

Vybíráme z knihy Čestmíra Šimáně – „Život mezi atomy aneb jak to vše u nás i jinde začínalo

Loňské setkání s profesorem Čestmírem Šimáně mě i kolegu Norberta Tušu, který byl rozhovoru taktéž přítomen, inspirovalo k myšlence věnovat se dílu a práci tohoto zakladatele české jaderné energetiky obsírněji. A začněme nejdříve od základu a to tím, co podle pana profesora stálo za rozvojem jaderné energetiky – čili o objevu radioaktivity a štěpení uranového jádra (jde o výběr z knihy *Život mezi atomy*, kterou vydalo ÚJV ŘEZ nejen k 90. narozeninám pana profesora, ale i k 50. výročí založení ústavu).

Jaderná fyzika je vědou dvacátého století, i když za její počátek je možno pokládat objev přirozené radioaktivity uranových solí Henri Bequerelem v roce 1896. Tento objev a další objevy nových radioaktivních prvků manželzy Marii a Pierrem Curieovými prokázaly, že některé v přírodě existující prvky mohou samovolně přecházet jeden v druhý za emise záření gama, beta a alfa. Gama je záření elektromagnetického charakteru, stejného jako rentgenové záření. Záření beta je tvořeno proudem částic beta, ztotožněných s tehdy již známými elektrony. Teprve po objevu atomového jádra bylo možno záření alfa tvořené částicemi alfa ztotožnit s proudem jader prvku helia. Studiem radioaktivity byla zjištěna pravidla, kterými se přechody jednoho prvku v druhý řídí, zda tyto přechody jsou doprovázeny emisí částic beta nebo alfa, byl objeven rozpadový zákon, zjištěny tři radioaktivní řady počínající uranem, jejichž členy přecházejí postupně jeden v druhý. Rovněž pro řadu radioaktivních prvků byla změřena rozpadová konstanta, na které závisí rychlost přechodu jednoho prvku v druhý. Už tenkrát bylo experimentálně zjištěno, že tuto rychlost nelze žádnými vnějšími zásahy změnit, že rozpadová konstanta je konstantou v absolutním slova smyslu, podle níž lze dokonce identifikovat člen rozpadové řady. To vše v období, kdy atomové jádro ještě nebylo objeveno.

K registraci záření bylo možné použít fotografických emulzí, v nichž působením záření docházelo k exponování podobně, jako při jejich ozařování viditelným světlem nebo rentgenovým zářením. Tento druh registrace tenkrát ještě neumožňoval rozlišovat v emulsi stopy drah jednotlivých částic. K měření ionizace vzduchu, ke které dochází průletem elektronu nebo částic alfa (v případě záření gama elektronů uvolňovaných při interakci tohoto záření z elektronového obalu atomu) bylo běžně používáno vláknových nebo kvadrantových elektrometrů. Tímto způsobem byla měřena intenzita záření a je s podivem, jakých výsledků dosahovali tehdejší fyzikové s těmito, z dnešního pohledu archaickými a mnohým dnešním fyzikům zcela neznámými přístroji, výsledků, k nimž je dnes používáno špičkové elektroniky.

V pracích tehdejšího období se pojem atomového jádra vůbec nevyskytuje. Od roku 1904 převládala o atomu představa J. J. Thomsona, podle které měl být atom koulí spojitě vyplněnou kladně nabitou substancí, ve které plavou záporně nabitě elektrony. Celkový náboj kladné substance se musel rovnat celkovému náboji všech elektronů,



Profesor Čestmír Šimáně

aby bylo dosaženo elektrické neutrality atomu navenek. V roce 1911 však zveřejnil Ernest Rutherford výsledky studií rozptylu částic alfa při průchodu tenkou zlatou folií, provedených z jeho popudu Marsdenem. Na těchto výsledcích ohromil fakt, že některé z částic alfa se odrážejí pod velkými úhly jakoby od velmi těžkého, kladně nabitého centra o průměru okolo 10^{-12} cm, více než desetitisíckrát menšího než průměr atomu zlata. V tomto malém objemu je pak soustředěna veškerá hmota i kladný náboj atomu. Toto hmotné a nábojové centrum bylo nazváno jádrem a teprve od tohoto okamžiku můžeme plným právem hovořit o jaderné fyzice.

K tomuto převratnému objevu Rutherfordovi a jeho spolupracovníkovi stačil slabý, přirozeně radioaktivní preparát emitující částice alfa, tenká zlatá folie a tak zvaný spinthariskop. Toto velmi jednoduché zařízení sestává ze stínítka pokrytého simikem zinečnatým, tenkrát nazývaným Sidotovým blejnem. Částice alfa při dopadu na stínítko vyvolá světelný záblesk pozorovatelný ve tmě mikroskopem, poté co oko pozorovatele si odpočine od denního světla. Takovým způsobem lze dobře určit místo dopadu částice alfa. Spojnice místa dopadu částice alfa na zlatou folii a místa na stínítku, na kterém se objevil světelný záblesk (scintilace) určuje směr, kterým se částice po rozptylu pohybuje, a tedy i úhel, na který se částice alfa při

