## Objev atomového jádra

Skutečnou strukturu atomu však odhalily až pokusy anglického fyzika Ernesta Rutherforda (1871 - 1937, Nobelova cena za chemii za rok 1908), německého fyzika Hanse Geigera (též Johanese Geigera) (1882 - 1945) a E. Marsdena v roce 1911. V té době již byly známy radioaktivní látky, které uvolňují záření α a záření β. Rutherford ověřil, že záření α představují rychle letící kladně nabité částice. Jedná se o atomy helia zbavené elektronů, mají elektrický náboj $2e$ a hmotnost 7293krát větší než elektron.

Radioaktivní záření bylo v té době již prozkoumáno natolik, aby mohl Rutherford jeho vlastností využívat při svých experimentech. Experimenty, které umožnily určit základní vlastnosti radioaktivního záření, provedli francouzský fyziky A. H. Becquerel a Marie Curie Sklodowska se svým manželem Pierrem Curie.

Rutherfordovi podařilo nalézt způsob, jak tyto částice počítat pomocí záblesků, které vyvolávají při dopadu na stínítko pokryté sulfidem zinečnatým. Částice $\alpha$ poté využil Rutherford jako střely, kterými zkoumal atom. Nechal tyto částice pronikat zlatou fólií, kterou je možné vytepat na tenkou (jednoatomovou) tloušťku. Poté registroval částice na pohyblivém stínítku a studoval jejich rozptyl. Jako pohyblivé stínítko byl použit mikroskop, jehož objektiv byl tvořen destičkou s nanesenou vrstvou sulfidu zinečnatého.

Na obr. 4 je zobrazen experiment schématicky, na obr. 5 je pak jeho detailnější podoba.

Aparaturu experimentu (viz obr. 5) tvořil silný kovový válcový hrnec *B*, který obsahoval zdroj částic *R*, rozptylující fólii *F* a stínítko *S* ze sulfidu zinečnatého připevněné k mikroskopu *M*. Úzký svazek alfa částic z radonového zdroje *R* byl vymezen clonou *D* tak, aby dopadal kolmo na fólii *F*. Hrnec byl připevněn ke kruhové základové desce *A* se stupnicí, kterou se mohlo otáčet ve vzduchotěsném spoji *C*. Mikroskop a stínítko se otáčely s hrncem, zatímco rozptylující fólie a zdroj se nepohybovaly. Hrnec byl uzavřen skleněnou deskou *P* a mohl být vyčerpán trubicí *T*.

Otáčením desky *A* mohly být alfa částice rozptylované do různých směrů pozorovány na stínítku ze sulfidu zinečnatého. Pozorování se konala v intervalu úhlů rozptylu od $5°$ do $150°$ na stříbrné a zlaté fólii. Byly provedeny dvě sady měření, první v rozmezí úhlů od $15°$ do $150°$ a druhá od $5°$ do $30°$.

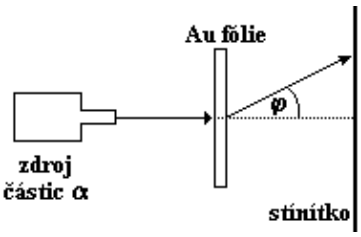
Je-li kladný náboj rozprostřen v celém atomu rovnoměrně, jak předpokládá Thomsonův model atomu, pak částice α prolétávající středem atomu se nebudou odchylovat vůbec od původního směru a částice prolétávající dále od středu se budou odchylovat jen mírně (maximálně o úhel $1°-2°$). Elektrony v atomech zlata, které mají ve srovnání s α částicemi výrazně menší hmotnost, totiž nemohou trajektorii těžkých α částic (jádro hélia) znatelně ovlivnit.

Narazí-li těžká α částice do elektronu, který má výrazně menší hmotnost, pak částice α elektron „odhodí“, ale její trajektorie se příliš nezmění.

