

**Téma:** Jaderný výzkum ve Spojených státech amerických

**Předmět:** Fyzika, Dějepis – seminární práce

**Přidal(a):** Lucie Zemanová

# Jaderný výzkum v USA a výzkumy jemu předcházející

## OBSAH

1. **Poznámka k práci**
2. **Úvod**
3. **Období 1. sv. války a před ní**
  - Objev elektronu
  - Rentgen
4. **Moseleyho výzkum**
  - Moseley a rentgenové světlo
  - Objev protonu
  - Objev neutronu
5. **Začátky štěpení uranu**
  - Enrico Fermi
6. **Objevení nových prvků**
  - Výzkum v Berkeley
  - Princip výzkumu
  - Okolnosti války
  - Prvky 93 a 94
7. **První atomové bomby**
  - Výzkum atomové bomby
  - Použití atomových bomb
8. **Dodatek**
9. **Závěr**

# 1. Poznámka k práci

Vím, že se moje seminární práce lehce liší od zadání. Zadáním bylo nějaké téma z meziválečného období a mnou zvolené téma se sice vztahuje i na meziválečné období, ale vlastně i na celou 1. polovinu 20. století. Téma mi ale přišlo velmi zajímavé a dost se dotýká světových dějin.

Nedávno jsem shlédla na Primě dokument o objevech této doby (hned první odrážka ve zdrojích) a velmi mě to zaujalo a napadlo mě, že bych právě o tom napsala seminární práci a chtěla jsem se o tématu dozvědět více.

Proto se velmi omlouvám za neúplné splnění zadání.

## 2. Úvod

Chemie byla dlouhá léta velkou záhadou. O tom, z čeho se skládají atomy a jak fungují, se dlouhá léta jen spekulovalo.

Už v 19. století došlo k mnoha velmi významným objevům. Například roku 1869 definoval Dimitrij Ivanovič Mendělejev periodický zákon a uspořádal tak prvky do tabulky podle jejich rostoucí molární hmotnosti.

Ovšem k velmi převratným objevům došlo právě ve 20. století, kterému se budu věnovat v mé seminární práci. Konkrétněji první polovině 20. století. V této době se vědci například podívali na složení atomů, tento skvělý objev spěl k veškerým budoucím výzkumům. Vědci přišli na jev štěpení a objevili radioaktivitu. Zjistili pak, jak toho využít v přicházející 2. světové válce, a na cestě k vytvoření atomové bomby zjistili, jak vytvořit nové, umělé prvky – těžší než uran. To se do té doby zdálo nemožné!

Já se ale teď vrátím o něco dříve v čase a to do 19. století, kdy byl objeven elektron.

## 3. Období 1. sv. války a před ní

### 3.1 Objev elektronu

Pozorování elektrického výboje probíhalo už od třicátých let 19. století panem Faradayem, ale o vysvětlení tohoto jevu mohli chemici pouze spekulovat. Až roku 1897 Joseph John Thomson dokázal přítomnost elektronů v každém atomu, a to na základě svých pokusů s katodovou trubicí. Věděl, že jde o záporně nabitě částice, a dokonce změřil i jejich poměrnou hmotnost vzhledem k atomu. Také bylo ale známé, že atom má nulový náboj, tudíž ani kladný ani záporný, takže elektrony musely být vyvážené něčím kladným. Thomson se domníval, že elektrony plavou v kladně nabitě „polévce“, v tom se ale, jak s dnešními znalostmi víme, mýlil.

To zjistil až o několik let později E. Rutherford, ale to bychom teď lehce předbíhali.

### 3.2 Rentgen

Wilhelm Röntgen roku 1895 studoval ty samé elektrické výboje jako Faraday, Thomson a další fyzici a chemici. Jednoho večera při jeho pokusech zpozoroval zvláštní paprsek, který nazval paprsek X. Toto zvláštní záření pak i nadále zkoumal a pod paprsek dával různé předměty včetně vlastní ruky. Svůj objev ale nerozhlásil do světa ihned, bál se, že by ho měli lidé za blázna. Objev paprsku, který prohlédne skrz neprůhledné předměty, opravdu ve světě vzbudil poprask. Röntgen se ale stal celebritou a za svůj objev roku 1901 dokonce dostal úplně první Nobelovu cenu za fyziku.