průchodu zlatou folií odklonila. Na velké úhly se může částice alfa odklonit jen tehdy, jestliže se srazí s částicí se srovnatelnou velikostí a podstatně větší hmotností. Z pravděpodobnosti, s jakou k takovým velkým odklonům dochází, to jest z poměru počtu velkých odklonů k odklonům na velmi malé úhly, lze pak vypočítat, jak velká je částice alfa i objekt, od kterého se odráží. Když Rutherford měření rozptylu částic alfa na zlatých foliích Marsdenovi zadával, netušil, k jak převratnému objevu tento jednoduchý experiment povede. Je to podobné, jako by se někdo snažil určit rozměry brankáře ve fotbalové brance z poměru počtu zásahů do jeho těla k poměru počtu se zavázanými očima vystřelených míčů, které jej minuly, a těch, které jej zasáhly a odrazily se pod velkým úhlem. Pouze geniální vědec, jakým byl Rutherford, mohl takový experiment správně interpretovat a matematicko-fyzikálně vyhodnotit.

Objev atomového jádra radikálně změnil představy o stavbě atomu. Model J. J. Thomsona byl nadále neudržitelným. Podle nové představy prakticky celá hmotnost atomu byla soustředěna v jeho jádru, protože každý elektron v jeho obalu má hmotnost $1/1837$ × menší než kolik činí hmotnost protonu, jádra nejllehčího prvku na zemi – vodíku. Chemická povaha prvku je pevně dána jen nábojem jeho jádra, který se u přirozeně radioaktivních prvků samovolně mění při emisí elektronu

nebo částice alfa. Jestliže je emitován elektron, pak se (v důsledku nutnosti zachování náboje) změní náboj jádra o jednu kladnou jednotku náboje, číselně rovnou až na znaménko náboje elektronu. Jádro se proto změní na jádro prvku nacházejícího se v periodické Mendělejevově soustavě prvků o jedno místo vpravo. Při emisi částice alfa zmenší se náboj jádra o dvě kladné jednotky a vznikne jádro prvku nacházejícího se v této soustavě prvků o dvě místa vlevo, protože částice alfa odnáší dva kladné náboje.

Ještě před objevem atomového jádra bylo experimentálně objeveno, že atomy jednoho a téhož prvku mohou mít rozdílnou hmotnost. Tento jev byl nazván izotopii a atomy jednoho a téhož prvku s rozdílnou hmotností jeho izotopy. Izotopů může mít prvek i několik a některé z nich mohou být přirozeně radioaktivní a samovolně se měnit v izotopy jiného prvku. Například uran má tři radioizotopy, které jsou prvními členy tří radioaktivních řad, o kterých byla zmínka. Jednotlivé členy těchto řad jsou radioaktivní izotopy prvků, jejichž jiné izotopy mohou být stabilní. Objev izotopie vedl k uspořádání představ o radioaktivních přeměnách. Jakmile bylo objeveno jádro, bylo jasné, že izotopie je spojena s hmotnostmi atomových jader. Při stejném náboji mohou mít jádra rozdílné hmotnosti.

Stále však nebylo jasné, jaká je vnitřní struktura jader. Světlo do tohoto problému vnesl další Rutherfordův objev. V roce 1919 se mu podařila první umělá přeměna jádra. Ostřelováním jader dusíku částicemi alfa získal jádro kyslíku, přičemž z místa reakce unikl jeden proton.

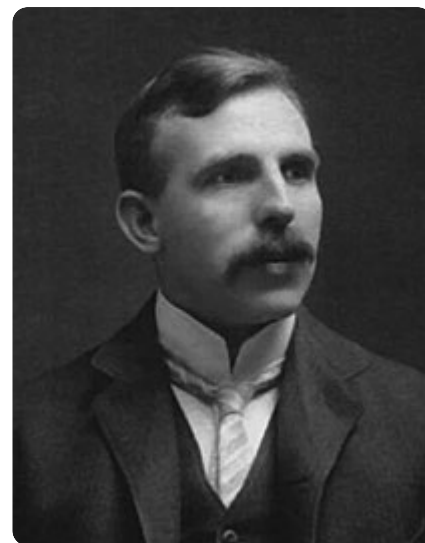
Celý jev pozoroval Rutherford v takzvané Wilsonově mlžné komoře. Všichni jistě známe jev, ke kterému dochází za tryskovým letadlem letícím ve velké výšce. Táhne se za ním pruh sražené vodní páry, který vidíme, aniž bychom pouhým okem viděli samotné letadlo. Je to způsobeno tím, že letadlo letí prostorem, v němž jsou přesycené

vodní páry, tj. je jich tam víc, než by mělo být při daném tlaku a teplotě. Tyto vodní páry zůstávají v plynném skupenství a počnou se srážet v mlžné kapičky teprve tenkrát, jestliže se ve vzduchu vyskytnou takzvaná kondenzační centra. Těmi jsou v daném případě částice obsažené ve výfukových plynech letadla. Tentýž proces, ve své době ještě samozřejmě neinspirovaný tryskovými letadly, byl realizován v mlžné komoře. V počátečním stavu je v ní vzduch nebo jiný plyn nasycen vodními parami. Při prudkém zvětšení objemu, například pomocí pístu, teplota plynu klesne a páry se stanou přesycenými. Částice alfa nebo jiná nabitá částice vytvoří na své dráze kondenzační centra tak, že ionizuje atomy plynu. Na nich se počne vodní pára srážet a po krátkou dobu je vidět a dokonce lze i fotografovat dráhu částice, která samotná je nepozorovatelná. Z charakteru kapiček mlhy na dráze, z jejich hustoty, z průběhu dráhy - zejména probíhají-li v přiloženém magnetickém poli - z délky dráhy a jiných charakteristik stopy lze určit mnoho parametrů částice, především její druh, elektrický náboj a energii.

