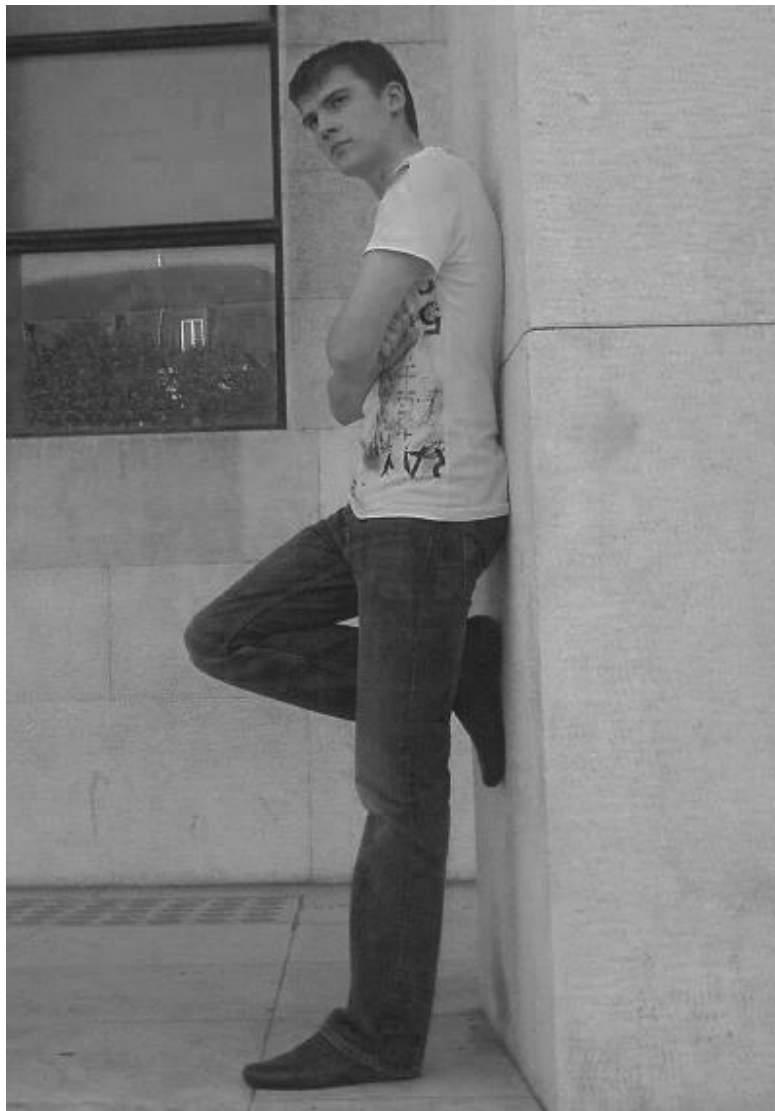


GOLA ISTINA

(NUKLEARNIH ELEKTRANA)



BY: *CHOS*

125. Što je to fisija i za kakve elemente daje energiju?

125. Fisija je proces raspada teških jezgri na lakše.

--- Nuklearna fisija fizikalni je pojam koji označava "razbijanje" atomske jezgre na dvije ili više novih atomskih jezgri. Pri tome obično dolazi i do oslobađanja neutrona, gama-zračenja te alfa- i beta-čestica. Pri fisiji jezgri teških elemenata oslobađa se energija u obliku gama-zračenja i kinetičke energije produkata.

Kod nekih elemenata fisiju može izazvati apsorpcija sporog neutrona, a novonastali neutroni također mogu izazvati fisiju pa pri povoljnim uvjetima nastaje proces poznat kao nuklearna lančana reakcija koja je u nuklearnim reaktorima kontrolirana, a u nuklearnim bombama nekontrolirana. ---

Elementi za koje dolazi do fisije, odnosno, za koje se oslobađa željena energija:

