

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Tomáš Čechák

Sto let od objevu radioaktivity

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 41 (1996), No. 6, 307--310

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137606>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1996

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>

digitální formy. Potom se text přetvoří do podoby vhodné pro čtení nevidomými studenty.

Jak již bylo zmíněno na počátku, péči o zrakově postižené nelze redukovat pouze na technické vybavení, přípravu textů a pořádání kurzů. Neméně významné je poradenské a konzultační zázemí, kontakty s učiteli učícími a zkoušejícími zrakově postižené studenty, budování širšího okruhu spolupracovníků zahrnujícího organizace nevidomých a slabozrakých a školy nižších stupňů, dále úsilí o získání sponzorské podpory, propagace a osvěta. V neposlední řadě je to i nabídka zaměstnání pro absolventy studia z řad zrakově postižených. To jsou však již úkoly přesahující rámec a možnosti nejen jedné katedry matematiky, ale celé fakulty a jejich řešení bude vyžadovat spolupráci a angažovanost jak České unie nevidomých a slabozrakých, tak i dalších organizací zdravotně postižených občanů a zastřešujících orgánů na úrovni vlády České republiky.

Sto let od objevu radioaktivity

Tomáš Čechák

V polovině sedmdesátých let přistála po desetiměsíční cestě americká vesmírná sonda Viking na Marsu. Mezi množstvím údajů, které přístroje sondy vyslaly na Zem, byly i poměrně přesné údaje o chemickém složení povrchu Marsu v místě přistání. Tyto údaje představovaly velice důležitou informaci, přestože byly poněkud zastíněny, co do popularity, panoramatickými snímky marťanského povrchu. Málokdo si tehdy uvědomil, že metoda, která byla použita při zjišťování chemického složení marťanského povrchu, tzv. radionuklidová rentgenfluorescenční analýza, používá k buzení charakteristického záření vhodný radionuklidový zdroj a je jednou z mnoha aplikací, ve kterých se využívá schopnost některých atomů přeměňovat se a emitovat ionizující záření — radioaktivita.

Letos tomu bylo již sto let, co byla tato vlastnost některých atomů objevena.

20. 1. 1896 na zasedání francouzské Akademie věd nechal Henri Poincaré (1854–1912) kolovat zprávu, kterou obdržel několik dní předtím od Wilhelma Conrada Roentgena (1845–1923). V následující debatě, které se účastnil i Henri Becquerel (1852–1908), se diskutovala otázka původu záření objeveného Roentgenem. H. Becquerel byl v té době již autorem řady publikací o fluorescenci a od roku 1878 byl členem francouzské Akademie věd (Académie des Sciences). Byl pokračovatelem rodinné tradice. Už jeho dědeček Antoine-César Becquerel (1788–1878) byl profesorem fyziky v Musée

Doc. Ing. TOMÁŠ ČECHÁK, CSc. (1948)

d'Histoire Naturelle, byl členem Akademie od roku 1829 a v roce 1838 byl zvolen jejím prezidentem. Syn A. C. Becquerela, otec Henriho Edmond Becquerel (1820 až 1891), se stal členem Akademie r. 1863 a jejím prezidentem byl zvolen v roce 1878. Dodejme pro úplnost, že i syn Henriho Becquerela Jean Becquerel (1878–1953) byl fyzikem a členem francouzské Akademie se stal v roce 1946.

V následujících dnech po 20. lednu 1896 se H. Becquerel pokoušel ověřit, zda fosforeskující a fluoreskující látky nevyzařují také paprsky, které popsal Roentgen. Zjistil při tom, zřejmě náhodou, že soli uranu vysílají záření působící zčernání fotografické desky, i když jsou umístěny po dlouhou dobu ve tmě, a že toto záření působí přes daleko silnější obaly než paprsky X. Znamenalo to, že toto nově objevené záření nemá nic společného s fluorescencí. Svůj objev H. Becquerel zveřejnil 24. 2. 1896 a během března dokázal experimenty s jednoduchým lístkovým elektroskopem, že objevené záření je schopno ionizovat vzduch. V letech 1896–1903 zveřejnil Becquerel v *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* dvacet tři sdělení zabývajících se novým objevem.

V roce 1897 se neznámým zářením zabývala i Marie Curie-Sklodowska (1867 až 1934) společně se svým manželem Pierrem Curie (1859–1906). Při zkoumání různých minerálů ze sbírek pařížských muzeí dochází k závěru, že musí existovat prvky, které září daleko více než uran. Podaří se jí vyvinout vhodné radiochemické metody a v roce 1898 jsou už známy nové radioaktivní prvky polonium a radium, izolované ze smolince. Dodávky dalšího smolince pak zprostředkoval Curieovým rakouský geolog Suess z českého Jáchymova.