V roce 1919 pozoroval Rutherford v mlžné komoře naplněné dusíkem stopy částic alfa. Jedna z mnoha stop jakoby se náhle zastavila a z tohoto místa vylétly dvě jiné částice, v jiném směru a jině povahy. Rutherford jednu z nich identifikoval jako proton. Částice alfa zmizela, splynula s jádrem a přitom vyrazila z jádra proton. Protože do jádra vnesla částice alfa dvě jednotky kladného náboje a proton odnesl jen jednu, muselo dojít ke vzniku jádra s nábojem o jednotku větším, než kolik má dusík, tedy ke vzniku kyslíku, což byla druhá stopa. Uskutečnil se dávný sen alchymistů - jedno jádro se přeměnilo v druhé, i když to nebylo právě jádro zlata, o které usilovali.

Proton unikající z reakce vnukl Rutherfordovi představu, že jedinou součástí jádra jsou protony. Protože jádro je těžší než hmotnost všech protonů v něm obsažených, musí být v jádru ještě

další částice k doplnění jeho hmotnosti na tu, která je pozorována. Rutherford si představoval, že by to mohly být další protony velmi těsně svázané se zápornými elektrony, takže navenek by se jevily tyto dvojice jako elektricky neutrální. Rutherford je nazval neutrony. Počet takových "neutronů" mohl být proměnný, což by vysvětlovalo izotopii jader. Později se ukázalo, že tato představa je z různých důvodů neudržitelná, například už jen proto, že triviálně klasicky chápaný elektron je větší než samotné jádro a do něj by se tedy nevešel. Jsou však i další, fundovanější důvody. A tak zůstala idea neutronu od roku 1920 dlouhá léta jen v povědomí Rutherfordových spolupracovníků v Cavendishově laboratoři, i když byly snahy ji objevit.



Lord Ernest Rutherford

(nar. 30. srpna 1871, Nelson, Nový Zéland - zemř. 19. října 1937, Cambridge, Spojené státy Americké) - novozélandský fyzik, který řekl i toto: „**Kdo myslí, že přeměny atomových jader budou zdrojem energie, ten se oddává čiré fantazii.**“ (30. léta 20. století)



Niels Henrik David Bohr

(7. října 1885 Kodaň - 18. listopadu 1962 tamtéž) - dánský fyzik působící v oblasti atomové a jaderné fyziky



Laboratoř Davida Bohra



Werner Karl Heisenberg
(5. prosince 1901 Würzburg – 1. února 1976 Mnichov) byl německý fyzik, nositel Nobelovy ceny z roku 1932 za svou roli ve vytváření kvantové mechaniky

Dvacátá léta minulého století, jakkoliv nesmírně plodná na nové teoretické objevy, na objevy v experimentální jaderné fyzice byla poměrně chudá. Kvantová mechanika, využitá především Bohrem v jeho modelu atomu jako soustavy elektronů pohybujících se po pevně stanovených drahách v poli elektrického potenciálu jádra, z nichž nevyzařují elektromagnetickou energii a které jsou proto stabilní, nebyla přímo aplikovatelná na atomové jádro. Ani objev vlnové mechaniky Schrodingerem, ani její formulace v maticové formě Heisenbergem nepomohly vnést do teorie atomového jádra žádné světlo. Nestalo se tak ani po revolučním objevu kvantové elektrodynamiky v roce 1927 skupinou mladých teoretiků netrpících



Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger
(12. srpna 1887 Vídeň – 4. ledna 1961 Vídeň) byl rakouský teoretický fyzik, jeden ze zakladatelů kvantové mechaniky

zábrany starých. Jakkoliv byla první tři desetiletí minulého století plodná na poli teoretické fyziky, k teorii jádra příliš nepřispěla.

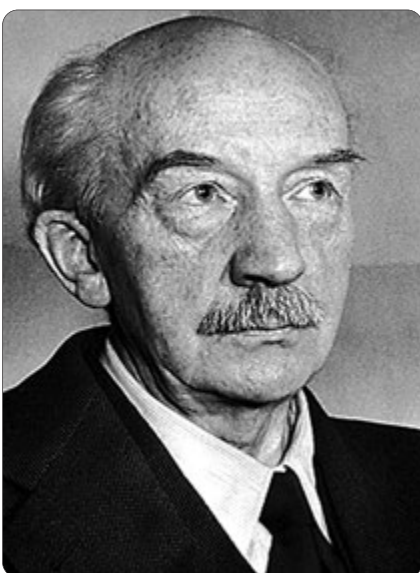
Za počátek další cesty k poznání struktury atomového jádra došlo až počátkem třicátých let. Prvním krokem byl objev takzvaného záření Bothe-Beckera v roce 1930. Stalo se tak při pokusech mnohokrát v různých laboratořích prováděných, jejichž cílem bylo pozorování absorpce a rozptylu částic alfa v různých materiálech. Uvedení autoři si však všimli, že při ozařování berylia částicemi alfa dochází ke vzniku nového záření s podivuhodnými vlastnostmi. Především bylo velmi pronikavé, pronikavější než jakékoliv doposud pozorované záření gama. Jeho studiem se začali zabývat v Paříži

také Irène a Frédéric Joliotovi, dcera a zeť Marie Curie-Sklodowské. Brzy bylo shledáno, že toto nové záření je velmi silně pohlcováno lehkými látkami, avšak snadno prochází olovem.

