

## PITANJA IZ NUKLEARNE FIZIKE I RADIOAKTIVNOSTI

1. Kolika je veličina atoma, a kolika atomske jezgre? Od kojih se čestica sastoji atomska jezgra i koja su osnovna svojstva tih čestica?
2. Zašto se elektroni ne mogu nalaziti u jezgri?
3. Na koji način je Chadwick „otkrio“ neutron?
4. Protoni u jezgri se međusobno odbijaju električnom silom. Zašto se ne razlete?
5. Što je „jaka“ ili nuklearna sila? Kako ovisi o udaljenosti? Kakav je doseg te sile?
6. Koja je razlika između nuklearne i električne sile između dva protona?
7. Što je atomski broj, a što nukleonski broj nekog atoma?
8. Koliki je nukleonski broj jezgre atom ugljika  $^{12}_6\text{C}$ ? Koliki je broj protona i koliki broj neutrona u toj jezgri?
9. Što su izotopi? Po čemu se razlikuju izotopi nekog kemijskog elementa?
10. Kako se označavaju atomi nekog izotopa a kako njihove jezgre?
11. Koliko ima protona i neutrona u nuklidima:  $^{21}_{10}\text{Ne}$ ,  $^{60}_{27}\text{Co}$ ,  $^{108}_{47}\text{Ag}$ ,  $^{226}_{88}\text{Ra}$ ,  $^{235}_{92}\text{U}$ ? Koliko je elektrona u atomima tih izotopa?
12. Jezgra zlata ima 79 protona, dok se broj nukleona u izotopima zlata kreće od 192 do 201. Koliki su minimalni i maksimalni broj neutrona?
13. Na koji način polumjer zakrivljenosti traga čestice u magnetskom polju ovisi o količini gibanja (brzini) čestice?
14. Što su nuklearne reakcije i kako nastaju? Što su jezgra-projektil i jezgra-meta?
15. Zbog čega je neutron pogodniji od protona kao projektil čestica?
16. Koji zakoni očuvanja (pojasni) vrijede pri nuklearnim reakcijama?
17. Pokažite da jedna atomska jedinica mase odgovara energiji od  $931,5\text{MeV}$ ?
18. Dopunite i opišite sljedeće nuklearne reakcije:
 

a) $^{41}_{19}\text{K} + ? \rightarrow ^{44}_{20}\text{Ca} + ^1_0\text{n}$	b) $^{55}_{25}\text{Mn} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{55}_{26}\text{Fe} + ?$
c) $^2_1\text{H} + \gamma \rightarrow ? + ^1_0\text{n}$	d) $? + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n}$
19. Popunite sljedeće jednadžbe nuklearnih reakcija:
 

a) $^4_2\text{He} + ^{12}_6\text{C} \rightarrow ^{15}_7\text{N} + ?$	b) $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + ?$	c) $^2_1\text{H} + ? \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$
d) $^{232}_{92}\text{U} \rightarrow ? + ^4_2\text{He}$	e) $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ? + ^4_2\text{He}$	f) $^{27}_{13}\text{Al} + ? \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$
g) $^{31}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n} \rightarrow ? + ^{31}_{14}\text{Si}$	h) $^{14}_7\text{N} + \alpha \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ?$	i) $^{15}_5\text{B} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{11}_6\text{C} + \dots$
20. Za koje je vrijednosti  $a$  i  $b$  moguća nuklearna reakcija  $^a_Z\text{X} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_b\text{Y} + ^1_1\text{H}$ ?
 

