30.Jadrová fyzika

- **jadro** – skladá sa z protónov a neutrónov => **nukleónov** $^{A}_{z}X$
- **A** – **nukleónové číslo** a **Z** je **protónové číslo**
- **nuklidy** – majú rovnaké Z aj A
- **izotopy** – majú rovnaké Z, ale rôzne A => líšia sa počtom neutrónov
  - rozlíšime len fyzikálnymi vlastnosťami
- **elektrický náboj jadra** – Q = Z . e
- **e** – **elementárny elektrický náboj**
- **hmotnosť protónu** je približne **rovnaká** ako hmotnosť **neutrónu**, ale **oveľa väčšia ako** hmotnosť **elektrónu** (asi 1800 krát)
- **rozmery protónu** a **neutrónu** sú približne **rovnaké**, ale **oveľa väčšie ako** rozmery **elektrónu** (asi 10 000 krát)
- rozmer **jadra** je asi **100 000 krát menši** ako rozmer celého **atómu** => atóm je skoro prázdny v jadre je sústredená skoro celá hmotnosť atómu
- hmotnosť jadra je vždy menšia ako súčet hmotností jednotlivých nukleónov – hmotnostný úbytok
- **hmotnostný úbytok** – súvisí s väzbovou energiou jadra – energia, ktorú musíme dodať aby sme jadro rozdelili na jednotlivé nukleóny (musíme porušiť silné príťažlivé jadrové sily medzi nukleónmi)

$$\Delta E = \Delta m \cdot c$$

- ak chceme **rozdeliť** jadro musíme **dodať energiu** => **ΔE = + => Δm = +** => hmotnosť nukleónov sa zväčší
- ak **spájame** nukleóny do jadra **uvolní sa pritom energia** => **ΔE = - => Δm = -**
- praktické je prepočítať väzbovú energiu na 1 nukleón ΔE / A , aby sme ju mohli porovnávať pre rôzne atómy
- čim viac energie na jeden nukleón potrebujeme na rozbitie jadra, tým stabilnejšie je jadro a tým ťažšie sa delí

- **syntéza a žiarenie jadier reťazová reakcia** - pri jadrových reakciách sa mení časticové zloženie jadier a uvoľňuje sa jadrová energia
- jadrové procesy delíme na :

  1) syntéza látky jadier – prebieha s jadrami, ktoré majú **A < 56**

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{1}e + \nu$$
$$^{1}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$$
$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + 2 \cdot ^{1}_{1}H$$

- produkty majú väčšiu E_k ako reaktanty, môžu ju odovzdávať ďalej, využívať ju
- na priebeh syntézy je potrebné aby sa jadrá k sebe priblížili na vzdialenosť jadrových síl, načo potrebujú veľkú energiu, ktorú môžu získať napr. v horúcom plyne =>
- **termonukleárna syntéza** – prebieha pomaly pri obrovskej teplote (niekoľko miliónov Kelvínov) stretneme sa s ňou vo vnútri hviezd alebo prebieha rýchlo a krátkodobo vo vodíkovej bombe
  - riadená termonukleárna reakcia je sľubným zdrojom energie, ale nepodarilo sa ju dlhodobo udržať pokusy prebiehajú v **Tokamaku** – prstencová nádoba s horúcou plazmou udržiavaná magnetickým polom v jej strede

  2) štiepenie ťažkých jadier – **A >56**
- keďže neutrón nemá náboj môžeme ním ostreľovať jadro, nie je od neho odpudzovaní
- jadrá sa pri ostreľovaní štiepia, vznikajú nestabilné produkty, ktoré sa neskôr rozpadajú

- pri každom štiepení sa uvoľní veľké množstvo energie (asi 200 MeV) a opäť vzniká neutrón

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2\,^{1}_{0}n$$

- ak neutrón vznikne pri štiepení, rozštiepia ďalšie jadrá a vzniká reťazová reakcia
- **pomalšie neutróny** sú **pri** vyvolanej **reťazovej reakcii účinnejšie** (Fermi – pokusy)

- stredný počet účinných neutrónov – k - vyjadruje priemerný počet neutrónov uvolnených z jadra pri štiepení, ktoré vyvolajú ďalšie štiepenie
- **môžu nastať 3 prípady** : a) **k > 1** => reťazová reakcia sa lavínovite **zväčšuje** (jadrové bomby)
  b) **k = 1** => reťazová reakcia je **stacionárna** (počet štiepení sa nemení)
  c) **k < 1** => reťazová reakcia **vyhasína**

