

Jaderná fyzika

Atomy

Nejmenší, zdánlivě nedělitelná jednotka hmoty

Molekula- „spojené“ atomy různých (nebo stejných) prvků

- Dva atomy kyslíku se spojí v molekulu kyslíku: $O + O \rightarrow O_2$
- $O_2 + O \rightarrow O_3$ (ozón)
- Při hoření vodíku ve vzduchu vzniká voda: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
- Dokonalé hoření uhlíku: $C + O_2 \rightarrow CO_2$

Atom dokážeme “rozbit” jednoduše tak, že odtrhneme nějaký z jeho elektronů (např. třením pravítka o textil)

Díky odtržení některých z elektronů se z atomu stává elektricky nabitý iont

Atomová jádra

atomové jádro – téměř všechna hmota atomu, kladně nabitě

protony – kladně nabitě částice (jádro)- mají stejně velký náboj jako elektrony, ale jsou 1800x těžší

počet protonů je stejný jako počet elektronů – tento počet se nazývá protonové číslo

v atomu jsou dále také neutrony (objeveny 1932)

neutrony a protony= nukleony – jejich počet dohromady se nazývá nukleonové číslo

protony a neutrony mají přibližně stejnou hmotnost

látky složené z atomů, které jsou atomárně stejné, tj. mají stejná nukleonová i protonová čísla se nazývají **nuklidy**

mají-li dva atomy stejné protonové číslo, ale různé nukleonové číslo jsou to dva **izotopy** téhož prvku

izotopy téhož prvku mají stejné chemické vlastnosti, ale rozdílné fyzikální

Radioaktivita

schopnost látek vyzařovat neviditelné pronikavé záření/částice

Marie a Pierre Curieovi – objev polonia a radia ze smolince (uranitu – uranové rudy)

Při radioaktivním vyzařování se atomová jádra přeměňují na jádra jiná

Látky tvořené atomy s radioaktivními jádry nazýváme radionuklidy

Rozlišujeme záření/částice:

- Alfa (nabitá částice bez elektronového obalu – nejčastěji helium-4)
- Beta (elektrony nebo pozitrony)
- Gama (elektromagnetické záření)

Neutronové záření – vzniká v jaderných zbraních a reaktorech – díky proudu letících neutronů nejpronikavější – neutrony totiž nemají elektrický náboj tudíž na něj nepůsobí odpuzivé elektrické síly atomových jader – lze se před ním chránit silnou vrstvou vody nebo betonu

Alfa

Skládá se ze dvou protonů a dvou neutronů – toto „záření“ pohlcuje list papíru nebo i vrstva vzduchu – při vnějším vystavení mrtvým kožním buňkám není škodlivé

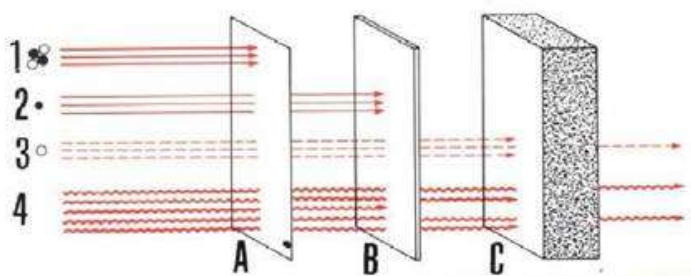
Zdroje alfa částic: radon (plyn – nebezpečí při vdechování)

Beta

Je tvořeno záporně nabitými elektrony nebo kladně nabitými částicemi o stejné hmotnosti (pozitrony)- pohlcuje ho například tenký hliníkový plech

Gama

Krátkovlnné elektromagnetické záření – podobné rentgenovému záření – lze pohltit vrstvou olova



Stínící efekt různých základních materiálů pro jednotlivé typy záření

1 - záření alfa, 2 - záření beta, 3 - tok neutronů, 4 - záření gama;