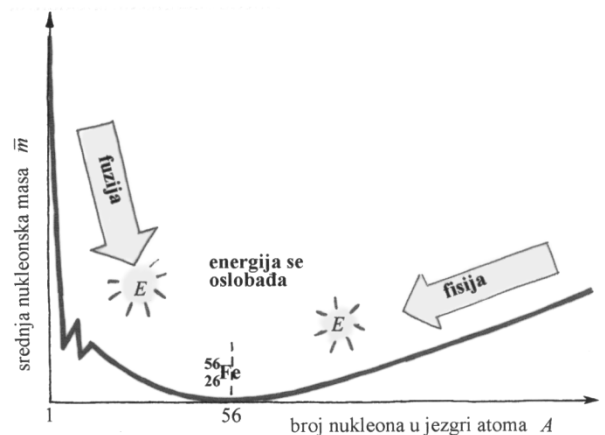
a) $a = 10, b = 5$	b) $a = 12, b = 8$	c) $a = 14, b = 4$	d) $a = 14, b = 8$
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------
21. Koje su od sljedećih nuklearnih reakcija moguće? (za provjeru primijenite zakone nuklearnih reakcija):
 

a) $^1_1\text{H} + ^3_2\text{He} \rightarrow ^4_2\text{He}$	b) $^1_1\text{H} + ^7_3\text{Li} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^4_2\text{He}$
c) $^{238}_{94}\text{Pu} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{141}_{54}\text{Xe} + ^{97}_{40}\text{Zr} + 2^1_0\text{n}$	d) $^{11}_5\text{B} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^8_4\text{Be} + ^4_2\text{He}$

22. Napišite nuklearnu reakciju u kojoj iz jezgre  $^{27}_{13}\text{Al}$  bombardirane neutronima izlazi  $\alpha$ -čestica.
23. Kemijski element kalifornij ( $\text{Cf-245}$ ) s atomskim brojem  $Z = 98$  fizičari su stvorili tako da su jezgra-projektilima  $^{12}_6\text{C}$  pogađali metu, uran  $^{238}_{92}\text{U}$ . Napišite jednadžbu te nuklearne reakcije.
24. Što je srednja nukleonska masa? Koja jezgra ima najveću a koja najmanju srednju nukleonsku masu?
25. Objasni tvrdnju: Pri spajanju  $Z$  protona i  $N$  neutrona u atomsku jezgru ukupna se masa smanjuje.
26. Što je defekt mase? Što je energija vezanja jezgre? Kakva je veza između defekta mase i energije vezanja?
27. Objasni energiju vezanja po nukleonu.
28. U tablici su navedeni podatci za tri atomske jezgre i njihove energije vezanja. Koja je od navedenih jezgri najmanje stabilna, a koja je najstabilnija?

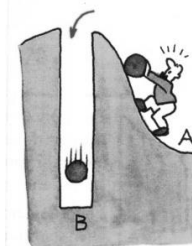
JEZGRA	BROJ NUKLEONA	ENERGIJA VEZANJA
Berilij	9	58,2MeV
Molibden	96	830,7MeV
Olovo	207	1629MeV

- a) Najstabilnija je jezgra molibdena, a najmanje stabilna jezgra berilija.
- b) Najstabilnija je jezgra olova, a najmanje stabilna jezgra berilija.
- c) Najstabilnija je jezgra berilija, a najmanje stabilna jezgra olova.
- d) Najstabilnija je jezgra molibdena, a najmanje stabilna jezgra olova.
- e) Ništa ne možemo zaključiti o stabilnosti jezgri na osnovu tih podataka.
29. U nuklearnim reakcijama po jezgri se oslobađa približno  $10^6$  puta više energije nego što se u kemijskim procesima oslobađa po jednoj molekuli. Zašto?
30. Što su nuklearne reakcije? Kako se zove energija koja se oslobađa pri nuklearnim reakcijama?
31. Što je nuklearna dolina? Koja je jezgra na dnu nuklearne doline? A koja je najviše iznad dna?
32. Objasni pomoću nuklearne doline nuklearnu fisiju i nuklearnu fuziju.
33. Što se na temelju slike nuklearne doline može zaključiti o mogućnostima da se kao izvor nuklearne energije upotrebe sljedeći nuklearni procesi:

