

Otázka: Jádru atomu

Předmět: Fyzika

Přidal(a): Denisa

Atomová jádra – skládá se z nukleonů, protonů a neutronů

- X = obecná značka prvků
- Z = protonové číslo
- N = neutronové číslo
- A = nukleonové číslo (hmotností) $A = Z + N$
- ${}^{31}_{15}\text{P}$
- $Z=15, A=31, N=16, e = 15$

Z Rutherfordových pokusů vyplívá, že jádro je nositelem kladného náboje, jehož velikost Q je celistvým násobkem z elementárního náboje:

- $Q = Z \times e$
- $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$ – hmotnost protonu
- $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ – hmotnost elektronu
- $m_n = 1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$ – hmotnost neutronu

Jádra s různým složením se často liší svými fyzikálními vlastnostmi:

- Mají-li však stejné Z – patří k atomům stejného prvku
 - ${}^{31}_{15}\text{P}$ = stabilní

- ${}^{30}_{15}\text{P}$ = radioaktivní
- Ale oba atomy se chemicky chovají jako fosfor

Izotop, Nuklid

- Nuklidy – látky složené z atomů, které mají stejná nukleová a protonová čísla
- Izotopy – mají stejné protonové číslo, různé nukleové číslo (liší se počtem neutronů)
- Téměř všechny prvky mají několik izotopů, takže chemický prvek není z hlediska atomové fyziky stejnorodý
- ${}^1_1\text{H}$ – lehký vodík $P=1$, $n=0$ – protium
- ${}^2_1\text{H}$ – těžký vodík $P=1$, $n=1$ – deuterium
- ${}^3_1\text{H}$ – super těžký vodík $P=1$, $n=2$ – tritium

Hmotnostní úbytek a vazební energi jádra

Jaderné síly

- Nukleony jsou přitahovány jadernými silami
- Vyskytují se pouze v jádru atomu
- Jsou milionkrát větší než síly, kterými jsou přitahovány elektrony k jádru
- Krátkodobé (10^{-15}m) – působí jen v jádře
- Nezávisí na druhu nukleonu, tj. jaderné síly jsou mezi nukleony stejné – nezávisí na elektrickém náboji

Hmotnost jádra

- Bylo zjištěno že: hmotnost jádra je vždy menší než hmotnost všech částic jádra
- $m_j < m_j' = Zx_{mp} + Nx_{mn}$

Hmotnostní úbytek B

- Rozdíly počtu klidových hmotností volných částic, z nichž se dané jádro skládá skutečně

(experimentálně zjištěno) je hmotnosti tohoto jádra

- $B = Dm_j$
- $B = Zx_{mp} + Nm_n - mj$

Vazební energii E_j jádra

- Energie, kterou bychom museli dodat, aby se jádro rozdělilo na Z protonů a N neutronů
- Mezi vazební energií a hmotnostním úbytkem platí vztah
- $E_j = B \times c =$ rychlost světla
- Př. jádro helia ${}^4_2\text{He}$
- $m = 2x m_p + 2m_n = 2 \times 1,673 \times 10^{-27} + 2 \times 1,675 \times 10^{-27} = 6,696 \times 10^{-27}$
- ve skutečnosti je $m_{\text{He}} = 6,644 \times 10^{-27}$
- čím je hmotnostní úbytek B větší, tím větší je energie, kterou bychom potřebovali k uvolnění protonu nebo neutronu z jádra atomu
- tím lehčí je jádro - tím jsou nukleony pevněji vázány

Syntéza a štěpení jader jadernou reakcí

- jaderná reakce je děj, kdy dochází k přeměně jádra vyvolané vnějším zásahem

Jaderná reakce

- Při mnohých jaderných dějích se mění částicové složení jader
- = jaderná reakce - přeměna jádra vyvolaná vnějším zásahem (na rozdíl od radioaktivity, kde dochází k přeměně jádra samovolně)
- Jadernou reakci mohou vyvolat částice: alfa, beta, gama, protony i neutrony
- První jaderná reakce v roce 1919 - Rutherford
- Na levé straně částice, která reakci vyvolá a původní atomové jádro
- Na pravé straně - nové částice a nové jádro

Druhy jaderných reakcí

- Z hlediska získání velkého množství energie mají největší význam 2 druhy jaderných reakcí
- Syntéza lehkých jader $A < 56$
- Syntéza těžkých jader na dvě středně těžká jádra $A > 200$
 - Jaderná energie se tedy uvolňuje při přeměnách, při nichž vznikají středně těžká jádra
 - Z velmi těžkých štěpením
 - Z velmi lehkých syntézou

