuly látky rozpuštěné jsou dissociovány v ionty.

Při elektrolysi a vodivosti elektrické mluvíme o *dissociaci elektrické*, kterou sluší rozeznávati od pouhého *rozkladu chemického*. Při dissociaci elektrické rozpadá se neutrálná molekula v ionty positivné a negativné, kdežto při pouhé chemické dissociaci jsou produkty rozkladu zase *neutrálné*; vedle toho ionty elektrické dissociace *neshodují* se často s látkami, na které se ta neb ona sloučenina chemicky rozkládá.

Zářením látek radioaktivných proměňují se molekuly plynu mezi oběma deskami v ionty, které přenášejí náboje positivné nebo negativné tak, že mezi deskami vzniká proud. Čím mohutnější je radiace, tím větší jest ionisace, stupeň ionisace úměrný jest tlaku a proto jest absorpce paprsků plynem úměrna tlaku, jak pokusy ukázaly. Závislost záření uranového na temperatuře nemohla býti ani elektrickými methodami dokázána. Shodují se

v té příčině paprsky Becquerelovy s paprsky X-ovými, jimž jsou — jak již jednou řečeno — ve mnohém ohledu podobny. Dopadají-li paprsky X-ové na kovové předměty, vysílají tyto paprsky zcela shodných vlastností s $\alpha$-paprsky uranovými. Ostatní část záření uranového, $\beta$-paprsky, podobá se přímo paprskům Roentgenovým, líšíc se pouze menší absorpcí předměty kovovými.

5. *Látky radioaktivné.*

Nežli přejdeme k líčení ostatních zajímavých vlastností paprsků Becquerelových, nutno ještě připomenouti, že objevena vlastnost tmavého záření na mnohých látkách, a to v mnohem větší míře, než-li na uranu a jeho sloučeninách. Tak ukázal *G. C. Schmidt**) a nezávisle na jeho práci paní *Sklodowska Curie*,**) že thorium a sloučeniny jeho jsou radioaktivné. Vlastnosti paprsků thoriových shodují se s uvedenými vlastnostmi paprsků uranových, záření jich jest právě tak nehomogenní jako paprsků uranových a Roentgenových.

Následující tabulka udává mineraly radioaktivné a jich poměrné záření, měřené methodou elektrickou.

| | |
|---|---|
| Uranová ruda***) z Johanngeorgenstadtu | 8·3 |
| „ „ z Jachymova | 7·0 |
| „ „ z Příbrami | 6·5 |
| „ „ z Cornwallisu | 1·6 |
| Carnotit | 6·2 |
| Chalcolit | 5·2 |
| Antinite | 2·7 |
| Orangit | 2·0 |
| Cleveit | 1·4 |
| Thorit | 1·4 |
| Aeschynit | 0·7 |
| Monazit | 0·5 |
| Fergusonit | 0·4 |
| Niobit | 0·3 |

Všechny tyto mineraly obsahují uran a thorium; zajímavo

---

*) *G. C. Schmidt*, Wied. Ann. 65. pg. 141. 1898.

**) *Sklodowska Curie*, Compt. Rend. 126. pg. 1101. 1898.

***) Smolinec nedělivý.

jest však, že vynikají některé *značnou* mohutností zářivou, která *předčí* na př. *uran*. Zmíněné rudy z Čech pocházející jsou až *4kráte* aktivnější kovového uranu! Okolnost tato nasvědčovala tomu, že nelze přičítati mohutnost zářivou pouhému uranu a thoriu, spíše, že látkám těmto a sloučeninám jich přimísena jest, byť ve velmi nepatrném množství, látka jiná, prvek neznámý, který jest vlastní látkou radioaktivnou. Z uvedených minerálů nejspíše bylo lze hledati neznámou látku radioaktivnou v českých rudách uranových, a to způsobem velmi obtížným. Rudy uranové obsahují velkou řadu rozmanitých kovů, které bylo třeba oddělovati, jednotlivé oddělené částky pak zkoumati co do mohutnosti zářivé. Ve zbytcích nebo částech poměrně vyšší mohutnosti zářivé pátráno dále po látce neznámé. Pálením rudy uranové získán byl plyn, který uzavřen v trubičce skleněné jevil vlastnosti látek radioaktivných. Během času však mohutnosti zářivé ubývalo, až konečně úplně zmizela.

