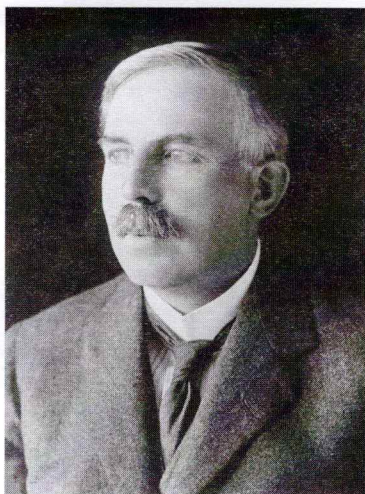


Ernest Rutherford (1871–1937) – otevřel cestu do nitra atomu

František Jáchim, Základní škola Dukelská, Strakonice

Abstrakt. V článku je uvedena základní experimentální metodika novozélandského fyzika Ernesta Rutherforda vedoucí k jeho objevu jádra atomu. Text je doplněn stručným životopisem vědce včetně jeho působení na významných fyzikálních pracovištích.

Cesta do nitra hmoty může být stejně dobrodružná jako putování do dalekých krajín pozemských nebo odhalování tajemství končin vesmírných. Slovo atom je starořeckého původu, jím byla označovaná nejmenší možná částice látky, kterou údajně již dále nelze dělit. Teprve na počátku 20. století se fyzikům podařilo do nitra této částice nahlédnout a popřít její elementárnost. Jejich zájem o zkoumání atomu podnítil především objev přirozené radioaktivity roku 1896 Antoinem Henrim Becquerelem (1852–1908). Rozhodující práci při poznávání nitra atomu odvedl Novozélanďan Ernest Rutherford (obr. 1).



Obr. 1: Ernest Rutherford (1871–1937)

Z Nového Zélandu do Anglie

Titulek této části článku tentokrát nevěští cestopis. Ve zkratce pouze uvádí pojednání o studijních začátcích jednoho z nejvýznamnějších fyziků v oblasti zkoumání stavby atomu. Budoucí nositel Nobelovy ceny Ernest Rutherford se narodil na novozélandské vesnici Spring Grove, kterou bychom jako turisté na severu Jižního ostrova sotva hledali. Jisté spojení rodiny s Evropou tu ale bylo. Ernestův děda totiž pocházel ze Skotska a od roku 1843 žil s rodinou právě v této novozélandské zapomenuté vesnici. Ernestovi rodiče – James a Martha – farmařili, přičemž matka se přitom vzdala svého učitelského povolání, neboť starost o rodinu, do níž se po čtvrtém Ernestovi narodilo ještě osm dětí, ji zcela zaměstnávala.

Ernest se už v základní škole projevoval jako bystrý a zvědavý chlapec. Jeho způsob hraní spočíval v tom, že si hračky vyráběl, upravoval a technicky zdokonaloval. Svoji fantazii rozvíjel bohatou četbou. Nebyt poskytnutého stipendia, nikdy by nemohl nastoupit na chlapeckou střední školu v Nelsonu, která byla pro další orientaci jeho studia rozhodující. Tam byl totiž vynikajícím žákem především v matematice a dobré jméno školy šířil i jako hráč ragby.



Obr. 2: Ernest Rutherford jako školák, památník v Brightwateru (Nový Zéland)

Budoucí významný fyzik ve svých školních letech nadále rozvíjel různé technické zájmy – rád zkoumal různé mechanismy, občas si některý vyrobil, upravil nebo nenávratně rozebral. A protože pomůcek kolem nebylo mnoho, řadu z nich si sám zhotovoval. Svůj důmysl dokázal uplatnit v konstrukční jednoduchosti. Dále uvidíme, jak byly později i jeho stěžejní pokusy prováděny s neuvěřitelně jednoduchými prostředky.¹⁾

