

15. ATOMSKA JEZGRA

Jezgra je sastavljena od protona i neutrona koje zovemo NUKLEONIMA.

Proton je pozitivno nabijen nabojem iznosa $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$. Neutron je električki neutralan.

Najvažnije osobine jezgre su: njena masa i naboј.

Naboj jezgre je Ze , gdje je Z broj protona.

Maseni broj jezgre A je ukupni broj protona i neutrona.

Z se zove redni broj elementa. Broj neutrona $N = A - Z$ može varirati, a da se pritom kemijska svojstva elementa ne mijenjaju. Jezgre, koje imaju isti Z i N pripadaju određenom NUKLIDU. Nuklidi se obilježavaju kao ${}^A_Z X$ ili A_X , npr. ${}^{12}_6 C$, ${}^{16}_8 O$, ${}^{197}_{79} Au$, ${}^{238}_{92} U$... ili ${}^{12}_6 C$, ${}^{16}_8 O$...

IZOTOPI su nuklidi s jednakim brojem protona Z , ali različitim brojem neutrona N (pa i različitim masenim brojem A), npr. izotopi vodika: ${}^1_1 H$, ${}^2_1 H$, ${}^3_1 H$.

Masa nuklida je približno jednaka masi atoma jer je masa elektronskog omotača zanemariva.

Atomske mase se iskazuju ATOMSKIM JEDINICAMA MASE:

$$u = \frac{1}{12} \text{ mase atoma } {}^{12}_6 C = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

UNIFICIRANA ATOMSKA MASENA KONSTANTA $m_u = u$

Energijski ekvivalent unificirane atomske masene konstante (preko $E = mc^2$) je: $1m_u c^2 = 931,478 \text{ MeV}$.

Mase mirovanja:

- protona $m_p = 1,00728u$, približno 938,26 MeV
- neutrona $m_n = 1,00867u$, približno 939,55 MeV

ENERGIJA VEZANJA JEZGRE je energija potrebna da se nukleoni, koji su vezani u jezgri, razdvoje.

DEFEKT MASE je razlika ukupne mase protona i neutrona ($Zm_p + Nm_n$) i mase nuklida m_A : $\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_A$

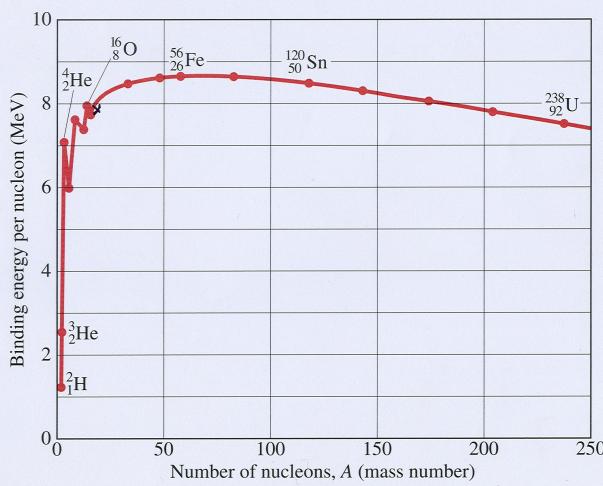
Pri spajanju nukleona u jezgru oslobodila bi se energija Δmc^2 pa je energetgija vezanja: $E_b = \Delta mc^2$

ENERGIJA VEZANJA PO NUKLEONU E_b / A govori o stabilnosti jezgre.