Syntéza lehkých jader

- Termonukleární reakce - například slučování jádra vodíku na jádra helia
- ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} = {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$
- $E_r = -4,03\text{MeV}$
- E_r - energie reakce - je to energie, kterou je nutno dodat k uskutečnění reakce
- Problém - jádra atomu s kladným nábojem se mají k sobě přiblížit až na dosah jaderných sil - brání elektrostatické odpuzování jader. K jeho překonání musí jádro získat velkou energii
- a) Stlačením látky - nerealizovatelné
- b) Zahřátím látky na vysokou teplotu - např. ve velmi horkém plynu - termonukleární syntéza
- Tato syntéza probíhá pomalu při teplotách několik milionů kelvinů uvnitř hvězd nebo ve vodíkové (termojaderné) bombě - plyn je úplně ionizovaný, atomy zbaveny elektronů - vzniká směs volných elektronů a jader - plazma
- Řízená termonukleární reakce - zdroj energie
- Neřízená termonukleární reakce - ve vodíkové bombě

Štěpení těžkých jader na dvě středně těžká jádra

- 1934 - Ital Enrico Fermi zjistil, že ostřelováním atomu uranu neutrony vzniká mnoho radioaktivních jader

- 1938 při ostřelování neutrony se jádra uranu rozštěpí na dvě středně těžká jádra
- ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} = {}^{98}_{38}\text{Sr} + {}^{138}_{54}\text{Xe} + 5({}^1_0\text{n})$
- ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} = {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3({}^1_0\text{n})$

Štěpení těžkých jader

- Probíhá jen v štěpných materiálech ${}^{235}_{92}\text{U}$
- V přírodě se vyskytuje jediný nuklid uranu
- Přírodní uran je směsí dvou izotopů ${}^{238}\text{U}$ 99,3 %; ${}^{235}\text{U}$ 0,7 %, ten se získává náročným postupem – pouze ve vyspělých zemích
- Z ${}^{238}\text{U}$, který není štěpný, je možno v jaderných reaktorech uměle vyrábět další štěpný materiál
- Uvolněné neutrony se mohou účastnit dalšího procesu štěpení – vznik řetězové reakce (uvolní se mnoho energie)
- Ale – některé neutrony uniknou z uranu
 - Některá zasažená jádra se nerozštěpí

Střední počet účinných neutronů

- Poměrný počet těch neutronů uvolněných z rozštěpeného jádra, které vyvolá další štěpení
 - $K > 1$ řetězová reakce lavinovitě vzrůstá (jaderné bomby)
 - $K = 1$ řetězová reakce je stacionární, tj. štěpení za 1s je konstantní
 - $K < 1$ řetězová reakce vyhasíná
- Stacionární reakce probíhá v jaderných reaktorech – lze spustit i zastavovat

Řízená a neřízený jaderná reakce

Neřízená jaderná reakce – je-li hmotnost štěpné látky dostatečně velká – větší než tzv. kritická hmotnost

- Probíhá v jaderných bombách

- Energie se vyzáří naráz a obrovské množství

Řízená jaderná reakce - hmotnost štěpné látky je menší než kritická hmotnost

- Energie se uvolňuje pomalu
- Teploty jen při několika stovkách °C
- Vzniká radioaktivní odpad
- Probíhá v jaderných reaktorech

Jaderný reaktor

- Probíhá řízená řetězová reakce

Palivo:

- $^{238}_{92}\text{U}$ - se štěpí při dopadu neutronu (mění se v plutonium, které je rovněž jaderným palivem)
- $^{235}_{92}\text{U}$ - pohlcuje jen pomalé neutrony, přičemž se štěpí a vysílá sám další elektrony o velkých rychlostech - tyto neutrony je nutno zpomalit (aby se mohly pohlcovat v dalších jádrech)
- To se dělá pomocí tzv. moderátoru - tj. látky obsahující lehká jádra. Pružné srážky mezi neutrony a těmito jádry způsobí zpomalení neutronů
- Grafit, těžká voda

Jaderný reaktor se skládá z:

- Palivové tyče (články) - zadržují produkty štěpení a zabraňují reakci mezi štěpným materiálem a chladičem
- Kovové tyče (obal), ve kterém je štěpný materiál
- Chladicí látka - např. těžká voda, bývá moderátorem
- Regulační tyče - vyrobeny z materiálu, který silně absorbuje neutrony (bor, kadmium) - slouží k řízení řetězové reakce zasouváním nebo vysouváním do aktivní zóny reaktoru
- Tlaková nádoba reaktoru - reflektor
- Vrstva grafitu obklopující aktivní zónu reaktoru
- Snižuje únik neutronů, neboť je odraží zpět do reaktoru

Chlazení reaktoru

- Reaktor je nutné chladit – nejčastěji v jaderných elektrárnách
- Dvoukruhový systém
- Primární okruh – protéká silně radioaktivní látka zahřátá na vysokou teplotu
- Sekundární okruh – začíná ve výměníku, ode odevzdává teplo z primárního okruhu
 - Není již radioaktivní
 - Voda se mění v páru a pohání turbíny

Užití jaderného reaktoru

- Elektrárny – výroba el. Energie
- Pohon velkých lodí – ponorky, ledovce
- Válečné – jaderné bomby

Nevýhody

- Riziko možné havárie s těžko odstranitelnými důsledky
- Vyhořelé palivo, které je dlouhou dobu radioaktivní
- Mezisklady vyhořelého paliva – kontejnment.