Dále našli, že toto záření je schopno z parafinu vyrazit protony, že tedy může předávat velmi mnoho energie částici, která je mnohokrát „těžší“ než foton. Z toho usoudili, že se musí jednat o nesmírně energetické fotony. Zpráva o jejich pozorováních se dostala do rukou J. Chadwicka v Cavendishově laboratoři. Ve svých vzpomínkách píše Chadwick, že jí byl přímo elektrizován. Zabýval se totiž stále hledáním Rutherfordova neutronu. V publikaci Joliotových konečně narazil na stopu. A stačila krátká doba, aby mohl v roce 1932 objev neutronu oznámit. Poznal totiž, že v případech záření Bothe-Beckera se nejedná o elektromagnetické záření, ale o záření korpuskulární, o proud neutronů. O neutron, nikoliv však složený z protonu a elektronu, ale o samostatnou částici s hmotností velmi přibližně rovnou hmotnosti protonu, avšak bez elektrického náboje. Neutron je přirozeně radioaktivní, rozpadá se, jak se o mnoho let později



Frédéric Joliot-Curie
(19. března 1900 Paříž – 14. srpna 1958) vyobrazěn na poštovní známce bývalé NDR. Francouzský fyzik, držitel Nobelovy ceny za chemii, kterou spolu se svou ženou Irène Joliot-Curie obdržel v roce 1935 za syntézu nových radionuklidů.



Walther Wilhelm Georg Bothe
(8. ledna 1891, Oranienburg Německo – 8. února 1957 Heidelberg, Německo) byl německý fyzik, který se dělil se o Nobelovu cenu za fyziku v roce 1954 s Maxem Bornem. Jeho práce představovaly významný přínos k vybudování moderní nukleární fyziky.



Maria Curie-Sklodowska
(7. listopadu 1867 Warszawa, Polsko – 4. července 1934 Sancellemoz, Francie)



Irène Joliot-Curie
(12. září 1897 Paříž – 17. března 1956 Paříž) byla francouzská vědkyně, dcera Marie a Pierra Curie. Roku 1935 obdržela společně se svým manželem, Frédrícem Joliot-Curie, Nobelovu cenu za chemii.

experimentálně podařilo potvrdit, na proton a elektron. Rutherfordova původní představa nebyla tedy tak docela bezpředmětná, i když se dosud nikdy nepodařilo neutron obrátit sestavit z protonu a elektronu.



Sir James Chadwick

(20. října 1891 Bollington v hrabství Cheshire - 24. července 1974 Cambridge) - britský fyzik. V roce 1935 obdržel Nobelovu cenu za fyziku za objev neutronu.

Po patnácti letech od objevu neutronu jsem slyšel celou tuto historii přímo z úst Jolioti na jeho semináři na Collège de France v Paříži. I po letech bylo znát, jak těžce nese omyl svůj a své ženy, kdy setrvali na utkvělé představě, že se nemůže jednat o nic jiného než záření gama. Měli přítom daleko silnější zdroje částic alfa, než kterými disponoval Chadwick, které si slabý zdroj částic musel vyrobit z radioaktivního depotu z několika starých ampulí od radonu, které mu poslal jeho přítel z Baltimoru. Nepřítom tak Joliot varoval mladé posluchače, aby nikdy nelpěli na zažitých představách, byť by byly podepřeny jakýmkoliv autoritami. Asi platí z české poezie ono „nevěřme nikomu na světě širém“ nebo moudrost starého rabína, předána na smrtelném loži synovi: „Pamatuj, všechno je jinak. Jedno je jisté, Joliotovým unikl objev neutronu, i když pro něj měli vytvořeny všechny podmínky.

Nyní mohl, po více než deseti letech, doznat naplnění Rutherfordem předpovídaný model atomového jádra. Jeho předložení v konečné podobě nenáleží však ani Rutherfordovi ani Chadwickovi, ale německému fyzikovi W. Heisenbergovi a současně s ním sovětskému teoretikovi D.D. Ivaněnkovi v roce 1932. Atomové jádro je složené z protonů a neutronů, přičemž počet protonů odpovídá pořadovému (atomovému) číslu prvku v Mendělejevově periodické soustavě a počet neutronů doplňuje hmotnost jádra do experimentálně naměřené hmotnosti (přibližně rovné celému hmotnostnímu číslu). Počet neutronů se tedy rovná hmotnostní číslo minus atomové číslo. Tento model platí dodnes. V době jeho předložení však nebylo nic známo o silách,

kteří drží jádro pohromadě, o silách, které kompenzují odpudivé síly mezi souhlasně elektricky nabitými protony. Bylo známo jen to, že tyto síly působí na velmi krátké vzdálenosti, prakticky mezi částicemi v jádře (nukleony) při jejich dotyku. Dále že tyto síly jsou stejné mezi protony a neutrony, že nezávisí na elektrickém náboji. To však bylo velmi málo, než aby se mohla vytvořit teorie atomového jádra, jakási obdoba Bohrova modelu atomu. K tomu došlo až daleko později, v první polovině padesátých let minulého století.