Z důvodu nedostatku peněz v rodině se o přijetí na univerzitu ucházel opět prostřednictvím stipendia, což se mu podařilo až napodruhé. Na mladé University of New Zealand byl teprve 338. studentem. V roce 1892 ukončil bakalářské studium a jako pocty se mu dostalo opět stipendia – tentokrát jediného pro celý Nový Zéland – určeného k podpoře dalšího studia matematiky a fyziky. K metodice vědecké práce ho na univerzitě dovedli vděčně jím vzpomínaní profesori chemie A. Bickerton a matematiky Ch. Cook. Když Rutherford poznal, co věda obnáší a jak se v ní postupuje, začal provádět pokusy s elektromagnetickými vlnami, na konci 19. století velmi atraktivní a tajemnou oblastí fyziky. Zde již plně uplatnil kromě nápaditosti i své vlastnosti, jakými byly preciznost, přesnost, trpělivost a důslednost. Když v roce 1894 ukončil univerzitní studia prací na tomto tématu, věděl o elektromagnetických vlnách prakticky všechno to, co objevili v Evropě Rus Alexandr Stepanovič Popov (1859–1906) a Ital Guglielmo Marconi (1874–1937). Jak už to ve vědě v této době bývalo, žádný z této trojice o pracích ostatních dvou nevěděl. Na základě publikovaných článků a také z důvodu nemožnosti nalézt na Novém Zélandu odpovídající práci, si Rutherford zažádal o anglické stipendium založené roku 1851 princem Albertem. Mezi zájemci byl druhý, takže zklamán, ale když vítězný stipendista James MacLaurin odstoupil, mohl do Cambridge opravdu jet.

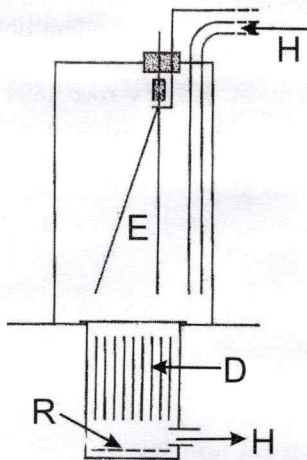
Co to je radioaktivní záření alfa

V roce 1894 nastoupil do Cavendishovy laboratoře v Cambridge vedené tehdy Josephem Johnem Thomsonem (1856–1940). Práci laboratoře nemohly minout takové oblasti zkoumání, jakými byly výboje v plynech v trubicích za vysokého napětí. Z pokusů, ke kterým byl přizván, vzešel roku 1897 Thomsonův objev elektronu, první známé atomární částice. Velmi zručný Rutherford si brzy osvojil dostupné experimentální techniky a při pokusech začíná jít vlastní cestou. Zkoumáním nevidi-

¹⁾ Později už jako významný vědec s humorem poznamenával, že „pokusy lze dělat jen za pomoci provázku a pečetního vosku“.

telného záření vydávaného uranovými rudami odhalil jeho dvě složky, lišící se pronikavostí. Měkčí záření, tzn. méně pronikavé, avšak se silně ionizačními účinky, nazval α , pronikavější záření s malými ionizačními účinky pojmenoval β . Zatímco β záření bylo identifikováno jako proud elektronů, podstata záření α zůstávala tajemná.

Rutherfordovy pokusy odhalující toto tajemno zde popíšeme trochu podrobněji, a to proto, abychom čtenáři ukázali, že i při jejich jednoduchosti (která ovšem vyžadovala rozhodující nápad) se jimi podařil zásadní objev. K nabitému elektroskopu E na obr. 3 přivedl přes silné magnetické pole mezi rovnoběžnými deskami D záření α z radioaktivní soli R. Pro vyloučení ionizace v prostoru elektroskopu bylo zařízení profukováno vodíkem (H). Na horních koncích desek Rutherford střídavě překrýval pravé a levé poloviny mezer a z poklesu výchylek elektroskopu usoudil, že záření jsou ionizované atomy dvakrát těžší než atomy vodíku.



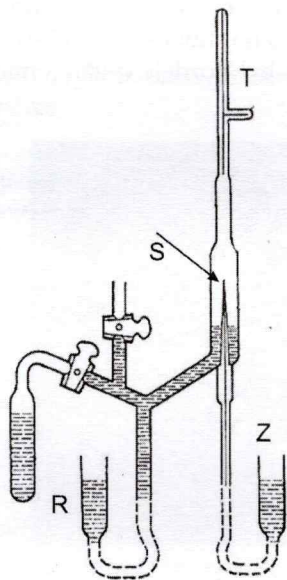
Obr. 3: Schéma aparatury ke zkoumání záření alfa

Důkaz, že jde o ionty hélia, provedl pokusem, pro který navrhl jinou aparaturu podle obr. 4.

