

Jaderná fyzika

Autor: Mgr. Jaromír JUŘEK

Kopírování a jakékoliv další využití výukového materiálu je povoleno pouze s uvedením odkazu na www.jarjurek.cz

1. Jaderná fyzika

Jaderná fyzika je odvětví fyziky, které se zabývá otázkou štěpení jádra a využitím jaderné energie.

Shrnutí poznatků o částicích

Pojem **atom** vznikl z řeckého slova atomos = nedělitelný. Každá látka se skládá z částic - atomů. Některé atomy se slučují ve větší částice a dostáváme tak **molekuly**. Molekuly mohou být i jednoatomové. Každý atom je tvořen **atomovým jádrem a atomovým obalem**. Atomové jádro je asi stotisíckrát menší než atomový obal. Síla, která drží pohromadě atomové jádro, se nazývá **jaderná síla**. Mezi protony v jádře existuje tedy **přitažlivá síla jaderná a odpudivá síla elektrická**. Jaderná síla je ale mnohem větší. V atomovém jádře se vyskytují kladně nabitě částice - **protony a neutrální neutrony**. V atomovém obalu se vyskytují **záporně nabitě elektrony**. V každém atomu je stejný počet kladně nabitých protonů a záporně nabitých elektronů. Proto se atom jeví navenek **elektricky neutrální**. Rovněž elektricky neutrální jsou všechny molekuly. Pokud nějakým způsobem docílíme stavu, kdy atom přijme navíc jeden nebo více elektronů (např. zelektrováním tělesa třením), vzniká **záporný iont (aniont)**. Pokud naopak z atomu při některém jevu dojde k úbytku jednoho nebo více elektronů, vzniká **kladný iont (kationt)**.

Každý prvek charakterizuje tzv. **protonové číslo a nukleonové číslo**. Protonové číslo se zapisuje vpravo dolů a vyjadřuje počet protonů v jádře (zároveň tedy i počet elektronů v atomovém obalu). Protonové číslo zároveň každý prvek charakterizuje, je tedy pro každý prvek jiné. Nukleonové číslo se zapisuje vpravo nahoru a vyjadřuje počet nukleonů v jádře, tj. celkový počet protonů a neutronů dohromady. Známe-li tedy u prvku protonové a nukleonové číslo, jsme schopni určit počet protonů, neutronů i elektronů v atomu.

Pozn.: V počítači lze jen obtížně zapsat ke značce prvku dvě čísla vpravo nahoru a dolů, proto budeme zapisovat takto: N(14;7) značí např. dusík, který má nukleonové číslo 14 a protonové číslo 7.

Některé látky mohou obsahovat atomy, které mají stejná protonová, a stejná nukleonová čísla. Takové atomy nazýváme **nuklidy**. Jádra atomů téhož prvku se od sebe mohou lišit počtem neutronů v jádře. Atomy, které mají stejná protonová čísla, ale odlišná nukleonová čísla, nazýváme **izotopy**. Např. vodík může existovat ve třech různých izotopech: H(1; 1), H(2; 1) - deuterium, H(3; 1) - tritium. Uhlík má například šest různých izotopů, apod.

Radioaktivita

Někdy se stává, že z jádra najednou vylétnou velkou rychlostí nějaké částice. Tomuto jevu se říká **radioaktivita**. Radioaktivita se projevuje jistou formou neviditelného záření. Může být člověku prospěšná, ale může být i velmi škodlivá.

Prvky, které vysílají do prostoru neviditelné záření, se nazývají **radionuklidy**. Objevitelem radioaktivity byl významný fyzik **Henri Becquerel**. Objev radioaktivity má i jistou vazbu na naše území. K objevu totiž došlo tak, že Becquerel položil jistý kámen (později nazvaný smolinec - těžil se v okolí Jáchymova) omylem na fotografickou desku. Po určité době zjistil, že kámen měl na fotografickou desku podobné účinky, jako kdyby byla osvětlena světlem. Později byly objeveny další prvky, které vyzařují radioaktivitu - např. prvek radium, jehož objevitelkou je polská Marie Curie-Sklodovská. První umělý radionuklid objevil už v roce 1919 Ernest Rutherford. Ozařoval jádra dusíku zářením alfa, které získal při radioaktivní přeměně přirozeného radionuklidu uranu U(238; 92). Proběhla tak reakce $N(14; 7) + He(4; 2) \rightarrow O(17; 8) + p$

Nové radioaktivní prvky zjistil ve třicátých letech minulého století i italský fyzik Enrico Fermi.

Jak je vidět z právě uvedené reakce, při radioaktivní přeměně zpravidla dochází ke vzniku nového prvku. Změní se totiž protonové číslo původního prvku. Reakci, která proběhne, říkáme reakce **jaderná**.