Rozkladem uranové rudy na mokré cestě nalezeny pak tři látky radioaktivné, veliké mohutnosti zářivé a to *polonium*, *radium* a *aktinium*.

*Polonium* objevili manželé *Curieovi* a to jako látku, která provází *vismut* v rudě uranové.

Sirník tohoto kovu oddělený od ostatních látek v rudě uranové obsažených, zahříván byl v tyglíku opatřeném víčkem, jež se chladilo vodou. Na víčku sublimoval sirník větší mohutnosti zářivé nežli byl zbytek v tyglíku.

Roztoky dusičnanů byly sráženy vodou, praecipitaty objevily se radioaktivnějšími nežli zbylé soli rozpuštěné.

Roztoky v kyselině chlorovodíkové, značně kyselé, sráženy byly sírovodíkem. Sražené sirníky byly zase mnohem aktivnější nežli soli rozpuštěné.

*Radium* objevili manželé *Curieovy* spolu s *Bémontem.**) Jest to látka, jež provází baryum vyloučené z rud uranových. Odlučována byla jako chlorid, který se méně rozpouští ve vodě okyselené kyselinou solnou než chlorid barnatý.

*Aktinium* nalezl *Debierne***) v látkách skupiny železa

---

*) *Bemont*, Compt. Rend. *127.* pg 1215. 1898.

**) *Debierne*, Compt. Rend. *129.* pg. 593. 1898; *130.* pg. 906. 1900.

oddělených při rozkladu uranové rudy. Podobá se thoriu, dosud však se nepodařilo od ostatních látek je odděliti.

Všechny tři jmenované látky radioaktivné, polonium, radium a aktinium nalézají se v rudě uranové ve velmi nepatrném množství. Příprava několika decigramů těchto podivuhodných látek vyžadovala zpracování několika *tun* zbytků rudy uranové. Prvá tuna věnována vládou rakouskou z hutí Jachymovských v Čechách.

Ze tří jmenovaných látek, polonia, aktinia a radia, lze nejspíše za skutečnou novou látku považovati radium. Spektrálně zkoumáno totiž, ukázalo radium nové čáry, ve spektru barya neznámé.

*Demarçay* určil délku vln těchto čar, z nichž nejintensivněji vystupují

| | | |
|---|---|---|
| $10^6 \lambda =$ | 482·63 *mm* | 10 |
| | 468·30 *mm* | 14 |
| | 434·06 *mm* | 12 |
| | 381·47 *mm* | 16 |
| | 364·96 *mm* | 12. |

Čísla v pravo udávají poměrnou intensitu, čára (381·47) jest pro radium nejvýznačnější.

Spektrum má všeobecně ráz spekter kovů alkalických zemin.

Spektra vismutu obsahujícího polonium a thoria obsahujícího aktinium nejevila patrného rozdílu od spekter obyčejného vismutu a thoria.

Ačkoliv analysa spektralná náleží mezi nejjemnější methody, kterými určité látky v množství nepatrném bezpečně poznáváme, přece jest mohutnost zářivá látek radioaktivných daleko bezpečnějším zkoumadlem jich přítomnosti než fotografie jich spektra.

Dle této zkušenosti, pokusy stvrzené, lze pak za to míti, že uran a sloučeniny uranové obsahují malé stopy radia nebo aktinia, které pak jsou zdrojem tmavého záření. Myšlence této nasvědčují také pokusy, které byly provedeny s různými praeparaty uranu. Čím bedlivěji a čistěji byl uran připraven, tím slabší bylo jeho záření.

Manželé Curieovi hleděli zjistiti *atomovou hmotu* radia, ač-

koliv bylo k disposici pouze málo této vzácné látky. Nalezené číslo 174 považují za nízké, ale přece charakterisující novou látku z řady kovů alkalických zemin.