## 4. Moseleyho výzkum

### 4.1 Moseley a rentgenové světlo

Rentgenového světla později využili i další vědci. Henry Moseley roku 1912 začal pomocí rentgenového světla zkoumat jednotlivé prvky. Prvky byly v tabulce seskupeny podle podobných vlastností do skupin. Také většinou stoupala molární hmotnost u prvků za sebou, nebylo tomu tak ale vždy. Moseley si od svých pokusů sliboval správné seřazení prvků v tabulce a „napravení“ chyb s atomovou hmotností.

Vzal tedy deset prvků, v tabulce po sobě jdoucích, včetně dvou takto „špatně seřazených“ (kobalt - 58,9 g a nikl - 58,7 g), a na každý z nich vystřelil paprsek elektronů. Rentgenové záření, co se odrazilo z prvku, pak zlomil krystalem. Výsledné záření pak zachytil na filmovém papíře. Dostal rentgenové spektrum vlnových délek, které se u každého prvku lišilo. Seřadil si tedy pod sebe všechna tato spektra podle toho, jak jdou prvky za sebou v tabulce, a srovnal je podle frekvence. Zjistil, že dominantní rentgenové čáry frekvenčně stoupají, tak jako schody. Proto se jeho objevu říká Moseleyho schodiště.

Jeho objev je ale mnohem větší, než se může zdát. Jeho schodištěm nejenomže dokázal, že jsou prvky seřazené správně, ale po zjištění rentgenového spektra i u ostatních prvků byl schopný určit, kolik prvků ještě zbývá objevit, a také jejich zařazení v tabulce (znal také jejich rentgenová spektra). Také objevil protonové číslo. Zatím neznali proton, ale z rentgenových spekter zjistil, že pravidelně stoupá kvantita pozitivní energie jádra.

## 4.2 Objev protonu

Aby mohlo dojít k objevu protonu, bylo třeba nejdřív objevit atomové jádro. To bylo vlastně objeveno tak trochu náhodou.

V roce 1906 prováděl Ernest Rutherford pokusy s radioaktivním  $\alpha$ -zářením. Vytvořil si velmi tenkou zlatou fólii a na tu „nastřeloval“  $\alpha$ -částice. Chtěl zjistit, jaký bude rozptyl částic v důsledku setkání s fólií (za fólií umístil stínítko, na které se částice zachytávaly). Předpokládal, že rozptyl bude velmi malý, ale většinu částic to vůbec nevychýlilo. Rutherford přemluvil dva své studenty, aby stínítko posouvali na různá místa kolem fólie. Po provedení pokusu dospěli k zajímavému zjištění. Některé  $\alpha$ -částice se od fólie odrazily. Jelikož jsou  $\alpha$ -částice kladně nabitě, tak i síla, která je odrazila, musela mít kladný náboj (a to velmi silný). Z toho Rutherford vyvodil, že je uprostřed atomu malinké jádro, ve kterém je téměř veškerá hmota a všechen kladný náboj atomu.

E. Rutherford pracoval s radioaktivním zářením i nadále. Vystřelil  $\alpha$ -částici na jádro dusíku. Při jejich srážce vznikly dva produkty: jádro kyslíku a částice totožná s jádrem vodíku, ta byla nazvána proton. [1]

## 4.3 Objev neutronu

Po objevu atomového jádra Rutherford zveřejnil svou teorii a tak trochu předpovídal přítomnost neutronů v jádře.

Když v roce 1930 němečtí fyzikové objevili nový druh záření, začal to blíže zkoumat Rutherfordův student – James Chadwick. O dva roky později dokázal, že toto záření způsobuje proud neutrálních částic. Později také určil jejich přesnou hmotnost. Tyto částice se nazývají neutrony a za jejich objev získal Chadwick Nobelovu cenu za fyziku.

Nikdo v té době nevěděl, že tím odstartoval jaderný věk.