V části Z byl umístěn zdroj záření (radiová emanace). To pronikalo tenkostěnnou trubičkou S (její stěny měly tloušťku $0,01 \text{ mm}$)²⁾ do prostoru zesponu uzavřeného rtutí napouštěnou ze zásobníku R. Částice α

²⁾ Je nutno zmínit neobyčejnou zručnost skláře Otto Baumbacha, který celé zařízení pro Rutherforda vyrobil.

pronikly až do výbojové trubice T, kde při vysokém napětí došlo k výboji a pozorovatelnému svitu jejího obsahu. Spektrum tohoto záření bylo zaznamenáno. Rutherford pak provedl obdobný pokus, jen místo zdroje α záření užil hélia. Opět získal spektrum světla při výboji. Porovná-
ním spekter zjistil jejich identitu, tudíž záření α bylo ionizované héliové, resp. tvořily ho kladné ionty hélia.³⁾



Obr. 4: Tímto zařízením Rutherford dokázal, že záření alfa jsou ionty hélia

Jak jsme již uvedli, Rutherford byl v Anglii na stipendijním pobytu a k jeho konci si hledal nějaké stabilní zaměstnání. Velmi vhod mu přišla nabídka z univerzity v Montrealu, jejíž zástupci hledali u J. J. Thomsona nějaké vhodné kandidáty na profesuru. Ačkoli Rutherfordův pobyt v Cambridgi byl velmi plodný, rozhodl se v roce 1898 přijmout nabídku McGillovy univerzity v Kanadě nabízející špičkově vybavenou laboratoř.

Po stopách radioaktivity

V MacDonaldově univerzitní laboratoři Rutherford se svým nejvýznamnějším spolupracovníkem Frederickem Soddy (1877–1966) zjis-

³⁾ Zde autor článku úmyslně vynechává pojem jádra atomu hélia, neboť k objevu jádra atomu Rutherford dospěl později.

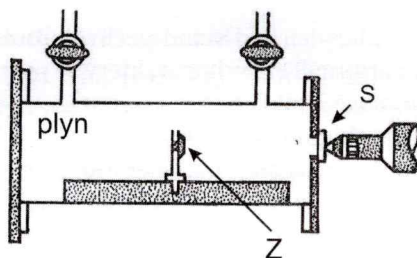
til, že radioaktivita je atomárním jevem, jehož podstatou je nestabilita atomů určitých prvků. Nalezl souvislost po sobě následujících rozpadů původního vzorku. Dnes se jim říká rozpadové řady, jejichž výsledkem je vždy stabilní, již nezářící prvek. Co bylo ale nejpodstatnějším zjištěním? Během samovolného rozpadu původního prvku došlo k jeho přeměně na prvek jiný. Vzpomeňme jen – toho přece chtěli dosáhnout před staletími alchymisté! Zajímavá také byla doba rozpadu – pro každý prvek jiná, ale – co bylo důležité – z konečného stavu se dalo zjistit, s jakým předstihem k rozpadu došlo. Poznaitek byl později využit v metodě radioaktivního datování.



Obr. 5: Pamětní reliéf na chodbě MacDonaldovy laboratoře na McGillově univerzitě v Montrealu

V době kanadského působení se E. Rutherfordovi dostává postupně významnějších ocenění. Roku 1903 je zvolen členem londýnské Royal Society a následně dostává Rumfordovu medaili, udílenou každý sudý rok právě touto společností. Vrcholem uznání jeho práce je Nobelova cena za chemii (!) pro rok 1908 za „výzkum rozpadu prvků a chemii radioaktivních látek“. Zřejmě nejvýznamnější Rutherfordův objev se ale teprve odehraje, a to opět v Evropě. Uvítal nabídku od profesora Arthura Schustera na jím vybudovanou laboratoř vynikající úrovně na univerzitě v Manchesteru. V roce 1907 se tedy E. Rutherford stává profesorem tamní Viktoriiny univerzity.

I zde se zabýval dalšími vlastnostmi alfa částic. Podívejme se, k čemu ho dovedl následující – opět velmi jednoduchý – pokus (obr. 6).