*6. Vlastnosti radia, polonia, aktinia.* Záření nových látek radioaktivných předčí daleko dříve uvedené záření uranové. Jest při nejmenším 100 000kráte intensivnějším, ačkoliv nelze dobře methodou elektrickou různá záření srovnávati již z toho důvodu, že část paprsků radia a aktinia proniká deskami kovovými a neúčastní se ionisace plynů.

Paprsky polonia jsou velice intensivní, ale silně se látkami absorbují.

Část paprsků radia proniká i deskami několik *cm* silnými a působí ve vzduchu do vzdálenosti větší jednoho metru. Pouze olovo a platina paprsky tyto zachycují, aluminium, sklo a paraffin jsou pro ně látkami průhlednými.

Stínové obrazy na deskách fotografických vznikají paprsky radia velmi rychle při malých vzdálenostech; radiografie tobolky s mincemi provedena byla při vzdálenosti 20 *cm* několika centigrammy aktinického chloridu barnatého exposicí několika hodin. Při vzdálenosti 1 metru trvala exposice několik dní.

Radiové soli barnaté od chvíle, kdy byly připraveny, ukazovaly stále *rostoucí* mohutnost zářivou, která se na jisté *mezní* hodnotě konečně *ustálila.**)

Koncentrovaný vodní roztok chloridu barnatého, obsahujícího radium, jest z prvu právě takové mohutnosti zářivé jako látka tuhá. Mohutnosti však časem ubývá až konečně úplně zmizí.

Všechny soli barnaté dávají nejúčinnější praeparaty při první krystallisaci. Látky obsahující polonium ztrácejí časem mohutnost zářivou, které nenabudou, i když byly rozpuštěny a znovu připraveny.

Na výboj elektrický mezi dvěma konduktory kovovými působí záření radia tak, že se při určité vzdálenosti elektrod jiskrový výboj mění ve výboj tichý. Zvětší-li se povrch kathody, jest uspořádání tak citlivé, že lze konstatovati záření radia i ze vzdálenosti větší jednoho metru.**)

*) Viz *F. Giesel*, Wied. Ann. *69.* pg. 91. 1899.

**) Viz *J. Elster* a *H. Geitel*, Wied. Ann. *69.* pg. 673. 1899.

Neviditelné paprsky nových látek zářivých proměňují se ve viditelné dopadem na některé látky fluoreskující, na př. na stínítko pokryté kyanidem platičito-barnatým. *Bary**) ukázal, že soli kovů alkalických zemin, které jeví fosforescenci při dopadu paprsků světelných a Roentgenových, fluoreskují též ozářeny jsouce paprsky radia.

Radiové sloučeniny barnaté vysílají též paprsky viditelné, fosforeskují, jak ve tmě neb silně stlumeném světle plynovém lze pozorovati. Od obyčejné fosforescence liší se tato luminiscence tím, že radioaktivná látka fosforeskuje vesměs v každé části, kdežto obyčejná fosforescence jeví se jen na povrchu látek, který byl před tím osvětlen.

Ve vlhkém vzduchu ubývá této luminiscence radioaktivných hmot, vysušením zase se vrací.

Látky radioaktivné působí na některé látky je obklopující *chemicky*.

Tak na př. barví se účinkem jich sklo a porcelán.

Nejpatrněji jeví se účinek tento hnědým neb nafialovělým zbarvením skleněných nádobek látky radiové obsahujících, úkaz tento připomíná zabarvení lamp Roentgenových, jichž se k radiogramům delší dobu používalo.

Také papír působením paprsků Becquerelových se mění v barvě a za jistých okolností jest cítiti *ozon* v blízkosti látek velice aktivných.

Sloučeniny radiové mění se během času od chvíle, kdy byly připraveny, ve svém zabarvení, aniž by však změna tato souvisela se změnami v mohutnosti zářivé. Čerstvě připravené krystally radiového chloridu barnatého jsou bezbarvé, během času však žloutnou nebo růžovatí, rozpustíme-li je, krystallují nové krystally zase bez barvy. Radioaktivný chlorid barnatý páchne chlornatanem draselnatým, radioaktivný bromid bromem.

Paprsky radiové pozměňují barvu kyanidu platičito-barnatého, kterýž sám může — jak Giesel ukázal — státi se radioaktivným.