Už v roce 1897 se podařilo Ernestu Rutherfordovi (1871–1937) rozlišit dva druhy radioaktivního záření, paprsky alfa, které bylo možno snadno odstínit, a pronikavější paprsky beta. Částice beta byly brzy identifikovány jako elektrony. Důkaz, že částice alfa jsou jádra helia, podal Rutherford společně s Tomasem Roydsem v roce 1909 a dokázali tak zároveň, že jeden prvek, helium, vzniká z jiného prvku. Mezitím v roce 1900 objevil Paul Villard záření, na které nepůsobilo ani elektrické, ani magnetické pole — záření gama a ještě o rok dříve (1899) dokázali Julius Elster (1854–1920) a Hans Friedrich Geitel (1855–1923), že radioaktivita jednotlivých látek klesá exponenciálně.

Tak během několika málo let byla objevena základní experimentální fakta popisující nový jev — radioaktivitu. V roce 1903 obdržel H. Becquerel spolu s manželi Curieovými za svůj objev Nobelovu cenu a v roce 1908 byl, stejně jako jeho děd a otec, zvolen prezidentem Akademie.

Je zajímavé, že manželé Curieovi byli od počátku populárnější než H. Becquerel. Jednotka aktivity, odvozená od aktivity 1 g ^{226}Ra (Brusel 1910), byla nazvána 1 curie a jméno Curie dostala i jedna francouzská ponorka bojující za první světové války ve Středomoří. Ponorka Curie však neměla štěstí, byla u Puly zajata a dokonce zařazena do rakouského loďstva. V souvislosti se zaváděním soustavy SI byla za jednotku aktivity vzata reciproká sekunda a označena jako 1 becquerel, 1 Bq (1980). Platí, že $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

Aktivita 1 Bq je poměrně malá a v praxi se setkáváme častěji s násobky této jednotky.

Např. jenom aktivita draslíku ^{40}K v lidském těle se pohybuje v řádech kBq. Radioaktivní draslík ^{40}K se vyskytuje v přírodě ve směsi se stabilními nuklidy. Hmotnostní aktivita draslíku je 29,6 Bq/g. Poločas přeměny ^{40}K je $1,2 \times 10^9$ let. Tělo člověka obsahuje cca 2 g draslíku na každý kg hmotnosti, převážně ve svalch. Váží-li průměrný člověk 70 kg, obsahuje jeho tělo cca 140 g draslíku, jehož aktivita je pak více než 4 kBq. Jiný radionuklid obsažený v tkáních lidského těla je ^{14}C . Vzniká v atmosféře působením kosmického záření z atomů stabilního dusíku ^{14}N . Poločas přeměny radionuklidu ^{14}C je 5730 let. Nuklid ^{14}C existuje v rovnovážné koncentraci v uhlíku ve všech živých organismech. Jeho aktivita je 0,277 Bq na každý g uhlíku v organismu. Po odumření organismu se rovnováha nezachovává a aktivita uhlíku se zmenšuje rychlostí, která je dána poločasem přeměny. Tuto skutečnost je možno využít k tzv. radioaktivnímu datování organických látek.

Radionuklidy jsou obsaženy i v zemské kůře, v jednotlivých horninách a minerálech. Kromě již zmiňovaného draslíku je v zemské kůře přítomen uran a jeho dceřiné produkty, thorium a jeho dceřiné produkty a v menší míře další radioaktivní nuklidy, např. ^{87}Rb . Aktivita jednotlivých hornin a minerálů se natolik liší, že lze ze změřené aktivity jednotlivé typy hornin určovat. Tato skutečnost se používá např. při tzv. karotážních měřeních v geologických vrtech, kde měříme aktivitu hornin v okolí vrtu. Nejmenší aktivitu mají vápence a jiné usazené horniny, cca desítky Bq na kg. Vyvřelé horniny, např. žula, mají aktivitu stovky Bq. Největší koncentrace radioaktivních minerálů v povrchové vrstvě půdy byly nalezeny v oblastech tzv. monazitových písků v Indii ve státě Kerala, v Brazílii ve státech Espirito Santos a Rio de Janeiro a ve Vietnamu.

S měřením obsahu radionuklidů v horninách souvisí i snaha, aby ve stavebních materiálech byl obsah radioaktivních prvků co nejnižší. V ČR platí v současné době vyhláška [1] limitující jednak obsah radionuklidů ve stavebních materiálech, jednak i objemovou aktivitu radonu ^{222}Rn v místnostech.