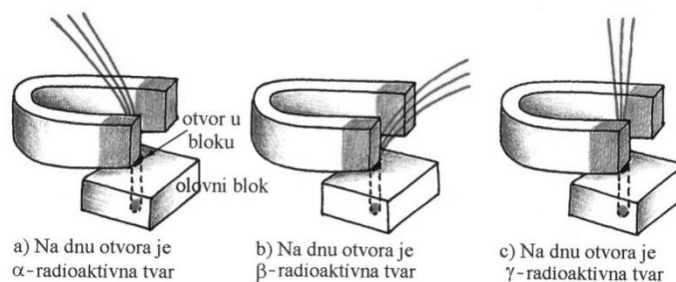


- a) fisija teških i fuzija lakih jezgara
- b) fisija lakih i fuzija teških jezgara
- c) fisija i fuzija teških jezgara
- d) fisija i fuzija lakih jezgara
- e) fisija i fuzija bilo koje jezgre
- Koje su od ovih tvrdnji točne?
34. Prosječna masa po nukleonu:
- a) veća je u jezgrama produktima fisije nego u jezgri iz koje su ti produkti nastali
- b) manja je u jezgrama produktima fisije nego u jezgri iz koje su ti produkti nastali
- c) jednaka je u jezgrama produktima fisije i u jezgri iz koje su ti produkti nastali.
35. Što je nuklearna fisija? Napišite jednu fisijsku reakciju.
36. Kako se dijeli (opiši) jezgra urana pri fisiji?
37. Kako nastaje lančana reakcija? Čemu služi moderator? Što je kritična masa?
38. Na koji se način kontrolira lančana reakcija u nuklearnom reaktoru?
39. Što je fuzija? Navedi jedan primjer fuzije.

40. Zašto se fisijom i fuzijom oslobađa velika energija?
41. Što su termonuklearne reakcije i zašto se tako nazivaju? Koje su najpovoljnije termonuklearne reakcije?
42. Usporedimo nuklearnu fuziju sa zornim mehaničkim primjerom na slici.



43. Kako se može proizvoditi tricij uporabom neutrona-projektila?
44. Koji radioaktivni produkt nastaje pri fuziji deuterija i tricija? Što izaziva radioaktivnost u fuzijskim elektranama (pri fuziji deuterija i tricija) ?
45. Koje su glavne teškoće pri pokušaju praktične proizvodnje energije fuzijom?
46. Na koji način visoka temperatura omogućuje fuziju? Objasni rad uređaja poznatog kao tokamak.
47. Objasniti razvoj i značaj nuklearnih reakcija.
48. Što je radioaktivnost?
49. Kako se  $\alpha$ -zračenje,  $\beta$ -zračenje i  $\gamma$ -zračenje ponašaju u magnetnom polju?
50. Objasnimo zakretanje snopa radioaktivnog zračenja u magnetnom polju na slikama a), b) i c).



51. Objasni  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ -tip radioaktivnosti.

52. Emisijom  $\alpha$  zraka  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  prelazi u:

- a)  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$       b)  ${}^{224}_{86}\text{Po}$       c)  ${}^{224}_{86}\text{Rn}$       d)  ${}^{234}_{90}\text{Th}$       e)  ${}^{226}_{90}\text{Th}$

53. Koje jezgre nastaju u  $\alpha$ -raspadu sljedećih izotopa:

- a)  ${}^{211}_{83}\text{Bi}$ ,      b)  ${}^{212}_{84}\text{Po}$ ,      c)  ${}^{226}_{90}\text{Th}$ ,      d)  ${}^{236}_{94}\text{Pu}$

54. Razjasni obje vrste  $\beta$ -radioaktivnosti.

55. Kako se mijenjaju u  $\alpha$  i  $\beta$ -raspadu:

- a) broj nukleona i broj neutrona      b) broj protona i broj neutrona

56. Koje jezgre nastaju u elektronskom  $\beta$ -raspadu sljedećih izotopa:

- a)  ${}^{17}_7\text{N}$ ,      b)  ${}^{213}_{83}\text{Bi}$       c)  ${}^{27}_{12}\text{Mg}$ ,      d)  ${}^{59}_{26}\text{Fe}$ ,      e)  ${}^{66}_{29}\text{C}$       f)  ${}^{58}_{29}\text{Cu}$