Joliotovým v Paříži tedy objev neutronu unikl. Při svých experimentech si však všimli, že ionizační komora, opatřena na vstupu tenkým hliníkovým okénkem, kterým do ní vstupovaly částice alfa, ukazuje přítomnost záření i po odstranění jejich zdroje. Když pak ozařovali částicemi alfa hliníkovou folii v mlžné komoře spatřili, že tato folie se stala zdrojem korpuskulárního záření, jehož emise pokračovala i po odstranění zdroje částic alfa. Z charakteru stop drah těchto částic bylo zřejmé, že se jedná o lehké částice jako elektrony, které se však v magnetickém poli stáčely na opačnou stranu než záporné elektrony, byly to tedy elektrony s kladným nábojem – pozitrony. Ozařováním hliníkové folie částicemi alfa v ní došlo k jaderné reakci, při které vzniklo nové, radioaktivní jádro, které ze zákona zachování celkového náboje muselo být radioaktivním jádrem fosforu. Po Rutherfordově přeměně jádra dusíku ve stabilní jádro kyslíku šlo opět o umělou přeměnu jednoho prvku v druhý. Tentokrát však vznikl uměle radioaktivní izotop. Joliotovým se podařilo vyrobit radioaktivní izotop fosforu.

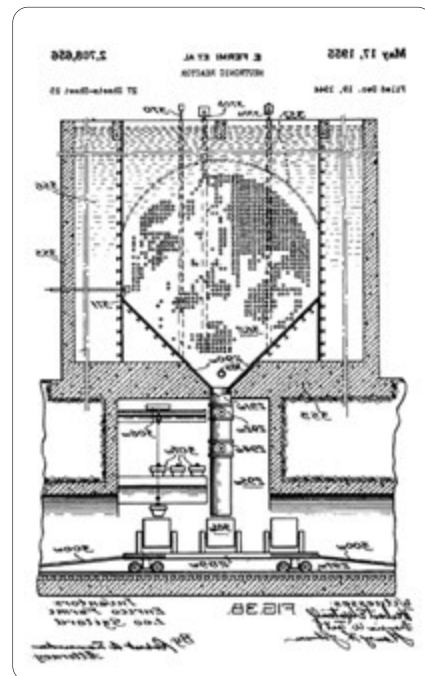
Za tento objev získali v roce 1935 Nobelovu cenu za fyziku. Jejich objev nezůstal bez ohlasu. Bylo tím dokázáno, že lze připravit umělé radioaktivní izotopy jinak stabilních prvků. V tomto momentě vstupuje do hry Enrico Fermi, italský fyzik, který se začal ihned po objevu neutronů v Římě zabývat jejich studiem. Fermi byl výjimečnou vědeckou osobností. Spojoval se v něm výborný experimentátor i teoretik. Se svými spolupracovníky D. Agostinem, E. Segrem, F. Rasettim a E. Amaldim začal v roce 1934, krátce po objevu umělé radioaktivity v Paříži, ozařovat neutrony postupně všechny prvky, které měl k dispozici. Získal tak hned velký počet umělých radioizotopů a ukázalo se, že pro jejich přípravu jsou neutrony daleko vhodnějšími částicemi než částice alfa. Důvod je prostý. Částice alfa nese kladný elektrický náboj a k tomu, aby se dostala do dosahu jaderných sil, musí nejprve překonat potenciálovou bariéru kladně nabitého jádra. Neutron naproti tomu se může dostat do dosahu jaderných sil již s velmi malou energií. Fermi brzy poznal, že čím jsou neutrony pomalejší, tím ochotněji jsou jádrem zachycovány. Znal již, že zpomalit neutrony lze snadno tak, že se nechají projít parafinem, látkou bohatou na vodík. Ke zpomalování dochází naprosto stejným procesem, jakým ztratí rychlost kulečnicková koule při nárazu do shluku stojících, stejně těžkých koulí. Tuto dobu nazval později její další účastník, B. Pontecorvo [2], zlatou dobou jaderné fyziky v Římě – takové byly úspěchy Fermiho skupiny.

Manželé Joliotovi našli pozitron v radioaktivním rozpadu jader. V témže období byl pozitron nalezen i v kosmickém záření. To hlavní, co posunulo jadernou fyziku dopředu, byla rýsující se možnost přípravy velkého množství různých



Enrico Fermi

(29. září 1901 Řím – 28. listopadu 1954 Chicago) - italský fyzik známý skrze své výzkumy jaderných reakcí. Zabýval se výzkumem beta- a gama- záření, podílel se na vývoji prvního jaderného reaktoru a podílel se na rozšiřování a prohlubování kvantové teorie.