Radioaktivita nových látek zdá se býti nezávisla na temperatuře. Radioaktivný uran roztavený v peci elektrické a schla-

*) *Bary*, Compt. Rend. *130*. pg. 776. 1900.

zený objevil se býti zase aktivným, podobně radiový chlorid barnatý tavený (při 800°) nepozbyl zajímavé této vlastnosti. Temperatury nízké nepozměňují mohutnosti zářivé, radium v temperatuře stuženého vzduchu způsobuje zřejmou fluorescenci síranu uranylodraselnatého.

7. *Radiové paprsky magnetickým polem se odchylující a neodchylující.*

Jak patrno z dosavadního, podobny jsou paprsky Becquerelovy ve velmi mnohém ohledu paprskům Roentgenovým. Tím není ovšem řečeno, že by obojí druh paprsků byl téže vnitřní podstaty. Jsou na př. mnohé podobnosti mezi paprsky kathodovými a Roentgenovými a přece paprsky tyto sluší rozeznávati. Jeden z důležitých rozdílů posléze jmenovaných paprsků záleží v tom, že paprsky kathodové se v poli magnetickém z původního směru uchylují, paprsky Roentgenovy však nikoli.

Při zkoumání paprsků radiových v poli magnetickém ukázalo se, že *část* těchto paprsků se *uchyluje, část ostatní neuchyluje.*

Paprsky, které se polem magnetickým *uchylují*, jsou právě ty, které látkami snadno *pronikají.* V souhlasu s tím paprsky polonia, které se snadno látkami *obsorbují*, polem magnetickým se *neodchylují.* Pouze *Giesel* uvádí, že se mu zdařilo připraviti polonium, jež krátce po své přípravě vydávalo paprsky, které se magnetem odchylovaly. Aktinium chová se v této příčině podobně jako radium.

Celkem jeví se býti záření radia velmi složitým a lze při něm rozeznávati nejméně tři druhy paprsků a to

1. paprsky, které se magnetickým polem neodchylují, které se však látkami snadno absorbují,

2. paprsky, které se magnetickým polem neodchylují, ale velmi mocně hmotami pronikají. Těchto jest v celém záření *jen nepatrná část*,

3. paprsky, které se polem magnetickým odchylují a které, dle Becquerela, tím více látkami pronikají, čím méně se odchylují.

Zkoušení absorpce paprsků radiových methodou elektrickou prováděno kondensatorem, jehož jedna (dolejší) deska opatřena byla okénkem, pod kterým nalézala se malá krabička s látkou

radioaktivnou Obě kovové desky kondensatoru stály horizontalně, dolejší byla spojena s elektrometrem, hořejší se zdrojem konstantního potencialu. Kondensator byl tak zařízen, že bylo lze obě desky jeho blížiti neb vzdalovati, podobně bylo možná v určitých mezích přibližovati látku aktivnou k okénku, pokrytému destičkou z látky absorbující.

Methodou touto shledáno, že paprsky, jež magnetické pole neodchyluje, (1) absorbují se již *vrstvou vzduchovou,* tedy při větší vzdálenosti desek kondensatoru. Jinak bylo možná paprsky tyto odstraniti vsunutím aluminiového lístku 0·01 *mm* silného. Absorpce paprsků magnetem se odchylujících (3) a neodchylujících (1) děje se dle různých zákonů.*) Pro paprsky (3) platí podobný zákon jako pro paprsky Roentgenovy, koefficient absorpce s rostoucí vrstvou látky absorbující *ubývá* nebo jest alespoň stálý; pro paprsky (1) koefficientu absorpce při silnějších vrstvách *přibývá*, tak že na př. čím větší vrstvou vzduchu tyto paprsky procházejí, tím mohutněji je destička aluminiová absorbuje.

Becquerel **) zkoumal uchýlení paprsků radiových magnetem fluorescencí a fotograficky. Především postavil póly elektromagnetu do jedné svislé přímky, na jednom pólu položena byla látka aktivná, na druhém stínitko fluoreskující neb zabalená deska fotografická.