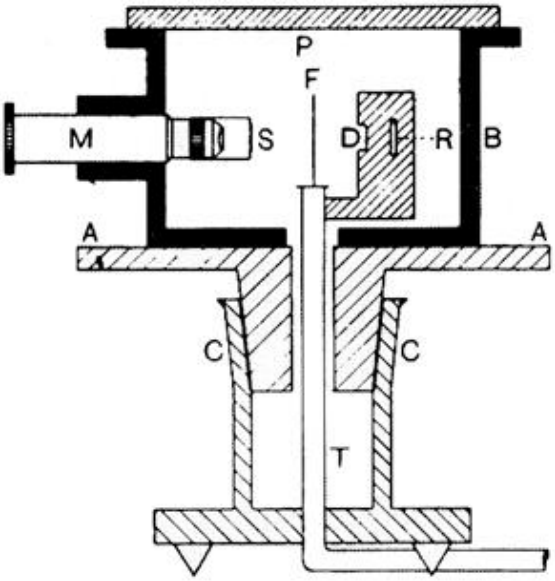
Analogickou situaci známe z praxe, když rychle jedoucí automobil narazí do dopravního kuželu (kterým je např. zakázán vjezd na část vozovky): rychlost a trajektorie automobilu se viditelně nezmění, zatímco kužel je odhozen několik metrů daleko.

Experiment však ukázal něco zcela nečekaného. Odchylky byly podstatně větší, některé částice se dokonce vychýlily o úhel blízký $180°$, tj. odrážely se zpět.

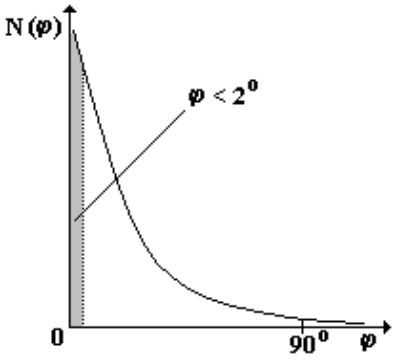
Názorně tuto situaci zobrazuje graf na obr. 6. Veličina $N(\varphi)$ popisuje počet částic, které se vychýlily z původního směru o úhel $\varphi$. Teoreticky očekávaná odchylka $1°-2°$ odpovídá největšímu počtu částic, ale jsou částice, které se vychylují pod úhlem větším než $90°$.




Obr. 4




Obr. 5




Obr. 6

Výsledek experimentu bylo možné vysvětlit pouze tak, že celý kladný náboj a téměř celá hmota atomu jsou soustředěny v nesmírně malé centrální oblasti - v atomovém jádře. Rutherford odvodil vzorec pro rozptyl částic α na jádře a určil odtud jeho rozměr řádově na $10^{-15}-10^{-14}\,\mathrm{m}$ zatímco rozměr celého atomu je řádově $10^{-10}\,\mathrm{m}$. Znamená to tedy, že atom je v podstatě prázdný prostor, v němž se pohybuje několik (desítek) elektronů (v tzv. elektronovém obalu) a v jeho středu je nepatrné, ale velmi těžké jádro.

Představíme-li si atomové jádro jako kuličku o poloměru 1 centimetr (větší kulička hroznového vína, menší hopík, ...), pak celý atom bude mít poloměr $10^5$ krát větší, tj. $10^5\,\mathrm{cm}=1\mathrm{km}$. A v tomhle prostoru se bude kolem atomového jádra pohybovat nejvýše 100 elektronů, jejichž poloměr bude cca 1000krát menší než poloměr atomového jádra. Ve zvoleném měřítku to budou sotva viditelná zrnka prachu!

To znamená, že atomy (a tedy i objekty z nich složené - věci, zvířata, lidé, ...) jsou velmi prázdné!