Fermiho patentový náčrt neutronového reaktoru

radioaktivních látek ozařováním neutrony. Možnosti jejich praktického využití, ale také zájem o detailnější výzkum atomových jader podnítily stavbu urychlovačů částic. Zařízení, ve kterých by bylo možno předat jádrům vodíku – protonům, ale také jiným jádrům, například deuteronom – jádrům těžkého izotopu vodíku dostatečnou energii, aby byly schopny proniknout do atomových jader

i n v e n s y s

Operations Management

KOMPETENCE V ENERGETICE

Elektrárny • Průmyslová energetika

Řídící systémy a procesní instrumentace

Výroba elektrické energie a tepla • Distribuce elektrické energie a tepla

Řízení a měření v energetice od Invensys Operations Management

- Řešení pro komplexní dodávky na klíč – Turn Key
- Emergency Shut Down (ESD) bezpečnostní systémy
- PLC řídicí systémy – bezpečnostní a provozní
- Kotle - Burner Management Systems
- DCS/ PAC řídicí systémy
- SCADA/ HMI operátorské a archivační systémy
- MES výrobní systémy a Asset Management
- Pozicionéry, převodníky, měřicí instrumentace
- Procesní průmyslová komunikace - sběrnice, mobilní – WiFi, deterministická, stochastická komunikace
- Simulátory pro školení operátorů a dynamické modelování
- Školící systém imerzivní virtuální reality
- Smart Grids a Smart Metering

Rozsah Turn Key projektů:

- Studie realizovatelnosti
- Poradenství a ekonomické zhodnocení strategie řízení
- Kompletní inženýrská dokumentace - prováděcí projekty
- Aplikační software - poskytování v těsné spolupráci s dodavatelem technologie
- Dodávky: řídicí systémy, procesní instrumentace, systémový a aplikační software, průmyslová komunikace
- Realizace na stavbě
- Spuštění systému do provozu
- Prodejní a poprodejní podpora
- Inženýrská podpora
- Údržba

iom.invensys.cz

Avantis

Eurotherm

Foxboro

IMServ

InFusion

Invensys Operations Management Česká republika a Slovensko

Lokální technická podpora • Lokální podpora údržby

Reference Invensys Operations Management

- Uhelné elektrárny - práškové, fluidní kotle
- Plynové a kombinované cykly (CCPP/CCGT)
- Zplyňovací cykly (IGCC)
- Jaderné elektrárny (BWR, PWR) - bezpečnostní a provozní systémy
- Kogenerace/ Trigenerace (CHP) - kombinovaná výroba elektrické energie a tepla
- Teplárny
- Obnovitelné zdroje – vodní, větrné, solární, biopaliva/ odpady
- VN/VVN rozvodny
- Energetický management - optimalizace nákladů
- Simulátory pro elektrárny
- Dynamické modelování
- Pokročilé metody řízení – optimalizace a predikce



Real Collaboration. Real-Time Results.™

i n v e n s y s
Operations Management

SimSci-Esscor

Skelta

Triconex

Wonderware

i těch nejtěžších prvků. Zájem byl zejména právě o deuterony, které v reakcích s některými jádry, na příklad lithia nebo berylia, mohly dát velká množství neutronů. Začala se rodit první generace urychlovačů, elektrostatické ale také i vysokofrekvenční jak kruhové (cyklotrony) tak i lineární. Jejich stavba počala v USA v Berkeley, v Evropě pak v Paříži ve Francii, Zuerichu ve Švýcarsku, v Upsale ve Švédsku, v SSSR v Leningradě.

Vraťme se však k Fermiho skupině ... Ozařováním neutrony získali vždy jádro, které bylo o jeden neutron těžší. Pokud bylo nestabilní, emitovalo jeden elektron, čímž přešlo na jádro prvku stojícího v periodické soustavě prvků o jedno místo vpravo od ozařovaného. Když došli k uranu, předpokládali, že by měl vzniknout prvek stojící za ním. Protože uran je posledním devadesátým druhým prvkem na zemi existujícím, měl by tedy vzniknout nový, na zemi doposud se nenacházející prvek – transuran. A došlo k překvapení. Neobjevil se jeden radioaktivní izotop, ale hned několik radioaktivních izotopů, které nebylo možno přiřadit k žádnému ze tří v přírodě se nacházejících izotopů uranu. Této záhadě se začalo říkat uranový problém. Na takové problémy se věda vždy koncentruje a stalo se to i v tomto případě.

Podnícen prvními Fermiho pracemi začal na „uranovém problému“ pracovat v Berlíně zkušený, 56letý radiochemik, profesor Otto Hahn se svou ještě o rok starší dlouholetou spolupracovnicí Lisou Meitnerovou, s níž před lety objevil celou řadu přirozeně radioaktivních izotopů. V roce 1935 přibrali ke své práci o dvacet let mladšího radiochemika F. Strassmanna.



Otto Hahn

(8. března 1879, Frankfurt nad Mohanem – 28. července 1968, Göttingen) byl německý chemik, který v roce 1944 obdržel Nobelovu cenu za chemii. Je považován za průkopníka v oblasti radioaktivity a radiochemie, kterého Glenn T. Seaborg označil za otce jaderné chemie. Vlevo jeho dlouholetá spolupracovnice Lise Meitner.