^{222}Rn je radioaktivní plyn vznikající jako dceřiný produkt jednoho z členů uranové řady, ^{226}Ra . Jeho poločas přeměny je 3,82 dne. Jeho dceřiné produkty ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po a další se mohou usazovat v plicích, a protože jsou radioaktivní, ozařují pak plicní epitel. Koncentrace radonu v ovzduší jsou poměrně nízké, jednotky Bq na m^3 , v uzavřených prostorách však může koncentrace radonu dosáhnout hodnot stovek Bq, v extrémních případech i více. ^{222}Rn se do budov dostává jednak z podloží, ze stavebních materiálů obsahujících členy uranové řady a v menší míře i z vody, pokud voda ^{222}Rn obsahuje. Vyhláška [1] požaduje, aby v obytných místnostech byla ekvivalentní objemová aktivita ^{222}Rn menší než 200 Bq/ m^3 .

Další zdroj záření, kterému je člověk na Zemi vystaven, je kosmické záření. Zmiňovali jsme se o něm v souvislosti se vznikem radioaktivního uhlíku ^{14}C . Jde o záření, které dopadá na zemský povrch z vesmíru, interaguje se zemskou atmosférou, kde vytváří tzv. sekundární složku kosmického záření. Primární kosmické záření má dvě složky, část přicházející ze slunce, tzv. solární složku, a část přicházející ze vzdálenějšího okolí naší soustavy, tzv. galaktickou složku, která může mít původ i mimo naši galaxii.

Jak záření pocházející z radionuklidů v lidském organismu, tak záření ze zemského povrchu včetně radonu a jeho dceřiných produktů a kosmické záření přispívají

k přírodnímu pozadí populace. Nejvýznamnější je příspěvek radonu a jeho dceřiných produktů.

K ozáření populace přispívají i umělé zdroje ionizujícího záření. Jak záření X objevené W. C. Roentgenem, tak radioaktivita objevená H. Becquerelem našly uplatnění v celé řadě oborů, z nichž největší příspěvek k ozáření populace s sebou přinášejí aplikace v medicíně. Pokusíme-li se seřadit jednotlivé příspěvky podle významu, představuje přírodní pozadí cca 77 % průměrné zátěže populace. Rn a jeho dceřiné produkty přispívají 42 %, záření gama ze zemského povrchu 15 %, kosmické záření 13 % a radionuklidy obsažené v lidském těle 7 %. Z 23 % zátěže z umělých zdrojů připadá více než 20 % na lékařské expozice [2]. Na zbytku se podílí vliv spadu z testů jaderných zbraní, který je i v současné době ve střední Evropě závažnější než vliv Černobylské havárie, jaderná energetika a další aplikace. Přesná čísla samozřejmě závisí na řadě faktorů. Např. na zeměpisné poloze a nadmořské výšce závisí příspěvek kosmického a terestriálního záření.

Objev radioaktivity znamenal novou etapu v rozvoji přírodních věd. Změnil se nejen pohled na vznik a vývoj vesmíru, ale i na možnosti lidstva na Zemi. Čteme-li dnes celkem opatrně formulované konstatování o podobnosti nově objeveného záření se zářením objeveným Roentgenem [3], které se považuje za formulaci objevu radioaktivity, stěží si uvědomujeme celý jeho dosah. Jeho význam jsme dosud nedokázali docenit.

Možnosti, které využití radioaktivity poskytuje, se uplatňují ve většině přírodovědeckých a technických oborů, i když si to často ani neuvědomujeme, jako v případě analýzy marťanského povrchu.

Medicína využívá radionuklidů k nejrůznějším diagnostickým i terapeutickým metodám. Již název jednoho z oborů — nukleární medicína označuje metody, na kterých je tento obor založen. Jaderné reaktory se v současné době používají k výrobě elektrické energie v 32 zemích světa. Pokrývají v nich více než 28 % spotřeby elektrické energie. Na prvním místě je Francie se 76 % elektrické energie vyrobené v JE [4]. Biologie, chemie, geologie i např. archeologie (datování) a další obory využívají vlastnost některých atomů přeměňovat se na jiné atomy.

Možnosti mírového využití objevu radioaktivity se již více než před 30 lety pokusil shrnout ve své knize „Lidé a radioaktivita“ náš přední badatel v tomto oboru a žák M. Curie prof. František Běhounek [5]. Jeho kniha zůstává podnes zajímavým svědectvím o perspektivách oboru, který letos slaví své výročí.

Lidstvu však stačilo jen padesát let od objevení radioaktivity ke konstrukci a použití jaderné bomby. Doufejme, že příští historikové, kteří budou jednou hodnotit první století po objevu radioaktivity, budou milosrdní a budou mít možnost být milosrdní.

L i t e r a t u r a

- [1] Vyhláška min. zdravot. č. 76, 1991.
- [2] UNCEAR Report: Sources and Effects of Ionizing Radiation, 1993.
- [3] BECQUEREL H.: Compt. Rend. CXXII (1896), 501–503.
- [4] <http://www.iaea.or.at/worldatom>
- [5] FRANTIŠEK BĚHOUNEK: *Lidé a radioaktivita*. Nakl. ČSAV Praha, 1960.