Pokud elektromagnety proud neprocházel, objevilo se na stínitku světlé místo, neurčitě ohraničené; když byl proud zaveden, ono světlé místo se zúžilo a přesněji ohraničilo. Tento účinek siločar magnetických *rovnoběžných* s paprsky zářivé látky se nezměnil, byl-li proud kommutován, tudíž póly magnetické vyměněny.

V druhém případě nalézaly se póly elektromagnetu v rovině vodorovné, látka působivá položena byla buďto mezi póly nebo na jeden pól. V obou případech ukázala exponovaná a po té vyvolaná deska fotografická, že se paprsky jdoucí vzhůru stočily směrem dolů.

Aby výsledky právě uvedené byly nepochybnými, bylo

---

*) *Paní Sklodowska Curie,* Wied. Beibl. z. Ann. *24.* pg. 578. 1900.

**) *H. Becquerel,* Beibl. z. Ann. 24. pg. 577. 1900.

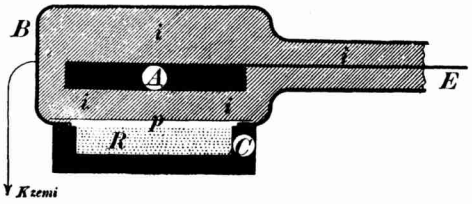
potřebí pokusem dokázati, že nové látky radioaktivné vydávají přímočaré paprsky, totiž že se záření z jich povrchu šíří přímočaře.

Látka aktivná umístěna byla v přímočarém zářezu, proti němuž postaven kovový drát a deska fotografická. Na desce ukázal se zcela přesný geometrický stín drátu na důkaz přímočarého šíření se paprsků radiových.

8. *Elektrický náboj radiových paprsků* (3).

Paprsky, které se pólem magnetickým uchylují (3), podobají se v následující vlastnosti paprskům *kathodovým*. Kathodové paprsky unáší sebou negativný náboj elektrický*) a to, i když procházejí isolatorem nebo kovem se zemí spojeným. Jinými slovy, absorbují-li se tyto paprsky, nastane uvolnění negativného náboje. Podobný úkaz pozorován byl při radiových paprscích (3).

Uspořádání pokusu ukazuje obr. 4.




Obr. 4.

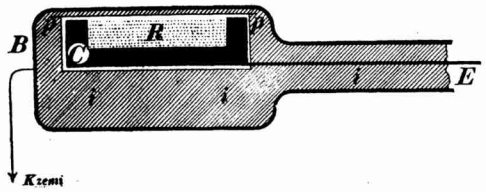
Kovová deska $A$ spojena byla připojenou kovovou tyčinkou $E$ a vedením k elektrometru. Deska i tyčinka uvnitř vyplněny byly isolatorem $i$, který je odděloval od vnějšího kovového obalu $B$, spojeného se zemí. Obal tento opatřen byl na dolejší části okénkem zakrytým tenkou destičkou $p$ isolovanou proti $A$. Proti destičce $p$ přiléhala olověná nádobka $C$ s radioaktivnou látkou $R$.

Isolatoru $i$ užito místo vzduchu nebo nějakého jiného plynu proto, aby se deska $A$ nemohla nabíjeti přímo vedením plynů, které způsobují paprsky látek zářivých. Tenká destička $p$ odstraňovala absorpcí paprsky, které se magnetem neodchylují (1).

*) Úkaz tento pozorovali *Perrin* a *Lenard*, viz Wied. Ann. *64.* pg. 279. 1898.

Ostatní paprsky (3) pronikají deskou $p$ a isolatorem $i$, absorbujíce se teprve deskou $A$. Při této absorpci uvolňuje se jich negativný náboj, jak lze úchylkou na elektrometru konstatovati.

Výsledek tohoto pokusu se nezměnil, byla-li deska $A$ olověná nebo zinková anebo měděná, podobně mohlo býti na místě $i$ užito různého isolatoru, paraffinu nebo ebonitu.




Obr. 5.

Pro kontrolu učiněn též pokus obrácený (viz obr. 5.), kdy totiž kovová nádobka $C$, radium ($R$) obsahující, obklopena byla úplně isolatorem $i$ tak, že paprsky (3) pronikající isolací $i$ a kovovou stěnou $B$ k zemi odvedenou odváděly sebou náboj negativný. Na potvrzení toho ukázala se úchylka na elektrometru ve smyslu náboje positivního.