Obr. 6: Schéma pokusu, kterým dokázal, že částice alfa dokážou přeměnit atom dusíku na atom kyslíku

Ve válci s dusíkem, jehož tlak mohl měnit, byl umístěn zdroj záření α . V místě S bylo umístěné stínítko a ze strany ke zdroji záření bylo přikryto tenkou stříbrnou destičkou pohlcující větší část energie dopadajících částic. Záblesky (scintilace) na stínítku byly pozorovány mikroskopem. Když zvětšil tlak plynu, počet scintilací klesl, ale částice, které prolétly, měly větší energii. Z toho usoudil, že prolétnuvší částice nemohou mít původ v dusíku, nýbrž v jiném plynném prvku – ukázalo se, že jde o kyslík. Tím dokázal, že záření α dokáže přeměnit jeden prvek v jiný. Předpověděl, že patrně dojde k objevu prvků stojících v periodické tabulce za uranem.⁴⁾

Objev atomového jádra

Podle J. J. Thomsona měl atom tvar koule o průměru řádu 10^{-10} metru, v níž byly rovnoměrně promíchané kladné a záporné částice. Takový model s drobnými elektrony mezi většími a těžšími kladnými částicemi dostal příhodný název pudíngový podle chutného dezertu s promíchanými rozinkami.

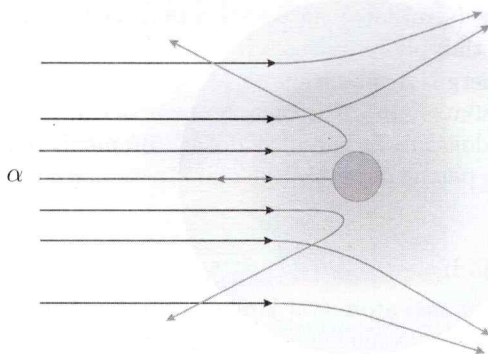
Po zkušenostech z Kanady, kde sledoval průchod alfa částic plyny, zamýšlel Rutherford užít stejnou metodu na pevné látky. Zpočátku to nemuselo být ani nijak zajímavé, neboť se očekávalo, že záření α látkami projde, patrně zeslabené, nebo při silnější překážce jimi bude zcela pohlceno. Pokud atomy vypadají, jak si představoval J. J. Thomson, mělo tomu tak být. V Manchesteru měl Rutherford dva vynikající spolupracovníky – Wilhelma Geigera (1882–1945) a šikovného studenta Ernesta Marsdena (1889–1970). Jelikož Geiger vyrobil přístroj detekující velmi

⁴⁾Když byl v roce 1964 izolován nestabilní prvek s atomovým číslem 104, byl nazván rutherfordium.

slabé ionizační zařízení a Marsden rád velmi pečlivě prováděl nejrůznější pokusy, Rutherford jim připravil experiment, který se později ukázal jako základní pro rozvoj atomové fyziky.

Na kovové fólie ze zlata, hliníku a jiných látek, tenké až 4 desetitisíciny milimetru (tedy několik vrstev atomů) byl směřován proud částic α a dále měl být sledován jejich průchod látkou. Velice překvapivé však bylo, že většina částic prošla bez změny směru, avšak našly se i takové, které se odchylovaly o velký úhel a dokonce některé odražené zpět (obr. 7).

Rutherford si uvědomil, že překvapivý výsledek pokusu svědčí o zcela jiném uspořádání vnitřku atomu: Téměř veškerá kladná hmota je soustředěna v jeho středu (zavedl název jádro) a zbylý atomární prostor vyplňují lehké elektrony obíhající kolem jádra. Ve fyzice se model ustálil pod názvem planetární pro svoji miniaturní podobnost se sluneční soustavou.

