**Atómové jadrá.**

**Všetky látky sa skladajú z atómov.** Atómové jadrá sú zložené sústavy. Skladajú sa z nukleónov (z latinčiny *nucleus* – jadro), t. j. neutrónov a protónov. Iba jadro atómu vodíka je v tomto zmysle jednoduchou sústavou – protónom. Zistilo sa, že **veľkosť atómu je približne 10-10 m a priemer atómového jadra je 10-15 m.** Hmotnosti protónu a neutrónu sú takmer rovnaké a približne 2 000-krát väčšie ako hmotnosť elektrónu: mprotón = 1,672 · 10-27 kg, mneutrón = 1,675 · 10-27 kg . Hmotnostné (nukleónové) číslo atómu **A** je súčtom počtu protónov (protónového a lebo atómového čísla) **Z** a počtu neutrónov (neutrónového čísla) **N: A = Z +N**  Chemický prvok je látka, ktorej atómy majú rovnaký počet Z protónov v jadrách. Podobne nuklid je látkou, ktorej atómy majú jadrá s rovnakým zložením. Dva rôzne nuklidy sa nazývajú izotopy. Izotopy možno rozlíšiť alebo oddeliť iba fyzikálnymi metódami, nikdy nie chemickými reakciami. Atómová jednotka hmotnosti (atómová hmotnostná konštanta): **1 u = 1,660277 · 10-27 kg**. Hmotnosť atómu je daná súčinom relatívnej atómovej hmotnosti **Ar**a hmotnosti jednotky **u**: **matómu = Ar· u** Relatívne atómové hmotnosti iónov možno merať veľmi presne hmotnostným spektrometrom. Ak vypočítame súčet hmotností nukleónov v danom jadre, t. j. veličinu mj´ = Z mp + N mn a porovnáme ju so skutočnou, experimentálne určenou **hmotnosťou jadra mj** zistíme, že **vo všetkých prípadoch je hmotnosť jadra vždy menšia ako súčet hmotností Z protónov a N neutrónov.** **mj** $<$ **mj´= Z ·mp + N· mn**

Nukleóny v jadre sú viazané oveľa silnejšie ako elektróny v atómovom obale. **Väzbovú energiu Ej jadra definujeme ako energiu, ktorú by sme museli dodať, aby sa jadro rozdelilo na Z protónov a N neutrónov. Podľa Einsteinovej rovnice: ΔE = Δm· c2** každej zmene ΔE vnútornej energie zodpovedá zmena Δm pokojovej hmotnosti sústavy. Väzbová energia Ej jadra skladajúceho sa zo Z protónov a N neutrónov je s **hmotnostným úbytkom Bj** viazaná vzťahom: **Ej = Bj · c2 ,** **Bj = Z mp + N mn – mj** **Väzbová energia jadra je obrovská a hmotnostný úbytok Bj dosahuje takmer 1 % hmotnosti jadra.** [1]

**Henry Becquerel objavil v roku 1896 žiarenie**, ktoré vychádzalo z uránu (a z niektorých neskôr objavených látok), pôsobilo na fotografickú dosku, spôsobovalo ionizáciu vzduchu a prenikalo mnohými látkami. **Manželom Pierrovi a Márii Currrieovým** sa o dva roky neskôr podarilo izolovať z uránovej rudy dva dovtedy neznáme prvky: polónium a rádium, ktoré tiež vysielali toto žiarenie, a to omnoho silnejšie. Schopnosť vysielať toto žiarenie bola nimi pomenovaná rádioaktivitou a prvky rádioaktívnymi prvkami (rádionuklidmi). **Prirodzená rádioaktivita** je rádioaktivita prvkov, ktoré sa nachádzajú v prírode a je vyvolaná prirodzenou nestabilitou jadier. Veľmi silným žiaričom je rádium, ktoré sa rozpadá na radón a α časticu: $$$⟶$$$ ***+*** $$