Řadu prvků, kde se postupně přeměňuje vlivem radioaktivního vyzařování jeden na druhý tak dlouho, až vzniká stabilní prvek, kterým je zpravidla olovo, nazýváme **rozpadová řada**.

Přeměna jednoho prvku v jiný je proces, při kterém z jádra vyletí jedna jeho část. Při tomto vyzařování se většinou uvolňuje škodlivé záření a velké **množství energie**.

Jaderné záření může mít několik podob:

- **záření alfa** - je to proud rychle se pohybujících jader atomů helia. Toto záření lze snadno pohltnout - např. papírem.
- **záření beta** - je to proud rychle se pohybujících elektronů. Záření lze pohltnout např. hliníkovou folií.

- **gama záření** - jedná se o záření velmi krátké vlnové délky, svými vlastnostmi je dost podobné záření rentgenovému. K jeho pohlcení už je nutná vrstva olova nebo silnější vrstva betonu.

Veličinou, kterou posuzujeme při rozpadu částic a přeměně prvků, je tzv. **poločas rozpadu**. Je to doba, za kterou se rozpadne polovina z původního množství atomových jader. Některé prvky mají poločas rozpadu několik sekund, jiné až stovky let.

Mírové a válečné využití jaderné energie

Při rozpadu jádra dochází často k tzv. **řetězové reakci**. Jedná se o jev, kdy z jádra vyletí několik neutronů. Ty narazí do dalších jader (např. uranu), rozštěpí je, vylétnou další neutrony, ... a takhle pokračuje reakce dále a dále. Takováto reakce, ale řízená, kontrolovaná, probíhá např. v jaderném reaktoru jaderné elektrárny. O to, aby se nestala nekontrolovatelnou a nedošlo ke štěpení, které by obsluha nemohla zvládnout, se starají tzv. **regulační tyče**. Pro případ selhání je v reaktoru ještě jedna pojistka a tou jsou **havarijní tyče**. Jejich zasunutím do reaktoru se může řetězová reakce ukončit během několika málo sekund. Havarijní tyče v rychlosti pohltí uvolněné neutrony a ty tak nemohou štěpit další jádra.

V naší republice máme dvě jaderné elektrárny, a to v **Dukovanech** na Jižní Moravě a v **Temelíně** v Jižních Čechách. Jaderné elektrárny, pokud správně fungují, jsou velmi šetrné k životnímu prostředí. Nijak ho totiž neznečišťují. Pokud ale dojde k poruše a k nekontrolované havárii, jsou velmi nebezpečné. Největší mírová jaderná katastrofa, která na světě nastala, byla v roce 1986 v ukrajinské jaderné elektrárně Černobylu. Tehdy se dostalo do ovzduší velké množství jaderného záření a problémy radioaktivního spadu se následně projeví téměř na celém světě.

Jadernou energii lze v mírových podmínkách využít i k dalším účelům, nejen tedy k výrobě elektřiny v jaderných elektrárnách. Velký význam má v lékařství, kdy se radioaktivní ozařování používá k **léčení zhoubných nádorů**; radioaktivita se používá ale i v tzv. **defektoskopii** (zjištění vad materiálů - např. u ropovodů, plynovodů, apod.). Radioaktivita se využívá i při tzv. **metodě značených prvků**, kdy se radioaktivním ozařením označí některé prvky a ty pak je možno sledovat různými detekčními zařízeními. Sleduje se tak např. koloběh prvků v přírodě, využití této metody je ale i v lékařství.

Jadernou energii lze ale též zneužít k **válečným účelům**. Už na konci druhé světové války byla zkonstruována první jaderná bomba. V praxi byla poprvé vyzkoušena v srpnu 1945, kdy Američané svrhli dvě tyto bomby postupně na dvě japonská města Hirošimu a Nagasaki. Následky byly tragické.

Princip činnosti jaderné bomby je přitom velmi jednoduchý. Dvě podkritická množství uranu jsou od sebe držena klasickou pružinou a na konci celého železného tělesa je obyčejná trhavina. Při nárazu dojde k explozi trhaviny, v důsledku toho ke stlačení pružiny a následně se rozpoutá řetězová reakce, která v nekontrolovaném stavu má velmi katastrofální účinky.

Účinky jaderného výbuchu:

- vysoká teplota
- prudké změny tlaku
- ionizující záření

Ještě ničivější než jaderná bomba je **bomba vodíková**. Ta nevyužívá principu řetězové reakce, ale principu **jaderné syntézy** (slučování jader - např. deuteria a tritia). První vodíková bomba byla sestrojena ve Spojených státech amerických už v roce 1951. K zahájení jaderné syntézy je zapotřebí obrovské množství energie. Toto množství energie může dodat pouze energie jaderného výbuchu.

Obsah

 1. Jaderná fyzika

2