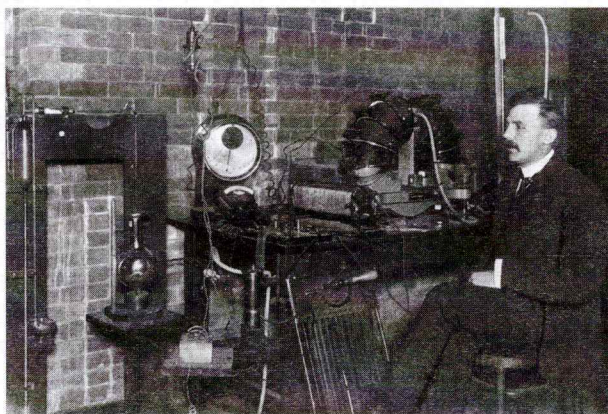


Obr. 7: Pokus vedoucí k objevu atomového jádra

Odvození vzorce pro rozptyl paprsků dopadajících na atom Rutherford přednesl roku 1911 na zasedání Manchesterské literární a filozofické společnosti. V roce 1914 pak doplňuje průměr jádra v závislosti na atomovém čísle prvku. Ukázalo se, že hmotnost těchto jader je přibližně dvojnásobná, než by odpovídalo počtu kladných jader vodíku. K vysvětlení této zvláštnosti došlo o mnoho let později. Když Rutherford přešel v roce 1919 na místo ředitele Cavendishovy laboratoře (po J. J. Thomsonovi), měl jako svého zástupce mladého fyzika Jamese Chadwicka (1891–1974). A právě Chadwick v roce 1932 další „průzkum atomu“ na čas završil objevem elektricky neutrální částice – neutronu. Následovala pro něj Nobelova cena za rok 1935.

Ředitelem Cavendishovy laboratoře

Vraťme se ještě do roku 1919, kdy E. Rutherford nastoupil na místo ředitele Cavendishovy laboratoře. Stalo se tak po odchodu J. J. Thomsona, zvoleného v roce 1918 do čela Trinity College cambridžské univerzity. Rutherford měl obavy, že J. J. Thomson si přece jen vymění určitý vliv na toto špičkové pracoviště, ale když Rutherforda přátelsky ujistil, že „bude mít volné ruce pro jakýkoli záměr“, Rutherford jako hlavní program stanovil zkoumání atomů. Podařilo se mu získat dva vynikající spolupracovníky – doktorandy Johna Douglase Cockrofta (1897–1967) a Thomase Sintona Waltona (1903–1995), kteří se „blýskli“ sestavením prvního lineárního urychlovače částic. Urychlené protony svojí zvětšenou energií dokázaly rozštěpit jádro lithia na dvě jádra hélia, přičemž se ještě uvolnila další energie. Tak se v Cavendishově laboratoři uskutečnila první umělá jaderná přeměna – jaderné štěpení.

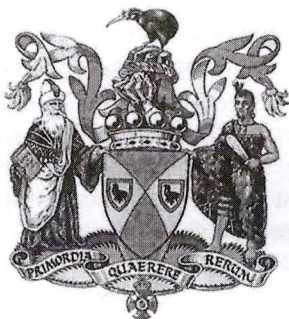


Obr. 8: Ernest Rutherford ve své laboratoři

Pocty

Nobelova cena již byla zmíněna výše. Rutherford obdržel také nejvyšší vyznamenání od Royal Society, kterým byla Copleyova medaile⁵⁾, Záslužný řád (Order of Merit) a povýšení do šlechtického stavu s titulem Baron Rutherford of Nelson. Zprávu o jeho udělení psal s úctou matce: „... Je to víc Tvoje zásluha než moje“.

⁵⁾ Udělovaná od roku 1731, do zavedení Nobelovy ceny nejvyšší vědecké vyznamenání.



Obr. 9: Rutherfordův šlechtický erb

K jeho blízkým spolupracovníkům a přátelům patřil i sovětský fyzik Pjotr Leondovič Kapica (1894–1984). Právě on nám podává o Rutherfordovi poslední svědectví. Deset dní před smrtí Rutherford psal Kapicovi: „...jsem rád, že mohu napsat, že fyzicky se cítím dobře, ale přál bych si, aby semestry nebyly tak únavné...“

Ernest Rutherford zemřel po nezdařené operaci kýly 19. října 1937. Jeho popel je uložen pod dlažbou katedrály Westminsterského opatství v Londýně.



Obr. 10: Pod touto deskou ve Westminsterském opatství v Londýně je uložen Rutherfordův popel

Literatura

- [1] Kapica, P. L.: Vzpomínky na lorda Rutherforda. *Čs. Čas. Fyz.*, A20 (1970), s. 59–65, s. 181–185.
- [2] Lacina, A.: Ernest Rutherford – Newton atomové fyziky. *Čs. Čas. Fyz.*, 62 (2012), s. 448–458.
- [3] Kapica, P. L.: *Experiment, teorie, praxe*. Mladá fronta, Praha, 1982.