Díky dlouholetým zkušenostem a hlavně proto, že byli radiochemici, brzy předstihli Fermiho a objevili (jak se až do roku 1939 domnívali)

několik rozpadových řad transuranů. Rovněž v Paříži se tímto problémem začala zabývat Irene Joliotová-Curieová s jugoslávským vědcem P. Savičem. Oba měli rovněž zkušenosti ze separace přirozeně radioaktivních izotopů a po roce práce učinili překvapující objev. Jeden z radioizotopů vzniklých při ozařování uranu neutrony s poločasem rozpadu 3,5 hodin se choval chemicky jako lanthan. První závěr byl, že se může jednat o nový radioaktivní izotop aktinia, homolog lanthanu. Je-li tomu tak, pak by mělo být možné tento izotop od lanthanu oddělit frakční krystalizací, tak jak se odděluje na příklad radium od baria. V tom měli v laboratoři staré paní Marie Sklodovské velké zkušenosti. Veškeré snahy o jeho oddělení vyzněly naprázdno. Prostě tento radioizotop se od lanthanu oddělit nedal. V roce 1938 referovali o tomto transuranu s podivnými vlastnostmi na mezinárodním kongresu, kde byl přítomen také Hahn. Na zápravu obou mladých vědců reagoval s celou svou vědeckou autoritou a prohlásil tento objev za kuriosum, v narážce na jméno Curie. Jeho práce na uranovém problému se však dostávaly čím dále tím více do slepé uličky. Své výsledky konsultoval dokonce i s Nielsem Bohrem z Kodaně, ani ten však mu nemohl k nim dát žádné objasnění.

Lisa Meitnerová, židovka, která byla původně rakouskou státní příslušnicí, se po anexi Rakouska fašistickým Německem stala říšskou státní příslušnicí a emigrovala v srpnu 1938 do Švédska. Hahn ji k této emigraci pomohl z obavy, že by se na ni mohly vztahovat antisemitské zákony. Udržoval však s ní stále písemný kontakt a informoval ji o svých výsledcích. V Berlíně zůstal sám se Strassmannem, který bez vědomí Hahna, přes jeho skeptické názory na práci pařížské skupiny, začal jejich pokusy opakovat. Místo na aktinium se zaměřil na radium, což nebyla náhoda, protože Hahn již předtím se domníval, že objevil v ozařovaném uranu některé jeho izotopy. Obdobnou cestou jako pařížská skupina, vysrážením s bariem, homologem radia, získal radioizotop, který se však nedal frakční krystalizací od baria oddělit. Když se to Hahn dozvěděl, pochopil, že celá čtyřletá práce jej definitivně svedla na nesprávnou cestu, a riskoval celou svou vědeckou reputaci, když se odvážil toho, čeho se neodvážila pařížská dvojice Irene Joliotová a Savič. Ti se totiž neodvážili prohlásit, že při ozařování uranu vzniká radioizotop lanthanu, zatímco Hahn, aniž si dovedl vysvětlit jak je to možné, přiznal, že při ozařování uranu vzniká radioizotop baria. Současně musel revidovat nesprávné výsledky své čtyřleté práce. Jak lanthan tak barium jsou prvky ze středu periodické soustavy prvků a vznik jejich radioizotopů jednoduchou reakcí s neutrony objasnit nelze.

S obsahem svého článku, který spolu se Strassmannem odeslali 22. prosince 1938 do Naturwissenschaften, kde vyšel 6. ledna 1939, se několika dopisy světil L. Meitnerová a prosil ji o radu. Meitnerová diskutovala Hahnův článek se svým synovcem O. Frischem, pracujícím v Kodani u Nielse Bohra. Frisch okamžitě na objev Hahna a Strassmanna aplikoval právě v té době v Kodani

rozpracovávaný takzvaný kapkový model jádra a prohlásil objev obou německých vědců za štěpení uranového jádra. Spolu s Meitnerovou odeslal Frisch do anglického časopisu Nature práci s datem 16. ledna 1939, v níž se poprvé termín štěpení jádra objevil. Článek vyšel 11. února 1939.

Objev štěpení jádra pomalými neutrony se stal výzvou k dalším pracím. Zvláště zajímavou byla otázka, zda se při štěpení neuvolňují také neutrony a zda jich není dostatečný počet k tomu, aby se mohla uskutečnit řetězová reakce. Neutrony z první generace štěpení by v tomto případě mohly vyvolat větší počet štěpení ve druhé generaci a tak dále, proces by se lavinovitě rozvíjel a uvolňovalo by se při tom velké množství energie. Frisch pomocí kapkového modelu jádra spočítal, že při jednom štěpení se uvolní až 200 MeV, což přepočítáno na 1 gram rozštěpeného izotopu ^{235}U v lépe představitelných jednotkách činí asi 24 tisíce kilowattodin. Přítom v přirozeném uranu je tohoto izotopu 0,712 %. Množství neutronů uvolňovaných při jednom štěpení změřili krátce nato F. Joliot s P. Halbanem a L. Kowarskim v Paříži a Fermi se svými spolupracovníky v USA. Z experimentů vycházel průměrný počet neutronů na jedno štěpení okolo 2,5.