57. Beta negativnim raspadom  ${}^{214}_{82}\text{Pb}$  prelazi u:

- a)  ${}^{214}_{81}\text{Po}$       b)  ${}^{214}_{84}\text{Po}$       c)  ${}^{215}_{83}\text{Bi}$       d)  ${}^{215}_{82}\text{Bi}$       e)  ${}^{214}_{83}\text{Bi}$

58. Objasni  $\gamma$ -radioaktivno zračenje. Kada atomska jezgra emitira foton gama zračenja? Kolika je energija fotona gama-zračenja u odnosu prema energiji fotona svjetlosti?

59. Na temelju čega je Pauli pretpostavio postojanje neutrina?
60. Zašto se u magnetnom polju beta čestice jače otklanjaju nego alfa čestice?
61. Određeni se nuklid može raspasti na dva načina: dio jezgre emitira pozitrone a drugi dio jezgri zahvaća jedan elektron iz prve staze svog atoma i uvlači ih u jezgru (tzv. elektronski  $K$ -uhvat). Napišite nuklearnu pretvorbu za oba načina.
62. Koje od navedenih zračenja pokazuju postojanje energijskih razina jezgre atoma?
- $\gamma$ -spektar
  - svjetlost
  - apsorpcijski spektar
  - $X$ -spektar
  - infracrveni spektar
63. Što je vrijeme poluraspada? Koliki je raspon vrijednosti vremena poluraspada  $\alpha$ -radioaktivnih i  $\beta$ -radioaktivnih izotopa?
64. Od 10 000 jezgri nekoga radioaktivnoga izotopa u prva se četiri dana raspadne 5000 jezgri. Koja je od navedenih tvrdnji točna?
- U prva se dva dana raspalo 2 500 jezgri.
  - U sljedeća će se četiri dana raspasti preostalih 5 000 jezgri.
  - U prva se dva dana raspalo više jezgri nego u sljedeća dva dana.
  - Svaki se dan raspadne jednaki broj jezgri.
65. Koliko se jezgara nekog radioaktivnog elementa raspalo ako je u početku bilo  $N_0$  jezgara nakon tri vremena poluraspada?
66. Pronađite greške u ovoj rečenici: „Vrijeme poluraspada  $\alpha$ -radioaktivnog deuterija jest 10,2s pa nakon 20,4s u promatranom uzorku preostaje samo još 25% njegove početne količine.“
67. Vrijeme poluraspada neke atomske jezgre iznosi 8 minuta. Nakon 32 minute od početnoga broja  $N_0$  jezgara raspadne se:
- $15N_0/16$  jezgara
  - $N_0/16$  jezgara
  - $7N_0/8$  jezgara
  - $N_0/4$  jezgara
68. Za koliko postotaka opadne aktivnost neke tvari za vrijeme koje je dvaput veće od vremena poluraspada?
69. Izvedite zakon radioaktivnog raspada. Objasni relaciju koja izražava zakon radioaktivnog raspada.
70. Kako su povezani konstanta raspada i vrijeme poluraspada?
71. Što je aktivnost radioaktivnog uzorka? O čemu ovisi? U kojim se jedinicama mjeri?
72. Zašto se pri emisiji  $\beta$ -čestica iz jezgre, koja miruje, jezgra počne gibati u suprotnom smjeru?

---

## RAZLIČITI ZADATCI ZA VJEŽBU

73. Odredite atomski i maseni broj jezgri koje se dobiju ako se u jezgrama: a)  ${}^{17}_8\text{O}$ , b)  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ , c)  ${}^{25}_{12}\text{Mg}$  protoni zamijene neutronima, a neutroni – protonima.
74. Koliko ima protona, a koliko neutrona u masi  $m = 500\text{g}$  aluminija  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  ?
75. Odrediti brzinu i energiju elektrona koji u magnetskom polju indukcije  $0,6\text{T}$  opisuje putanju, okomitu na polje, polumjera  $0,5\text{mm}$ .