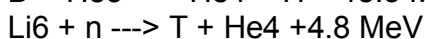
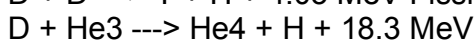
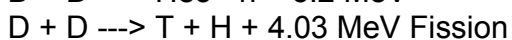
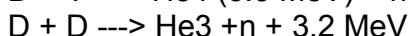
- Fisijski materijal – fisija je moguća neutronima bilo koje energije (U-233, U-235, Pu-239, Pu-241)
- Fisibilni materijal – fisija neutronima je moguća ali ovisi o energiji neutrona (oslobodena energija veze + kinetička energija neutrona > energija aktivacije), (U-238, Pu-242 + svi fisijski nuklearni materijali)
- Oplodni materijal – materijal koji uhvatom neutrona prelazi u neki od fisijskih materijala, (Th-232, U-238)

126. Što je to fuzija i za kakve elemente daje energiju?

126. Fuzija je proces spajanja lakših jezgara u teže uz oslobađanje energije

--- Nuklearna fuzija je proces u kome se spaja više atomskih jezgri pri čemu nastaje teža atomska jezgra. To je praćeno oslobađanjem ili apsorpcijom energije što je ovisno o masi uključenih atomskih jezgri. Jezgre željeza i nikla imaju najveću energiju veze po nukleonu i zbog toga su one najstabilnije između svih drugih jezgri. Fuzija dvije jezgre lakših od jezgri željeza ili nikla najčešće oslobađa energiju, dok fuzija jezgri koje su teže od jezgri željeza ili nikla apsorbira energiju - obrnuto je kod reverznog procesa nuklearne fisije. Razlozi za razvoj fuzije su: praktično neiscrpan izvor energije (velike rezerve deuterija i litija), nema emisije stakleničkih plinova, smanjena proizvodnja radioaktivnog otpada u odnosu na fisiju, te povoljna sigurnosna svojstva. ---

Fuzijska reakcija deuterij-tricij ($D + T$) smatra se najboljom reakcijom za dobivanje energije fuzije. Tu su još reakcije $D + D$, $D + He$, te $Li + neutron$.



127. Što je to energija veze?

127. Energija vezanja je energetska ekvivalent defekta mase (razlika mase jezgre i ukupne mase pojedinačnih nukleona). Nuklidi s velikom energijom vezanja su stabilni.

---Energija vezanja se oslobađa kad se formira jezgra. Istu količinu energije je potrebno uložiti da se jezgra rastavi na sastavne dijelove.

Energija vezanja po nukleonu ima maksimum za $A = 56$ ($\sim 8,5$ MeV/nukleonu).

Sve reakcije koje vode nastanku nuklida s većom energijom veze od polaznih nuklida oslobađaju energiju.

Razlikujemo energiju vezanja i energiju vezanja po nukleonu.

nukleon – zajedničko ime za sastavne dijelove jezgre (protoni i neutroni)

nuklidi - atomi određenog atomskog i masenog broja. Element je prema tome, smjesa nuklida. Elemente koji se sastoje od samo jedne vrste nuklida nazivamo mononuklidnim elementima, a one koji se sastoje od više nuklida polinuklidni elementi (izotopi). ---

128. Što je to defekt mase?

128. Defekt mase je pojava koja se sastoji od toga da je masa svake atomske jezgre manja od zbroja masa njezinih sastojaka (protona i neutrona).

--- Kao primjer za ovu pojavu neka posluži atom elementa helija. Helijeva jezgra sastoji se iz 2 protona i 2 neutrona. Umjesto 2 protona i elektrona smijemo u ovom računu uzeti 2 vodikova atoma, jer se oni sastoje također iz po jednog protona i jednog elektrona. Atomska masa vodika je 1,008131, a neutrona 1,00895. Dva vodikova atoma i dva protona trebalo bi zajedno dati $(2 \cdot 1,008131) + (2 \cdot 1,00895) = 4,03416$. Međutim atomska masa helija koji se sastoji iz istih čestica iznosi točno 4,00384 dakle za 0,03032 jedinice atomske mase manje. Ta razlika zove se defekt mase helija. Po Einsteinovom principu ekvivalencije mase i energije ta je razlika u masi prilikom postojanja helija iz protona i neutrona bila pretvorena u energiju. Obzirom na poznatu jednadžbu: $E = m \cdot c^2$, lako se može izračunati da defekt mase od 0.03032 grama odgovara energiji od $2,7288 \cdot 10^{12}$ J S tom ogromnom energijom moglo bi se otprilike 65 tona vode zagrijati od 0°C do 100°C . Istu količinu energije trebalo bi upotrijebiti da se 1 gram-atom helija razbije na protone i neutrone. Ovo se s običnim sredstvima ne može učiniti i zbog toga su helijevi atomi neobično stabilni. Poznato je da oni ostaju stabilni i prilikom raspada atoma radija. Pri tom raspadu bivaju izbačeni u obliku alfa-čestica.