- **jadrový reaktor** a **jadrová elektráreň :**

- **jadrový reaktor** – zariadenie, v ktorom prebieha kontrolovaná a riadená reťazová reakcia
  - **k** je približne 1 (o málo viac)
  - tvoria ju : **palivové tyče** (obsahujú jadrá uránu)
    regulačné tyče (slúžia na regulovanie štiepnej reakcie)
    primárny okruh (obsahuje vodu, ktorá odvádza teplo z reaktora => chladí ho a zároveň spomaľuje neutróny)
- bezpečnosť reaktora zabezpečujú regulačné tyče a chladiaca voda => ak by sa k zvýšilo uvoľnilo by sa viac energie => chladiaca voda by sa vyparila a nespomalila by neutróny => reakcia by sa postupne zastavila (rýchle neutróny sú málo účinné)

- **jadrová elektráreň** – tvoria ju tri okruhy a to :
  1) primárny – cirkuluje v ňom voda, ktorá odoberá teplo z reaktora (voda je pod vysokým tlakom aby sa nevyparila)
  2) sekundárny – obsahuje vodu, ktorá sa zohrieva od primárnej vody a mení sa na paru, vyparuje sa (vo výmenníku) para roztáča turbínu a vyrába elektrickú energiu
  3) chladiaci okruh – v tomto okruhu sa sekundárna para ochladzuje a skvapalňuje v chladiacich vežiach
- okolo reaktora je ochranný kryt (betón a olovo), ktorý zabraňuje úniku neutrónov a rádioktívneho žiarenia
- v okolí elektrárne sú meracie stanice – **dozimetre**

- **prirodzená** a **umelá rádioaktivita** :

- **rádioaktivita** – žiarenie, ktoré vysielajú jadrá pri svojom rozpade
- **prirodzená rádioaktivita** – atómové jadrá sa rozpadajú samovoľne, lebo sú nestabilné uvoľňujú pritom jadrovú energiu vo forme rádioaktívneho žiarenia => toto obsahuje 3 zložky
- **α žiarenie** – prúd rýchlo letiacich α častíc – kladne nabité jadrá hélia
  - najmenej prenikavé, pohltí to list papiera
- **β žiarenie** – prúd rýchlo letiacich záporných elektrónov – prenikavejšie
  - pohltí ho hliníkový plech
  β^{+}- prúd rýchlo letiacich pozitrónov (elektróny s kladným nábojom)
  β^{-}
- **γ žiarenie** – prúd fotónov s vysokou energiou (viac ako 10 k eV)
  - najprenikavejšie, prejde aj cez olovený múr a je nebezpečné, spôsobuje

genetické poškodenie orgánov

- jednotlivé zložky rádioaktívneho žiarenia môžeme odlíšiť tak, že necháme žiarenie prechádzať magnetickým polom => α a β sa odchýlia, každé na opačnú stranu, γ sa neodchýli (postupuje rovno)
- **umelá rádioaktivita** – ostreľovaním jadra vzniká nestabilný rádionuklid, ktorý sa ďalej samovoľne rozpadá a uvoľňuje rádioaktívne žiarenie
  - objavená v roku **1934** manželmi **Curieovcami**

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

- **polčas premeny** – **τ** – to je čas, za ktorý sa rozpadne polovica pôvodného množstva rádionuklidu
- polčas premeny rádionuklidu uhlíka sa používa na stanovenie veku hornín a skamenelín
- rádionuklid uhlíku vzniká v atmosfére reakciou kozmického žiarenia s N a O a látkovou výmenou sa dostáva do živých organizmov keďže tento rádionuklid je nestabilný, rozpadá sa :

$$^{14}_{6}\mathrm{C} \rightarrow \ ^{14}_{7}\mathrm{N} + b$$

- **b – antineutrón**
- keď živý organizmus odumrie prestáva látková výmena => rádionuklid uhlíku sa viac nedopĺňa len sa rozpadá => jeho množstvo v odumretom organizme časom klesá => pomocou polčasu premeny potom môžeme určiť vek odumretého organizmu (**pre uhlík je polčas rozpadu 5730 rokov**) => ak odumretý organizmus obsahuje polovicu pôvodného množstva rádionuklidu má 5730 rokov
- **zákon rádioaktívnej premeny** – hovorí o tom aké množstvo rádionuklidu obsahuje odumretý organizmus v danom čase

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

- **N** – množstvo rádionuklidu v čase
- **N_0** – pôvodné množstvo rádionuklidu
- **λ** – rozpadová konštanta
- **t** – vek organizmu