## 5. Začátky štěpení uranu

### 5.1 Enrico Fermi

Italský fyzik Enrico Fermi v roce 1934 začíná dělat pokusy s neutrony. Vysílá neutrony na uran a pozoruje, co se stane. Při nárazu neutronu do jádra dojde k jeho rozštěpení za vzniku prvků o několik míst v tabulce níž. Někdy se ale jádro nerozštěpilo a neutron přijalo. Fermi objevil nový izotop uranu[2]. Za tento objev dostal Nobelovu cenu za fyziku. Po jejím obdržení už se do Itálie nevrátil a utekl před fašisty do USA.

Po Fermiho objevu začali uran štěpit také v Německu. Při pozorování reakce si všimli, že se při štěpení uvolňuje velké množství energie. Poprvé se začalo uvažovat, že by se uran a jeho štěpení dali využít na sestrojení bomby. Bomby silnější než zatím kdokoliv znal. Německo započalo svůj jaderný výzkum.

## 6. Objevení nových prvků

### 6.1 Výzkum v Berkeley

Když se americký vědec Glenn Seaborg dočetl o rozštěpení uranu, byl naprosto šokován. Po probíhajících pokusech navíc začali vědci předpokládat další převrat. Když jádro uranu přichodí neutron pohltilo, začali se vědci domnívat, že se neutron v jádru někdy spontánně promění v proton, ale to by znamenalo vznik zcela nového prvku – těžšího než uran, prvku umělého.

To zaujalo i dalšího fyzika v Berkeley – Edwina McMillana. Začal pracovat na výrobě neznámého prvku 93[3].

## 6.2 Princip výzkumu

McMillan natřel tenkou vrstvu oxidu uranu na filtrační papír, za něj narovnal vrstvu cigaretových papírků, ty měly zachytit produkty štěpení. Chtěl vysledovat, jak daleko doletí fragmenty jádra. To vše umístil do cyklotronu[4].

Produkty štěpení se rozletěly do různých směrů a některé se zachytily na cigaretových papírcích v různých hloubkách. McMillan pak měřil sílu radioaktivity na papírcích, kde přišlo překvapení byl přímo filtrační papír. Edwin na něm naměřil obrovskou míru radioaktivity. Napadlo ho, že možná vůbec nejde o produkt štěpení. Po dalším zkoumání zjistil, že jeho předpoklad pravdivý. Důvod, proč část zůstala na filtračním papíře, je ten, že byl tento fragment mnohem těžší. Vstřelený neutron totiž jádro nerozštěpil, ale jádro ho vstřebalo dovnitř, tam se pak spontánně přeměnil v neutron, přesně jak předpokládal Fermi. Šlo tedy o zcela nový prvek, těžší než uran. McMillanovi už tedy zbývalo pouze dokázat, že se nejedná o jeden z již známých prvků. Spolu s Philipem Abelsonem zkoumali tedy jeho chemické vlastnosti a reakce a opravdu dokázali, že jde o nový prvek – neptunium.

Po vytvoření prvku 93 ho napadlo, že by šel vytvořit ještě těžší prvek. Již byl blízko, ale nečekaně z Berkeley odjel. Byl totiž povolán do Technického ústavu v Massachusetts, kde pomáhal s přípravami na válku, především výzkumu radaru.

V Evropě už válka probíhala a i vědci tímto byli ovlivněni. Například si své objevy nechávali pro sebe (a svou zemi) a nerozhlášovali je hned do světa, aby se k nim nedostali protivníci.

## 6.3 Okolnosti války

Přestože se USA dlouho distancovala od války, nakonec se do ní také zapojila, a to velmi významně.

V Evropě se toho odehrávalo mnoho. Německo napadlo Polsko. Pak bombardovalo Brity. A mezitím se zaměřovali na genocidu židů. Kromě toho také věnovali mnoho úsilí na vymyšlení atomové bomby. To znepokojovalo mnohé, především vědce, a mimo jiné i Alberta Einsteina

(ten byl navíc sám židem). Ten se rozhodl, že s tím něco udělá a s jeho vlivem opravdu mohl.

Osobně napsal dopis americkému prezidentovi Rooseveltovi. V něm především informoval Roosevelta, že má Německo, na rozdíl od Ameriky, dobrý přístup k uranu (a to v Československých dolech). A uranu bylo k výzkumu třeba hodně. Pouze 1% uranu na světě se totiž dá štěpit. Jde o uran-235 (ten má v jádru méně neutronů) a je velmi vzácný. Běžný je uran-238. Glenna Seaborga napadlo, že by mohl vytvořit z uranu-238 těžší prvek, který by už se štěpit dal. A to se mu o pár let později také povedlo.