Gubitak mase od 0.03032 grama po jednom gramu-atomu helija je mjerilo za tzv. energiju vezanja, tj. energiju s kojom se protoni i neutroni u jezgri helija drže zajedno. Ova se energija aktivira prilikom dobivanja nuklearne energije, ili kako je često zovu atomske energije. ---

129. Što je to ostatna toplina?

129. Ostatna toplina posljedica je radioaktivnog raspada fisijskih produkata

--- β^- raspad: $^{80}\text{Br} \rightarrow ^{80}\text{Kr} + e^- + \bar{\nu}_e$

$Q(\beta^-) = M(^{80}\text{Br})c^2 - M(^{80}\text{Kr})c^2 = 79.918528 \text{ uc}^2 - 79.916377 \text{ uc}^2$

$Q(\beta^-) = (0.002151 \text{ uc}^2) (931.5 \text{ MeV/uc}^2) = 2.00 \text{ MeV}$ ---

130. Što je to obogaćenje nuklearnog goriva?

130. Obogaćenje nuklearnog goriva je postupak povećanja izotopskog udjela potrebnog izotopa elementa.

--- Obogaćenje urana postupak je kojim se povećava sadržaj izotopa U-235 s obzirom na sadržaj prisutan u prirodnom uranu. Prirodni uran sadrži 0,711% izotopa izraženo u masenom sadržaju. Najrašireniji način odvajanja izotopa U-235 temelji se na razlici prosječnih brzina molekula plinovitih UF₆-238 i UF₆-235. Do danas uporabljivani postupci su plinska difuzija, plinska centrifuga, plinska mlaznica, kemijska izmjena, laserska pobuda. ---

131. Napišite zakon radioaktivnog raspada.

131.

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

--- Zakon radioaktivnog raspada opisuje kako se mijenja prosječni broj radioaktivnih jezgara N u vremenu. Konstanta proporcionalnosti, λ , se zove konstanta radioaktivnog raspada. ---

132. Navedite tipove energetske reaktora.

132. Tipovi reaktora su: lakovodni reaktori (LWR – Light Water Reactor), reaktor s vodom pod tlakom (PWR – Pressurized Water Reactor), reaktor s vodom koja ključa (BWR – Boiling Water Reactor), teškovodni reaktori (HWR – Heavy Water Reactor), plinom hlađeni reaktori, brzi reaktori.

133. Navedite dvije osnovne kemijske forme goriva u nuklearnom reaktoru.

133. Forme goriva:

- metal, keramika (oksid npr UO₂, PuO₂, uran karbid, uran nitrit)
- cilindrične tablete, šipke, kuglice, homogena mješavina uranovih soli

134. Navedite osnovne materijale moderatora neutrona.

134. Moderator neutrona mogu biti: obična voda (H₂O), teška voda (D₂O), grafit (C), berilij (Be).

135. Navedite osnovna rashladna sredstva u reaktoru.

135. Rashladna sredstva mogu biti: obična voda, teška voda, plin (CO₂, helij), tekući metali (natrij, olovo, olovo-bismut), rastopljene soli.

136. Definirajte faktor multiplikacije neutrona.

136. Parametar koji opisuje tijek odvijanja procesa naziva se multiplikacijski faktor **k**. Definiran je kao omjer srednjeg broja neutrona u dvije susjedne generacije neutrona (prije i poslije fisije).

--- Da bi se nuklearna reakcija mogla nadzirati njegova vrijednost k ne smije biti puno veća od 1.