**Umelá rádioaktivita je rádioaktivita umelo vytvorených jadier atómu**. Umelé rádioizotopy sa získavajú pri bombardovaní nerádioaktívnych izotopov urýchlenými časticami alebo ožarovaním neutrónovými lúčmi najčastejšie v jadrových reaktoroch. Niektoré spôsoby rádioaktívneho odpadu sa vyskytujú len pri umelo vytvorených rádioizotopoch. **Manželia Frederic a Irene Joliot-Currieovci objavili v roku 1934** ostreľovaním hliníka prúdom častíc α **umelú rádioaktivitu**. Uskutočnili reakciu: $$ **+** $$$⟶ +$ pričom vznikajúce jadrá fosforu sa ďalej spontánne menili na jadrá kremíka za súčasnej emisie pozitrónov (a neutrín): $⟶ + $[2]

**Rádioaktívna premena**

Rádioaktívne prvky sa vyžarovaním rádioaktívneho žiarenia menia na prvky iné a pri tejto premene sa uvoľňuje energia vo forme tepla. Pri premene sa vyžaruje žiarenie α alebo β, nikdy však obe naraz. Žiarenie γ tieto druhy žiarenia často sprevádza. Procesy, ktoré prebiehajú v atómovom jadre, môžeme často charakterizovať iba určitou pravdepodobnosťou. Prejavuje sa to napríklad pri zákonoch rádioaktívneho rozpadu. [2]

Časový priebeh procesu samovoľnej premeny rádioaktívnych jadier vyjadruje exponenciálny vzťah, v ktorom **N0 je pôvodný počet rádioaktívnych atómov, N je počet rádioaktívnych atómov v čase t, t je čas a λ je konštanta úmernosti -** premenová konštanta [s-1].

**N (t) = N0 · e-λt**

Rádioaktívna premena má štatistický charakter. Nemožno určiť kedy sa rozpadne jedno vybrané jadro, ale len pravdepodobnosť tohto javu**. Počet jadrových premien ktoré nastanú vo vzorke rádioaktívnej látky za časovú jednotku označujeme ako aktivita A. Jednotkou aktivity je becquerel (Bq)**, ktorý zodpovedá jednej premene za sekundu (Bq = s-1). Aktivita žiariča s časom postupne klesá. Časový priebeh tohto procesu vyjadruje vzťah: **A (t) = A0·e-λt**

kde: **A0 je počiatočná aktivita žiariča a A je aktivita v čase t.**

**Počet rádioaktívnych jadier (a aktivita žiariča) sa zníži na polovicu vždy za rovnaký čas. Tento čas za ktorý sa premení polovica prítomných rádioaktívnych jadier atómov nazývame polčas premeny alebo polčas rozpadu a označujeme ho symbolom T1/2.** Tento parameter je špecifický pre každý rádioaktívny prvok. Polčasy premeny rádionuklidov môžu mať hodnoty od zlomkov sekundy až po miliardy rokov. Napríklad polčasy rozpadu 212 Po, 14C a 232 Th sú 3.10-7 s, 5730 rokov a 1,4.1010 roka. **T1/2 =** $\frac{ln2}{λ}$[1]

Obr. Znižovanie počtu rádioaktívnych jadier (N) v závislosti na čase (t).

Reakcie, pri ktorých sa mení počet protónov a neutrónov v jadre nuklidu označujeme ako jadrové reakcie. Jadrová reakcia prebieha napríklad vtedy, ak odstreľujeme jadrá atómov α-časticami, protónmi alebo neutrónmi s veľkou energiou. Zdrojom týchto elementárnych častíc môžu byť rádioaktívne žiariče alebo urýchľovače častíc. V ožarovaných materiáloch sa pôvodné jadrá môžu zmeniť na iné a tak môžu vznikať nové nuklidy. V prípade, ak vzniknuté nuklidy sú rádioaktívne, ožiarenie materiálov vedie k zvýšeniu ich rádioaktivity. Voľné neutróny boli prvýkrát získané v roku 1932 anglickým fyzikom Jamesom Chadwickom pri reakcii berýlia s časticami α. $$ **+** $$$⟶$$$ **+** $$

 Dva typy jadrových reakcií sú zvlášť významné z hľadiska uvoľňovania energie. Prvou z nich je termojadrová (termonukleárna) syntéza pri ktorej sa spájajú ľahšie jadrá a vznikajú jadrá ťažšie. Takéto procesy prebiehajú napríklad na Slnku a iných hviezdach (zlučovanie jadier vodíka ), alebo pri výbuchu nukleárnych zbraní (vodíkovej bomby). Deutérium D a tritium T sú izotopy vodíka. Výbuch nukleárnych zbraní je dôsledkom reakcie pri ktorej sa spája jadro deutéria a trícia a vzniká hélium , protón a energia. $$ **+** $$$⟶$$$ **+** $$ **+ 17,7 Mev**