7. prosince 1941 Japonci zaútočili na Pearl Harbor. USA tím zaprvé velmi oslabili a za druhé jim udeřili ránu na ego. Přístav v Pearl Harboru byl jejich chloubou. Hned den na to se Američani zapojují do války, když ji vyhlásí Japonsku.

To byl pro Američany dobrý důvod znásobit úsilí věnované výrobě atomové bomby.

## 6.4 Prvky 93 a 94

Po McMillanově zmizení navázal na jeho výzkum Glenn Seaborg. Stejným způsobem vytvořil další vzorek neptunia. Neptunium je vysoce radioaktivní prvek a neustále mění svou formu. Musel tedy čekat, než se neptunium úplně rozpadne a vznikne prvek 94, trvalo měsíc, než se konečně dočkal dostatečného vzorku nového prvku. Stejně jako předtím McMillan ho musel otestovat. V únoru 1941 konečně dokázal, že vytvořil další nový prvek, který nazval plutonium.

Aby ale otestoval, zda je prvek 94, plutonium, opravdu schopný štěpení, musel ho vytvořit mnohem více.

V tom mu pomáhal další z italských vědců, Emilio Segré. Emilio byl žid a s narůstajícím antisemitismem v obavách emigroval z fašistické Itálie do Spojených států.

Tak tedy začali pracovat na vytváření většího vzorku plutonia. S větším množstvím atomů si ale také museli dát pozor na narůstající radioaktivitu. S tou si poradili s provizorním vybavením v podobě ručně vyrobených brýlí, ochranných obleků a dlouhých tyčí.

V březnu 1941 vytvořili dostatečné množství plutonia, které vložili do cyklotronu, aby konečně zjistili, zda se dá rozštěpit. A dalo. Nalezli další prvek kromě Uranu, který se dal využít na výrobu atomové bomby.

# 7. První atomové bomby

## 7.1 Výzkum atomové bomby

Jak už jsem psala výše, vytvořit atomovou bombu se pro Ameriku stalo prioritou. Americká vláda tedy sehnala \$6000 pro projekt Manhattan. Většina předních vědců se shromáždila ve Washingtonu[5] (nejednalo se pouze o americké vědce, nýbrž i vědce z Velké Británie, Kanady, Itálie a dalších evropských států) a začali pracovat na výrobě atomové bomby.

Fermi a jeho tým (v něm byl například i Glenn Seaborg) postavili jaderný reaktor a v prosinci 1942 našli efektivnější způsob přeměny uranu-238 na plutonium-239. Vědci postupně sbírali další vědomosti k výrobě bomby a v létě 1945 měli konečně dostatek plutonia na první test bomby. Mezitím se původně \$6000 projekt dostal na \$2 miliardy.

## 7.2 Použití atomových bomb

První atomová bomba vybuchla 16. července 1945 na kraji oblasti Alamogordo v Novém Mexiku, při jejím testování. Po chvíli pozorovali houbu typickou pro atomové bomby. Výbuch by se svou silou rovnal přibližně 15000-20000 tun trinitrotoluenu (TNT). Bomba byla otestována a mohla do války.

6.srpna 1945 dopadla první atomová bomba - Little Boy na japonskou Hirošimu. O tři dny později, 9. srpna udeřila druhá bomba - Fat Man na město Nagasaki. Přestože někteří zpochybňují tyto kroky, že nebyly třeba, USA k nim měla důvody.

Japonsko je zatáhlo do války útokem na Pearl Harbor, tím udeřili Američanům velkou ránu mimo jiné i na jejich hrdost. Američani Japonsko už nějakou dobu bombardovali, ale Japonci mají také svou hrdost a vzdát se nehodlali. Navíc byli posledními soupeři, takže po jejich kapitulaci válka skončí.

Japonci se dokonce nevzdali ani po svržení první atomové bomby, proto Američani shodili i bombu Fat Man. O život přišli statisíce civilistů, a tak Japonci konečně 2. září kapitulovali a 2. světová válka tím byla ukončena.