Francouzská skupina navrhla konstrukci jaderného reaktoru s přirozeným uranem, v němž by se neutrony zpomalovaly (moderovaly) těžkou vodou i způsobem řízení štěpné reakce. Joliot stačil ještě zajistit pro Francii asi 120 l těžké vody z Norska (byla poskytnuta bezplatně), ale události ve Francii nabyly dramatického charakteru v důsledku obsazování německou armádou. Poslední pokusy byly provedeny již mimo Paříž a Joliot se svými spolupracovníky stačil ještě prostřednictvím francouzského ústředí vědeckého výzkumu deponovat ve Švýcarsku patenty, v níž jsou obsaženy základní myšlenky, z nichž vychází výpočet i stavba jaderných reaktorů a jejich řízení. Těžišť prací se v důsledku války přesunulo do USA, kde Fermi se svými spolupracovníky uvedl 2. prosince 1942 do provozu první jaderný reaktor. Tato část výzkumu byla již vzhledem k potenciálnímu vojenskému využití utajena, aby se případné výsledky nedostaly do rukou fašistického Německa.

Ve vědeckých časopisech přestaly být publikovány články týkající se uranového problému, což neuniklo mladého sovětskému vědci G. N. Flerovovi, který na tuto skutečnost upozornil vedení Sovětského svazu. Toto byl jeden z popudů, v jehož důsledku byl založen v SSSR výzkum, který nakonec také vedl pod vedením I. V. Kurčatova s jistým zpožděním proti USA ke stavbě prvního evropského jaderného reaktoru v Moskvě a k jeho spuštění 25. prosince v roce 1946. Samozřejmě vše za nejpřísnějšího utajení.

Na celé vzrušující cestě, kterou se k objevu štěpení blížili v Římě, Paříži a Berlíně, je pozoruhodné to, že jej měli všichni od samého počátku na dosah ruky. Zcela nepovšimnuta zůstala práce rakouské fyziky Idy Nodack, které dlouho před Hahnem a Frischem o štěpení hovořila. Nobelova cena byla přisouzena v roce 1944 jen Otto Hahnovi,



Igor Vasilijevič Kurčatov

(Игорь Васильевич Курчатов; 12. ledna 1903 – 7. února 1960) byl sovětský fyzik. Je pokládán za otce sovětské atomové bomby.

kteřý se o tom dozvěděl v roce 1945, kdy byl Angličany internován ve Farmhallu. Na uranovém problému pracovali jak fyzici, tak i chemici. Hahn byl chemik, Meitnerová fyzik. Otevřená zůstává otázka, zda by se byl Hahn dostal včas k cíli, nebýt impulsu z laboratoře Joliotových, kterým tak po neutronu utekl druhý velký objev jen proto, že neměli odvahu přiznat, že skutečně vzniká při štěpení radioaktivní lanthan. Objev štěpení učinil chemik, i když fyzikové v té době disponovali již metodami, kterými bylo možno obrovské ionizační impulsy od produktů štěpení zachytit. To že fyzikům štěpení uniklo, vyvolalo mezi nimi obrovské rozčarování.

Po dobu prvních čtyř desetiletí dvacátého století byla jaderná fyzika akademickou vědou, zdánlivě bezúčelnou, bez perspektiv převratných aplikací. Výzkum na uranovém problému byl lacinou záležitostí. Stál jenom platy několika fyziků a chemiků, jejichž hlavním posláním navíc byla v mnoha případech pedagogika. Přístrojové vybavení bylo tak primitivní, že bylo až geniální. Hlavním motorem výzkumu byla touha po poznání. Objev štěpení nebyl ani předvídan, natož plánován. Přesto uvedl do pohybu obrovské výrobní síly lidské

společnosti. Je dokladem nesmírného významu základního výzkumu, ovšem skutečně základního na samé hranici mezi známým a neznámým.

Dospěli jsme na konec etapy, která od objevu radioaktivity vedla až k objevu štěpení. V tomto stručném přehledu je mnoho vynecháno. Na této cestě bylo mnoho odboček, které nevedly přímo k cíli, kterými však bylo nutno projít, aby se dospělo k přesvědčení, že jimi cesta vpřed nevede. O těchto není v předešlém zmínka. Nakonec zůstává jen několik základních objevů mezi objevem radioaktivity a štěpením. Jedná se o objev izotopie jader, atomového jádra, umělé přeměny prvků, neutronu, pozitronu a umělé radioaktivity. Tyto objevy učiněné experimentální cestou vyvolaly převrat v představách o atomovém jádře a staly se podnětem mnoha teoretických prací.

Příště: Zázitky profesora Čestmíra Šimáně z jeho poválečných studií v Collège de France- Paříž a začátky české jaderné energetiky

(čes)

Zdroj obrázků: Wikipedia

■ FERROMETAL®

OCEL – inteligentní řešení

www.ferrometal.cz

**SNIŽTE NÁKLADY!
VYUŽITÍ PLECHŮ „STRÍHANÝCH NA MÍRU“
PŘEPRACOVANÝCH NA ELEMENTY PŘINÁŠÍ:**

- Minimalizaci skutečných nákladů na materiál
- Snížení nákladů při výrobních postupech
- Omezení nákladů na dodatečné zkoušky
- Zlepšení estetiky konstrukce