Ľahké jadrá sa môžu spájať len vtedy, ak prekonajú odpudivé elektrostatické sily a priblížia sa na jadrovú vzdialenosť. Potrebnú kinetickú energiu získajú napríklad po zohratí na veľmi vysokú teplotu. V súčasnosti prebieha dlhodobý experimentálny výskum, ktorého cieľom je využiť riadenú termojadrovú syntézu na získavanie využiteľnej energie na Zemi. Problémom je zvládnutie extrémnych teplotných podmienok potrebných na kontrolovaný priebeh reakcie.

Druhá z jadrových reakcií spojených s uvoľňovaním energie nastáva vtedy, ak sa ťažšie jadrá delia na dve menšie jadrá s približne rovnakou hmotnosťou. Takýto druh reakcií nazývame štiepne reakcie. Štiepeniu podliehajú jadrá s veľkým počtom nukleónov ako sú napríklad jadrá uránu a plutónia. Štiepenie je obvykle zahájené absorpciou neutrónu s vhodnou, relatívne malou rýchlosťou. Spomalený neutrón tak môže rozštiepiť jadro uránu 235 napríklad na jadrá bária a kryptónu.$$ **+** $$$⟶$$$ **+** $$ **+ 3 ·** $$

Pri takomto štiepení jadier sa uvoľnia približne dva až tri neutróny a energia. Ak sa vznikajúce neutróny vhodným spôsobom spomalia, môžu štiepiť ďalšie jadrá uránu. Pretože počet neutrónov vznikajúcich pri reakcii je väčší ako do reakcie vstupujúcich, môže pri vhodných podmienkach prebehnúť tzv. reťazová reakcia, pri ktorej sa lavínovito štiepi stále väčší počet jadier. Štiepne reakcie sú využívané na získavanie energie v jadrových reaktoroch, ale aj v jadrových zbraniach. Krajiny disponujúce jadrovými zbraňami sú: USA, Rusko, Spojené kráľovstvo, Francúzsko, Čínska ľudová republika, India, Pakistan, Izrael a pravdepodobne Severná Kórea. [1]

Prvý jadrový reaktor bol spustený v roku 1942 v Chicagu pod vedením Enrica Fermiho. Štiepnu reakciu možno regulovať tak, že **sa určitá časť neutrónov absorbuje materiálom** **(kadmium, bór),** ktorý ich silne pohlcuje. Proces sa reguluje zasúvaním a vysúvaním **regulačných tyčí**, tak aby sa udržala hodnota koeficientu **k** približne **1.** Keby sa reakcia nekontrolovateľne rozbehla, došlo by k výbuchu (atómová bomba). Súčasné reaktory nemajú ako **moderátor** (spomaľuje neutróny, aby štiepna reakcia bola úspešnejšia) horľavý grafit, ale **vodu**, takže ku katastrofe aká bola v Černobyle s grafitovým moderátorom už nemôže dôjsť. Jadrová energia sa pri štiepení uvoľňuje zväčša ako kinetická energia fragmentov štiepenia. Ich pôvodne rýchly pohyb sa skoro spomalí pri zrážkach s atómami látok v reaktore, ktoré sa tým zohrievajú. Reaktor sa musí chladiť. Z bezpečnostných dôvodov sa para nevyrába priamo v reaktore, ale používa sa dvojokruhový systém. Chladivo v reaktore cirkuluje v primárnom okruhu a vo výmenníku odovzdáva teplo sekundárnemu okruhu, v ktorom cirkuluje voda. Po prijatí tepla sa voda v sekundárnom okruhu mení na paru, ktorá poháňa turbíny. [2]

Použitá literatúra:

[1] Pišút Ján a kol.: *Fyzika pre 4. ročník gymnázií,* Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1998, 326 s., ISBN 80-08-02871-8

[2] Heinz Gasha, Stefan Pflanz: *Kompedium fyziky*, Univerzum 2008, 488 s., ISBN 978-80-242-2013-0