Reaktor koji ima $k=1$ zovemo **kritičnim reaktorom** i on održava konstantan broj neutrona i snagu proizvedenu fisijom.

Ako je $k<1$ broj neutrona i snaga reaktora će se s vremenom smanjivati i reaktor zovemo **podkritičnim**, a ako je $k>1$ broj neutrona u reaktoru i snaga reaktora će se povećavati i reaktor zovemo **nadkritičnim**. ---

137. Koliko rashladnih krugova ima BWR reaktor?

137. BWR reaktor ima 2 rashladna kruga, primarni i sekundarni. Primarni krug se nalazi u kontaminacijskoj zgradi i sastoji se od reaktorske pumpe i cjevovoda.

138. Koliko odvojenih rashladnih krugova ima nuklearna elektrana PWR tipa od reaktora do konačnog ponora topline?

138. b) 2

139. Moderator se koristi za:

139. b) usporavanje neutrona

140. Vrijeme poluraspada je vrijeme:

140. a) za koje se raspadne pola početno prisutnih jezgara radioaktivnog izotopa

141. Koju kombinaciju gorivo/moderator/rashladno sredstvo nije moguće realizirati?

141. a) prirodni uran / obična voda / teška voda

--- Moguće su kombinacije: prirodni uran/grafit/plin; prirodni uran/teška voda/teška voda; obogaćeni uran/teška voda/teška voda; obogaćeni uran/obična voda/obična voda; obogaćeni uran/grafit/plin; obogaćeni uran/grafit/obična voda. ---

142. Kao moderator kod brzog oplodnog reaktora koristi se:

142. d) ništa od navedenog

--- Razne izvedbe brzih generatora ne koriste moderatore. ---

143. Koji se kružni proces koristi u sekundarnom krugu nuklearne elektrane s tlakovodnim reaktorom (PWR):

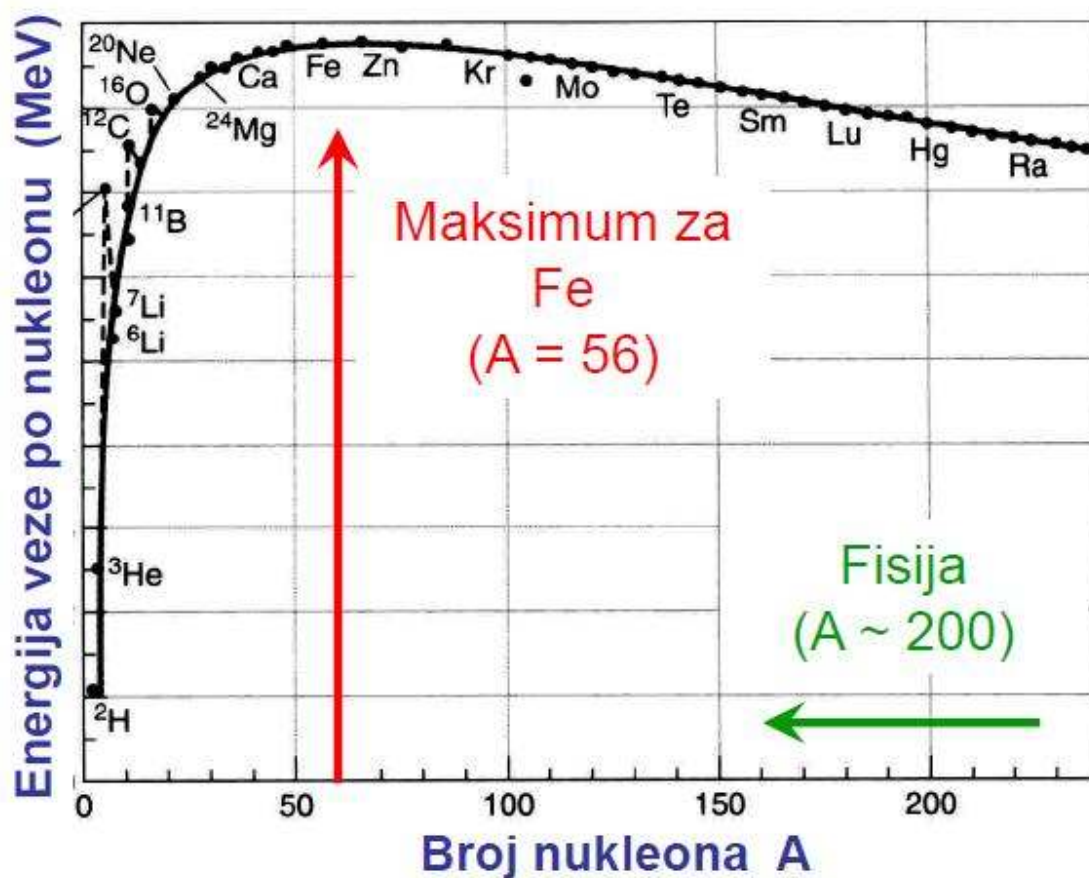
143. b) Rankineov (sa zasićenom parom)