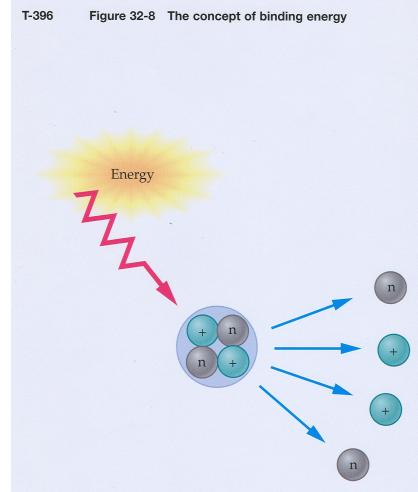
SLIKA: ENERGIJA VEZE PO NUKLEONU – HENČ-BARTOLIĆ, KULIŠIĆ – SL. 11.1. STR. 459

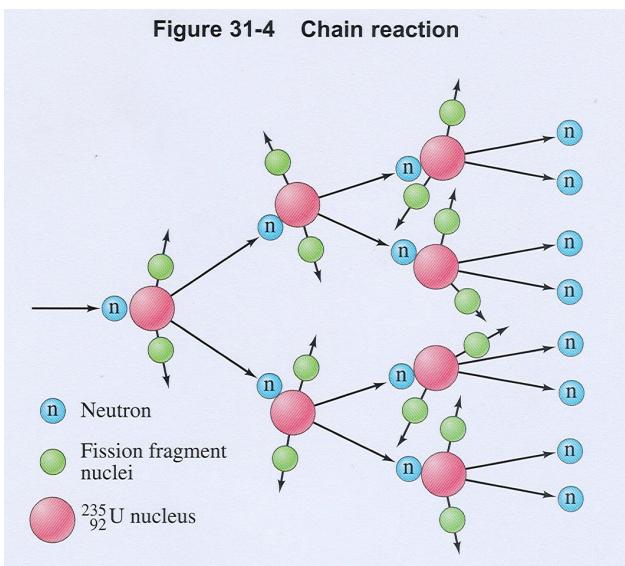
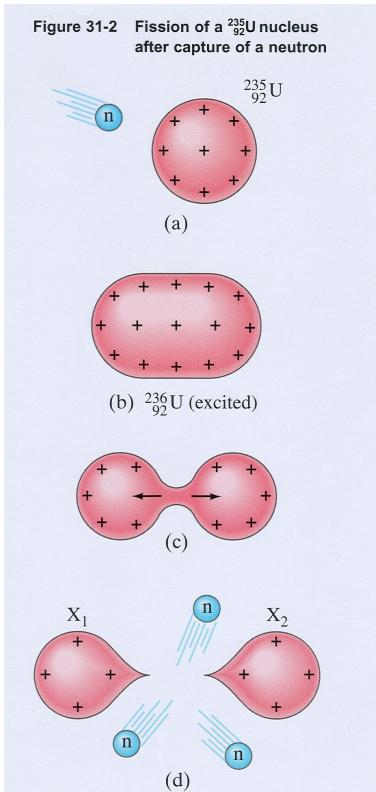
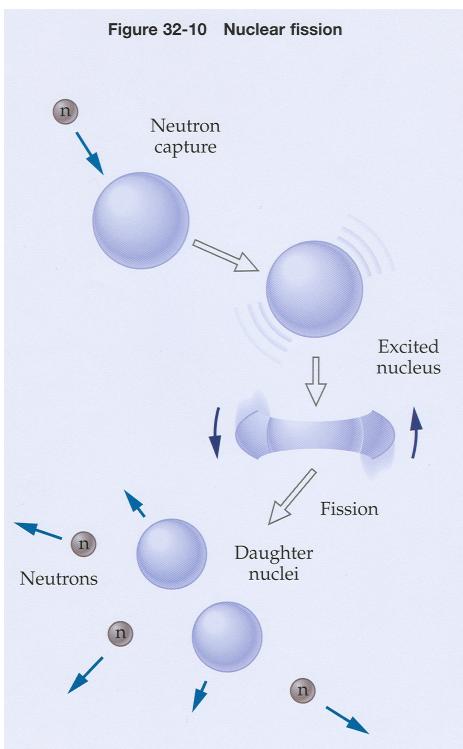
Za vrlo lake jezgre ($A < 10$) energija vezanja po nukleonu je relativno mala. Na $A \approx 60$ postiže maksimum i onda opet slabi. Pri fuziji (spajanju lakših jezgri u težu) i pri fisiji (cijepanju teške jezgre u 2 srednje teške jezgre) oslobađa se energija – nuklearna energija.

Figure 30-1 Binding energy per nucleon as a function of mass number A for stable nuclei



T-396 Figure 32-8 The concept of binding energy

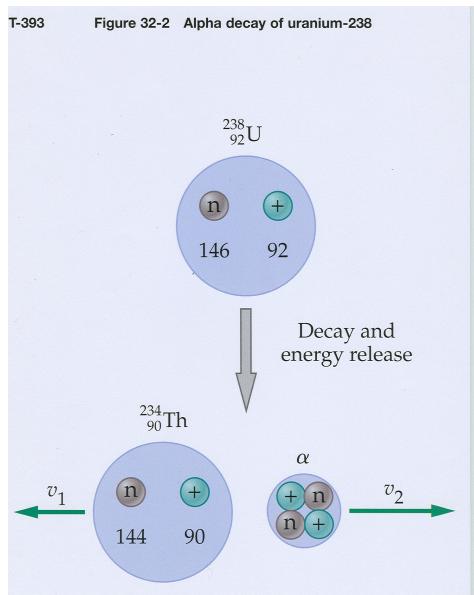
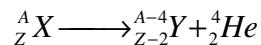




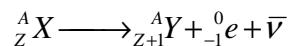
15.1. RADIOAKTIVNOST

Iako u prirodi postoje samo 92 kemijska elementa (i 12 umjetno proizvedenih), poznato je 1500 nuklida (oko 340 prirodnih, 110 umjetno proizvedenih). Većina su nestabilni, radioaktivni. Pogodna kombinacija protona i neutrona čini jezgru stabilnom i čim je drugačija, jezgra se nastoji približiti stabilnoj konfiguraciji izbacivanjem odgovarajućih čestica.