Právě tak jako magnetické pole uchyluje některé paprsky Becquerelovy, tak také činí pole elektrické, jak *Dorn**) ukázal, když paprsky dopadají kolmo na siločáry elektrické. Procházejí-li paprsky ve směru siločar, zmenší se jich intensita, jdou-li proti siločarám, pak se jich jasnost zvýšuje.

9. *Indukovaná radioaktivita.*

Velmi zajímavým úkazem jest mohutnost zářivá *sdělená* tělesům, která sama o sobě nejsou radioaktivnými. Všechny tuhé látky (pokud byly zkoumány) stávají se aktivnými, když nějakou dobu se nalézaly v blízkosti praeparatů radiových, nebo poloniových nebo sloučenin thoria. Radioaktivita látky takové stoupá tím více, čím déle látka je v sousedství radia, až k jisté hodnotě největší.

Vzdálíme-li radium, nastane ubývání mohutnosti záření,

*) *E. Dorn*, Beibl. z. d. Ann. *24*. pg. 579. 1900.

z počátku prudké, pak volnější, až po několika hodinách indukovaná radioaktivita se úplně ztrácí. Největší hodnota indukované radioaktivity jakož i pravidelné klesání její při odstranění radia shledány stejnými pro zinek, mosaz, vizmut, nikl, aluminium i olovo.

Aktivný chlorid barnatý, jehož intensita zářivá jest 2000krát větší než záření uranu, indukuje v kovech největší intensitu zářivou 20krát větší než záření uranu, která asi ve 2 hodinách zmenšuje se na intensitu 8krát větší než záření uranu.

Látky, které po nějakou dobu byly ozářeny paprsky radia, chovají se tak, jako by povrch jejich byl pokryt hmotou aktivnou. Proto by se zdálo nejpřirozenějším vysvětlení této indukce výronem prášku aktinického z radia, jenž se na předmětech blízkých usazuje. Hypothesu tuto nelze však přijati, neboť indukce radioaktivná nastane i tenkráte, když působivá látka je v skleněném neb kovovém obalu; aktivita vzbuzená potrvá i na látkách, které jsou ve vodě rozpustny, když povrch těchto látek bedlivě omyjeme.

K indukci radioaktivné hodí se radiový chlorid barnatý lépe než uhličitan.

Sloučeniny thoria studoval Rutherford.*) Všechna tuhá tělesa neelektrická, nebo záporně elektrická, přijímala v sousedství sloučenin thoria vlastnosti látek radioaktivných.

Tato aktivita indukovaná ukázala se býti touž ve vzduchu, kysličníku uhličitém a ve vodíku. Také na tlaku je nezávislou, pouze při velkém zředění přibývá jí; na vodičích záporně elektrovaných aktivity ubývá.

Hmota látky, v níž aktivita byla indukována, se tím nezměnila. Drát platinový indukcí aktivný nepozbyl této vlastnosti ani v plamenu, ani ve studené neb vřelé vodě, ani v kyselině dusičné. Za to zmizela vlastnost tato při ponoření do kyseliny sírové neb solné, vrátila se však, byl-li povrch drátu zase očistěn.

Na základě indukce radioaktivické *Debierne***) připravil mohutně zářivý chlorid barnatý. Látku obsahující aktinium rozpustil v roztoku chloridu barnatého a ponechal tento roztok

*) *E. Rutherford*, Phil. Mag. *49*. pg. 161. 1900.

**) *A. Debierne*, Beibl. z. Ann. *24*. pg. 1206. 1900.

delší dobu o sobě. Sražením kyselinou sírovou připravil zvláště aktivný praeparat.

Čím déle bylo aktinium v roztoku ve styku s chloridem, tím účinnější byl praeparat. Praeparaty tyto jevily veškeré vlastnosti látek aktivných, ve spektru jich nebylo však význačných čar radia, aktivity jich pak po přípravě rychle ubývalo.

Zjev indukované radioaktivity ukazuje, kterak opatrně nutno prováděti všechna měření týkající se záření látek aktivných. Indukcí touto stává se prach v laboratoři, předměty, které béřeme do rukou, šaty atd., vše stává se radioaktivným.