## 8. Dodatek

Po válce už se vědci zas mohli veřejně přihlásit ke svým objevům. Edwin McMillan a Glenn Seaborg získali Nobelovu cenu za fyziku za objevy nových prvků 93 a 94.

Seaborg měl ambice nalézt další prvky za uranem. V následujících letech dopsal do tabulky spoustu nových prvků a s týmem tabulku přeorganizoval.

## 9. Závěr

O tom, zda byl výtvar atomové bomby úžasným objevem nebo tragédií, můžeme pouze spekulovat. Podle mého názoru, je to dobře. Koneckonců, kdyby bombu vymysleli Němci dříve než Američani, válka by dopadla úplně jinak a rozhodně ne dobře. Navíc vytvoření bomby předcházeli mnohé převratné objevy, bez kterých by chemie vypadala úplně jinak.

Ano, jaderné útoky byly otřesné a lidi široko okolo měst zdravotně ovlivňovali ještě desítky let, ale mohlo to skončit i hůř.

Problém s atomovými bombami by nás měl znepokojovat spíše nyní, bomby jsou dnes silnější a vlastní je více zemí. Většina zemí světa je sice zapojena do regulace vlastnictví a výroby atomových zbraní (moc do této problematiky nevidím, ale tuším, že je výroba nových atomovek zakázána úplně), včetně atomových velmocí jako je USA a Rusko. Bohužel jsou tu ale i státy, které smlouvu nepodepsaly. Mezi nimi bych se obávala hlavně Severní Korey, je, dle mého názoru, nepředvídatelná a při nějakém politickém střetu s Amerikou bych nevyklučovala, že by vytáhli svojí atomovou bombu.

## Zdroje

- 3. díl dokumentárního seriálu Záhada Hmoty – Do nitra atomu (V českém znění: Prima) – <https://www.youtube.com/watch?v=An4jMg5Ly-s>

- <https://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/hist/>
- <https://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/hist/19/elektronaradioaktivita.html>
- <https://cs.khanacademy.org/science/obecna-chemie/xefd2aace53b0e2de:atomy-a-jejich-vlastnosti/xefd2aace53b0e2de:hmotnostni-spektrometrie-prvku/a/discovery-of-the-electron-and-nucleus>
- [http://artemis.osu.cz/mm fyz/am/am\\_1\\_3\\_1.htm](http://artemis.osu.cz/mm fyz/am/am_1_3_1.htm)
- <https://edu.ceskatelevize.cz/video/7956-rentgenove-zareni>
- <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/kvanta/rentgenove-zareni>
- Dr. František BĚHOUNEK – Neviditelné paprsky (Česká grafická Unie a.s., v Praze 1939)
- <https://www.physics.muni.cz/~blazkova/dp/Jadro1.htm>
- [http://artemis.osu.cz/mm fyz/jm/jm\\_2\\_1\\_1.htm](http://artemis.osu.cz/mm fyz/jm/jm_2_1_1.htm)
- <https://plus.rozhlas.cz/pred-85-lety-zacal-objevem-neutronu-jaderny-vek-6509550>
- <https://cs.wikipedia.org/wiki/Cyklotron>
- Ivan ÚLEHLA, Michal SUK, Zbyšek TRKA – Atomy, jádra, částice (Academia, v Praze 1990) -> pouze strany 464-465
- <https://utf.mff.cuni.cz/~podolsky/Ejemc2/dopisAEFDR.html>
- <https://www.britannica.com/event/Manhattan-Project>
- <https://www.e15.cz/the-student-times/hirosima-a-nagasaki-dva-atomove-hriby-pohltily-pr-ed-75-lety-dve-mesta-a-dve-ste-tisic-zivotu-1372491>
- Rudolf FAUKNER – Moderní fyzika (Nakladatel: Josef Hokr, v Praze 1947)

[1] Zatímco v chemické reakci značky prvků symbolizují atomy, v jaderné reakci určují příslušná atomová jádra

[2] Uran s jiným počtem neutronů v jádře, v tomto případě vyšším.

[3] 93 je protonové číslo, také určuje pořadí prvku v tabulce

[4] Cyklotron je frekvenční kruhový urychlovač částic.

[5] Myšlen stát Washington, ne Washington D. C.