Alfa-raspad $\rightarrow \alpha$ -raspad: α -čestice su helijeve jezgre 4_2He



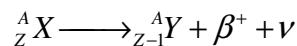
Beta raspad $\rightarrow \beta$ -raspad: β -čestice su brzi elektroni ${}^0_{-1}e$



$\bar{\nu}$ - antineutrino

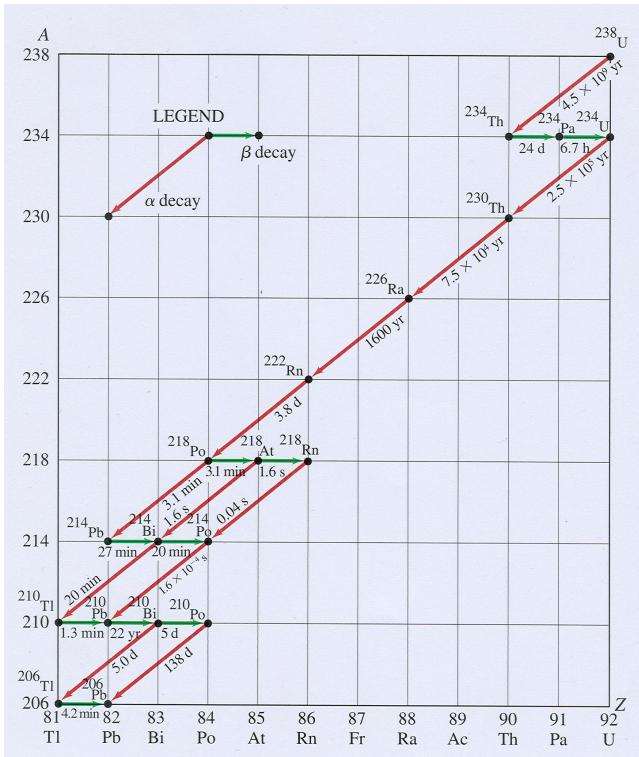
- raspad neutrona: ${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}$

β^+ -raspad: β^+ -čestice su pozitroni

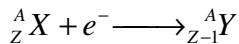


ν - neutrino

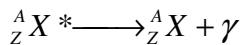
- raspad protona: ${}^1_1p \longrightarrow {}^1_0n + \beta^+ + \nu$



Uhvat elektrona – jezgra rednog broja Z zahvati 1 elektron iz elektronskog omotača svog atoma i pritom se transformira u jezgru s rednim brojem ($Z - 1$):



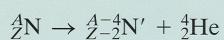
Gama-raspad – emisija γ -zračenja (EM zračenja) iz jezgre atoma koja pritom prelazi iz jednog energijskog stanja u drugo:



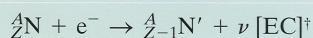
${}_{Z}^A X^*$ - pobuđeno stanje jezgre X

TABLE 30–2 The Three Types of Radioactive Decay

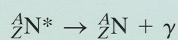
α decay:



β decay:



γ decay:



[†] Electron capture.

* Indicates the excited state of a nucleus.

15.2. ZAKON RADIOAKTIVNOG RASPADA

Radioaktivni raspad je statističke prirode što znači da ne možemo predvidjeti kad će se određena radioaktivna jezgra raspasti većsamo izračunati vjerojatnost tog procesa. Vjerojatnost da se jezgra raspade je za bilo koji promatrani vremenski interval jednaka.

AKTIVNOST je brzina kojom se radioaktivni materijal raspada ($-dN/dt$) i ovisi o prirodi radioaktivnog materijala (mjeri se u $\text{Bq} = \text{s}^{-1}$). U svakom trenutku je proporcionalna broju jezgara N u uzorku: $-\frac{dN}{dt} = \lambda N / \int$

λ je konstanta raspada – karakteristična za pojedini materijal (u s^{-1}).

Zakon radioaktivnog raspada: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

N - broj neraspadnutih jezgara preostao nakon vremena t

N_0 - početni broj jezgara u $t = 0$

SLIKA: ZAKON RADIOAKTIVNOG RASPADA – HENČ-BAROLIĆ, KULIŠIĆ – SL. 11.3. STR. 463

Aktivnost označavamo s A pa vrijedi: $A = A_0 e^{-\lambda t}$,

gdje je $A_0 = \lambda N_0$ početna aktivnost u $t = 0$.

VRIJEME POLURASPADA (POLUŽIVOT) $T_{1/2}$ je vremenski interval u kom se raspade polovina jezgara: $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2 \rightarrow T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda$

SREDNJE VRIJEME ŽIVOTA τ jezgre je vrijeme potrebno da se početni broj jezgara

$$\text{smanji za faktor } e: \quad t = \tau, \quad N = N_0 / e \quad \tau = \frac{\int_{N_0}^0 t dN}{\int_{N_0}^0 dN} = \frac{\int_0^\infty N_0 \lambda t e^{-\lambda t} dt}{N_0} = \frac{1}{\lambda}$$