144. Nukleonom nazivamo:

144. d) proton ili neutron u jezgri

145. Energija veze po nukleonu s porastom broja nukleona:

145. b) raste pa pada



146. Ako je ukupna masa čestica prije nuklearne reakcije veća nego masa nakon reakcije:

146. a) oslobođena je energija

147. Čime je jednoznačno određena gustoća reakcija fisije?

147. b) Mikroskopskim udarnim presjekom i vrstom fisibilnog materijala.

$$R = I \cdot N_A \cdot \sigma$$

Broj sudara u jedinici vremena po jedinici površine (R) proporcionalan je intenzitetu neutrona u snopu (I) i plošnoj gustoći jezgara mete (N_A) – konstanta proporcionalnosti zove se neutronske mikroskopske dani presjek (σ). ---

148. Što je od navedenog različito između PWR i BWR reaktora?

148. c) pogonski tlak

--- Oboje imaju kao gorivo oksid obogaćenog urana, kao moderator i rashladno sredstvo običnu vodu. Razlikuju se u principu rada, gdje PWR radi na principu povećanog tlaka, a BWR na principu zagrijavanja vode. ---

149. Reaktor BWR tipa ima sljedeće materijale kao gorivo/moderator/rashladno sredstvo:

149. c) uran dioksid/običnu vodu koja ključa/običnu vodu koja ključa

150. Koja kombinacija gorivo/moderator/rashladno sredstvo odgovara PWR (lakovodni pod tlakom) reaktoru?

150. a) obogaćeni uran/obična voda/obična voda

151. Nuklearna elektrana u mreži pokriva:

151. a) samo bazno opterećenje

152. Iznos ostatne topline ovisi o:

152. d) sve navedeno

$$P = P_0 \cdot 0,0061 \cdot \left[(t - t_0)^{-0,2} - t^{-0,2} \right]$$

P_0 – snaga reaktora prije obustave

t_0 – vrijeme rada reaktora na snazi P_0

t – vrijeme rada i obustave

153. Ostatna toplina u nuklearnom gorivu je posljedica:

153. b) radioaktivnog raspada fisijskih produkata

154. Ostatna toplina u nuklearnom gorivu predstavlja problem jer:

154. c) razvijena toplina može istopiti nuklearno gorivo

155. Ostatna toplina u nuklearnom gorivu predstavlja najveći problem:

155. a) neposredno nakon obustave rada reaktora

--- Neposredno nakon obustave reaktora ostatna toplina iznosi približno 6% nominalne snage na kojoj je reaktor radio. ---

156. Što je aktivnost izvora?

156. a) Broj raspada u jedinici vremena

--- Brzina promjene broja radioaktivnih jezgara, dN/dt , se zove aktivnost, R , radioaktivnog izotopa i proporcionalna je trenutnom broju jezgara. ---

157. Kada je reaktor kritičan?

157. a) Kada ima multiplikacijski faktor jednak 1.

158. Koji od navedenih moderatorskih materijala nije našao primjenu u energetskim reaktorima:

158. d) berilij

159. Što je od navedenog indikacija da nuklearna reakcija može proizvesti energiju?

159. a) Razlika mase prije i poslije reakcije je veća od nule

160. Za snagu kritičnog reaktora vrijedi da:

160. c) je konstantna