**ATOM SE SKLÁDÁ Z MALÉHO KLADNĚ NABITÉHO JÁDRA, V NĚMŽ JE SOUSTŘEDĚNA TÉMĚŘ CELÁ HMOTNOST ATOMU A Z ELEKTRONOVÉHO OBALU. KLADNÝ NÁBOJ JÁDRA $Ze$ A ZÁPORNÝ NÁBOJ OBALU $-Ze$ SE VZÁJEMNĚ VYROVNÁVAJÍ; ATOM JE TEDY ELEKTRICKY NEUTRÁLNÍ.**

Detailnější a přesnější popis tohoto experimentu lze provést pomocí tzv. Binetova vzorce, pomocí nějž lze odvodit i tzv. Rutherfordův vztah pro rozptyl.

Rutherfordova metoda sondování mikroobjektů pomocí rychle letících částic je od té doby ve fyzice částic používána univerzálně. Nejen na složení určitých objektů, ale i na jejich vlastnosti jaderní fyzikové usuzují na základě interakcí vybraného objektu s jinými objekty.

Typicky takový výzkum probíhá tak, že se zkoumaný objekt použije jako terč, do kterého narážejí rychle letící částice. Po srážce vzniknou jiné částice a na základě jejich velikosti rychlosti, energie, náboje, ... lze usuzovat na průběh srážky a vlastnosti zkoumaného objektu. Ve většině případů se zkoumaný objekt tímto způsobem zničí.

Přitom s rostoucí energii nalétávajících částic jsme schopné o zkoumaném objektu říci více

informací.

Tato metoda zkoumání má svou analogii i v makrosvětě. Pokud budeme chtít zjistit, z čeho je složen mobilní telefon, tak ho zkusíme otevřít (např. šroubovákem). Energie vynaložená na šroubování ale nebude jistě dostatečná (telefony bývají „zalisované“). Tak zkusíme pustit mobil ze stolu na podlahu. Možná se z něj kousek odštípne. Když ho na podlahu hodíme, odlétne možná i kryt mobilu (víme už něco víc). Když ho hodíme z pátého patra budovy, uvidíme ve šrotu, který z mobilu zbude, i tištěné spoje, kondenzátory, ... Ovšem telefon v tomto stavu už nebude pravděpodobně fungovat.

Zjistili jsme tedy z čeho je mobil složen, můžeme proto říci něco o principech jeho fungování, o tom jak byl vyroben, ..., ale mobil už nefunguje.

Na základě svého objevu dospěl Rutherford k modelu atomu, který si představoval podobně jako Sluneční soustavu. Roli Slunce zde hrálo jádro, kolem něhož obíhaly elektrony podobně tak, jako obíhají planety kolem Slunce. Tomuto modelu se říká **Rutherfordův model atomu** (též **planetární model atomu**). Elektron se v něm pohybuje po kruhových trajektoriích pod vlivem dostředivé síly, která je zde realizována elektrostatickou silou působící mezi záporně nabitým elektronem a kladně nabitým jádrem atomu.

Matematický popis je analogický s popisem, který později prováděl Niels Henrik David Bohr (1885 - 1962). Rozdíl je pouze v tom, že v případě Bohrova modelu atomu se elektrony nacházejí pouze na určitých trajektoriích, zatímco v případě Rutherfordova modelu se mohou nacházet na kružnici s libovolným poloměrem (v libovolné vzdálenosti od jádra).

Elektrony se ovšem pohybují po zakřivených trajektoriích, a proto se pohybují se zrychlením.

I kdyby velikost rychlosti jejich pohybu byla konstantní, mění se směr rychlosti - elektron má tedy nenulové dostředivé zrychlení (obecně normálové zrychlení).

Při takovém typu pohybu nabitá částice vyzařuje elektromagnetické záření, které vzniká na úkor energie dané částice. Proto energie elektronu způsobí zmenšení velikosti jeho rychlosti a tedy přiblížení k jádru atomu (vlivem elektrostatické síly). Během řádově $10^{-16}\ s$ tak elektron spadne na jádro a zanikne. To ale znamená, že takový atom by byl značně nestabilní. Rutherfordův model tedy nedopovídá skutečnosti, protože atomy (a objekty z nich složené) jsou útvary stabilní.

Lepším modelem je Bohrův model atomu.

---

**© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička**
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.