Vzduch laboratoře působením záření přímého i indukovaného *není již isolatorem*, nýbrž vodičem! Z toho následuje, že měření v takovýchto místnostech vůbec není možno. Příprava látek aktivných musí se tudíž díti ve zvláštní místnosti, při přenášení praeparatů a vkládání do skřínek třeba největší opatrnosti.

Pouhá isolace vzduchem nestačí, vodivé dráty při pokusech elektrostatických nutno vésti osami kovových trubic odvedených k zemi, jichž vnitřek vyplněn jest paraffinem — elektrometr vůbec musí nalézati se ve zvláštní místnosti neb skříni, kterou nelze ani dosti uzavříti.

Zároveň patrno, jak nutno bedlivě a kriticky posuzovati výsledky měření o radioaktivitě.

10. *Povaha paprsků Becquerelových.*

Dle uvedeného jsou paprsky Becquerelovy velmi složitým zjevem záření, na němž můžeme rozeznávati hlavně dvojí druh paprsků. Jedna část paprsků unáší sebou náboj elektrický; paprsky tyto odchylují se ze svého směru magnetickým polem a podobají se v obou zmíněných vlastnostech paprskům kathodovým. Druhá část paprsků Becquerelových neodchyluje se polem magnetickým a podobá se ve mnohém paprskům Roentgenovým.

Paprsky Roentgenovy povstávají na stěnách lampy vakuové, na něž dopadají paprsky kathodové; paprsky Roentgenovy dopadající na tělesa vzbudí v těchto paprsky sekundarné (paprsky Sagnacovy) a v těchto paprscích lze také rozeznati *dvojí* druh, totiž paprsků magnetem se neodchylujících a paprsků, které

unášejíce náboje elektrické podobají se paprskům kathodovým. Ukazují se tedy paprsky Becquerelovy značně podobny těmto sekundarným paprskům Roentgenovým.

Kdežto však zářivou energii paprsků Roentgenových (byť i sekundarných) můžeme hledati v energii elektrického výboje lampy vakuové, nelze tak učiniti při výkladu o původu paprsků Becquerelových.

Kde jest zdroj tohoto tajemného záření, které působí na desky fotografické a činí plyny vodivými? Odkud se nahrazuje vyzářená energie?

Na otázky tyto není dosud uspokojivé odpovědi. Záhada paprsků Becquerelových hledí se „vysvětliti" přijímáním záhad nových. Tak na př. jsou prý paprsky Becquerelovy sekundárným úkazem, který vzniká tmavým zářením všechny látky vůbec prostupujícím. Toto tmavé záření podobné paprskům Roentgenovým se však nevysvětluje.

K výkladu vlastností paprsků kathodových použili *W. Crookes* a *J. J. Thomson* zvláštní hypothesy, dle které záleží paprsky kathodové v pohybu velmi jemných částic hmotných. Domněnky této použito též při výkladu záření Becquerelova.

Radiace látek aktivných vysvětluje *Crookes* *) strukturou těchto látek, které pozvolna se pohybující molekuly atmosféry odrážejí, zatím co rychle se pohybující molekuly při svém povrchu rozkládají. Tím vzrůstá potencialná energie radioaktivné látky, která působí jednak dissociaci okolního plynu, tím jeho vodivost, jednak projevuje se zářením.

*Elster* a *Geitel* **) předpokládají, že v látce aktivné jsou molekuly radia nebo aktinia, které se časem v atomy rozpadají, při této dissociaci objevuje se uvolněná energie co energie zářivá.

*Rutherford* ***) předpokládá též velmi pozvolné chemické změny látek radioaktivných za příčinu radiace.

Nejlépe lze snad, jak činí Becquerel a jiní, porovnati látku radioaktivnou s magnetem.

---

*) *W. Crookes*, Beibl. z. d. Ann. *23*. pg 296. 1899.

**) *J. Elster* a *H. Geitel*, Beibl. z. d. Ann. *23*. pg 443. 1899.

***) *E. Rutherford*, Phil. Mag. *47*. pg 109. 1899.