A - list papíru, B - ocelový plech, C - betonová stěna

Využití

Většina prvků má svůj radioaktivní izotop

- Metoda značených atomů – zkoumání koloběhu některých prvků v rostlinách a živých organismech – použití malého množství příslušného radioaktivního izotopu – takto lze pozorovat například jód ve štítné žláze nebo jak krev koluje v žilách
- Radiouhlíková metoda¹ – určování stáří organických materiálů které byly kdysi naživu – tudíž přijímaly kromě uhlíku C 12 také radioaktivní izotop C 14 (radiouhlík – poločas přeměny 5730 let) - a se zánikem organismu přestal přijímat C 14, a tudíž se od té doby jenom přeměňuje na jiné nuklidy
- Diagnostika (rentgen)
- Ozařování nádorů – Leksellův gama nůž
- Použití ke sterilizaci hořlavých materiálů – lékařská vata, rukavice atd.
- Ozařování potravin – zamezení zkažení nebo klíčení
- Defektoskopie – zjišťování vad, poruch a prasklin v kovech jejich prozařováním
- Jaderné elektrické baterie – využití toho že se radionuklidy samy zahřívají

Uvolňování jaderné energie

Štěpení

Jednou z možností je štěpení jader při řetězové jaderné reakci

Tato reakce však probíhá pouze v tzv. štěpných materiálech (jediný přírodní štěpný materiál je uran 235)

Přírodní uran je tvořen především U238 a pouze z 0,7 % U235

U238 sice není štěpný, ale v jaderných reaktorech z něj lze vyrábět plutonium 239, které je štěpné

U235 i Pu239 tak mohou být použity i v jaderných zbraních

Při řetězové jaderné reakci vnikne do jádra U235 neutron a rozštěpí ho na dvě jádra přibližně poloviční velikosti, a kromě toho z jádra vylétnou tři nové neutrony které mohou rozštěpit další jádra U235...

Je-li objem látky dostatečně veliký (má-li tzv. kritickou hmotnost) má řetězová reakce charakter výbuchu

Slučování (fúze)

¹ V horninách se určuje rozpad uranu na olovo

Lze také slučovat vodík na deuterium a tritium (těžký a supertěžký vodík), nebo slučovat deuterium a tritium na helium za uvolnění jednoho neutronu – při těchto reakcích nevzniká radioaktivní odpad – pokud nedojde k úniku tritia, které je radioaktivní

Reakce jaderného slučování ovšem neprobíhá jako řetězová reakce, ale je k tomu potřeba aby ve vysokých rychlostech do sebe tato jádra narážela, a to za teploty několik milionů °C – termojaderné reakce

Při vysokých teplotách se plyn ionizuje a vzniká tak další skupenství látky – plazma – od atomů je odtrhnut elektronový obal

Jaderné zbraně

Princip

Dva kusy U235 nebo Pu239 o velikosti menší, než je kritická jsou klasickou výbušninou vrženy proti sobě a dosáhnou tak kritické velikosti – řetězová reakce takto proběhne ve zlomku sekundy – přitom se uvolní obrovská energie a látka se zahřeje na teplotu několika milionů stupňů

Účinky výbuchu jaderné zbraně:

- Světelný záblesk
- Záření
- Vysoká teplota
- Tlaková vlna
- Zamoření

Historie

Jaderné zbraně byly doposud použity dvakrát, a to při bombardování Hirošimy a Nagasaki v roce 1945

USA vodíková bomba 1951, sovětský svaz v roce 1953

Jaderný reaktor

Probíhá zde reakce štěpení uranu 235

Palivo ve formě U235 se vkládá do reaktoru v podobě palivových článků (nejčastěji uranových tyčí zabudovaných do kovových pouzder)

Základní část reaktoru, kde probíhá reakce se nazývá aktivní zóna

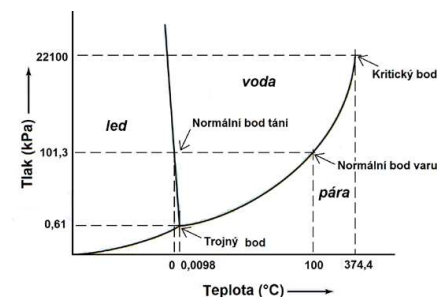
Aby reakce mohla probíhat kontrolovaně musí být neutrony vyletující z jader zpomaleny moderátorem (zpomalovačem)- jako moderátor se používá voda nebo grafit

K ovládání reaktoru slouží regulační tyče z kadmia nebo oceli s příměsí boru, které pohlcují přebytečné neutrony

Zasouváním a vysouváním tyčí z aktivní zóny se mění výkon reaktoru

Kdyby se počet neutronů začal nebezpečně zvyšovat zasunou se do aktivní zóny automaticky tzv. havarijní tyče, které celou reakci zastaví

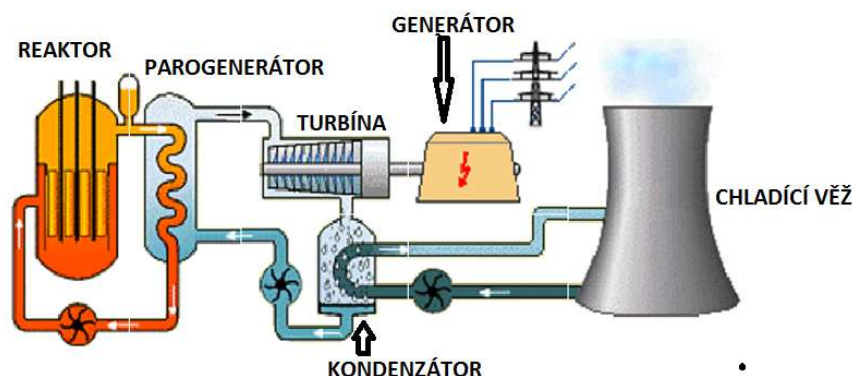
Reaktor se chladí vodou nebo vhodným plynem – aby voda zůstávala v kapalném stavu i při vyšších teplotách, než je bod varu, tak je aktivní zóna umístěna v tlakové nádobě



Horká voda pak koluje uzavřeným okruhem a odevzdává část své vnitřní energie v parogenerátoru (vyvíječi páry), který je součástí druhého parního okruhu, kde je pára vedena do turbíny (ta pak vyrábí elektřinu)

Pára opouštějící turbínu se zkapalňuje a ochlazuje uvnitř vysokých betonových chladicích věží

Reaktory chlazené vodou se nacházejí také v Dukovanech a v Temelíně



Jaderná elektrárna

Jaderné elektrárny 1/5 světové elektřiny

V ČR Jaderná elektrárna vyrábí cca 1/4 elektřiny

Jaderná elektrárna je za normální situace velmi ekologická – pouze vzniká radioaktivní odpad, se kterým v současnosti nevíme, co dělat

Po vyjmutí vyhořelého paliva z reaktoru je potřeba jej na chvíli poslat na pobyt do vodním bazénu na území elektrárny, aby se ochladilo a poklesla jeho radioaktivita, poté je přesunuto do tzv. meziskladu, o vybudování trvalých úložišť se dlouhodobě diskutuje

Bezpečnostní prvky jaderné elektrárny: automatické odstavení reaktoru, dodatečné chlazení, betonový kontejnment...

Historie

První jaderné reaktor Enrico Fermi na univerzitě v Chicagu 2. prosince 1942

Pouze 2 závažné incidenty: Černobyl 1986 a Fukušima 2011

- Největším rizikem zamoření Stronciem-90 a Cesium-137 (v blízkém okolí také Jód-131)

Mezinárodní agentura pro atomovou energii (OSN)- kontrola elektráren, zbraní...

Ochrana před zářením

Měření

na měření tzv. ionizujícího záření (záření které má dostatečné množství energie k odrhnutí elektronu z obalu atomu) používáme:

- Dozimetry (funguje na principu změn látky v něm obsažené)
- Zobrazovací detektory (sledují prostorové rozložení záření)
- Dráhové detektory částic (měří/zobrazují dráhy pohybu jednotlivých částic)
- Geigerův-Müllerův počítač (použití trubice s plynem a vysokým napětím)

Stínění

- Olověné cihly
- Ocel
- Voda