76. Jednostruko ionizirani atomi argona (ioni) ubrzani naponom  $800V$  ulijeću u magnetsko polje okomito na njegove silnice. U magnetskom polju razdijele se na snopove koji se gibaju kružnim lukovima polumjera  $7,63cm$  i  $8,05cm$ . Koliki je omjer masa izotopa argona?
77. Ioni nastali jednostrukom ionizacijom atoma neona ulete kinetičkom energijom  $3,873keV$  u homogeno magnetsko polje okomito na silnice. Pošto u magnetskom polju opisu polukružnice, ioni padaju na zastor. Odredite međusobnu udaljenost mjesta na koja padaju ioni ako su im mase  $3,32 \cdot 10^{-26}kg$ , odnosno  $3,65 \cdot 10^{-26}kg$ , a magnetska indukcija  $0,24T$ .
78. Odredi polumjer putanje  $\alpha$ -čestice ( $m = 6,67 \cdot 10^{-27}kg$ ,  $q = 2e = 3,2 \cdot 10^{-19}C$ ) energije  $10keV$  u magnetskom polju indukcije  $1,8T$ .
79. Protoni energije  $2keV$  ( $m = 1,67 \cdot 10^{-27}kg$ ,  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}C$ ) opisuju u magnetskom polju akceleratora putanju polumjera  $2,5m$  okomito na magnetsko polje. Odredi magnetsku indukciju  $B$ .
80. Pi mezon ili pion ima masu  $139MeV/c^2$ . Izrazite masu piona u jedinicama atomske mase! Polazeći od mase piona, polučite tu masu u kilogramima!
81. Oslobađa li se ili troši energija pri nuklearnoj reakciji:  ${}^6_8O + {}^2_1H \rightarrow {}^{14}_7N + {}^4_2He$ ? Koliki je iznos energije? ( $m_O = 15,99052u$ ,  $m_H = 2,01355u$ ,  $m_N = 13,99922u$ ,  $m_{He} = 4,00150u$ )
82. Nađi najmanju energiju što je mora imati  $\gamma$ -kvant za reakciju:  ${}^2_1H + \gamma \rightarrow {}^1_1H + {}^1_0n$  (Masa je deuterija  $m({}^2_1H) = 2,014102u$ , vodika  $m({}^1_1H) = 1,007277u$  a neutrona  $m_n = 1,008665u$ )
83. Jezgra teškog vodika deuterona ( ${}^2_1H$ ) sastavljena je od jednog protona i jednog neutrona. Njezina je masa  $2,013553u$ . Koliki je defekt mase za tu jezgru? Kolika je energija vezanja deuterona? ( $m_p = 1,007277u$ ;  $m_n = 1,008665u$ )
84. Iz poznate mase protona i neutrona ( $m_p = 1,007277u$ ;  $m_n = 1,008665u$ ) izračunajte energiju vezivanja jezgre  ${}^{12}_6C$ . (Masa atoma  ${}^{12}_6C$  prema definiciji je točno  $12u$ , a masa elektrona  $m_e = 0,00549u$ )
85. Masa  $\alpha$ -čestice je  $6,645 \cdot 10^{-27}kg$ , a ukupna masa dvaju protona i dvaju neutrona  $6,695 \cdot 10^{-27}kg$ . Kolika se energija oslobodi kod stvaranja  $\alpha$ -čestice?  
a)  $2,813MeV$                       b)  $28,13MeV$                       c)  $281,3MeV$                       d)  $2\ 813MeV$
86. Defekt mase jezgre  ${}^{16}_8O$  je  $2,4 \cdot 10^{-28}kg$ . Kolika je energija potrebna za oslobađanje jednog nukleona iz jezgre?
87. Kolika se energija oslobodi pri formiranju  $1g$  helija od slobodnih protona i neutrona? ( $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ ,  $m(2, 2) = 4,00150u$ )
88. Koliki su defekt mase i energija vezanja  ${}^{16}_8O$ ? Masa jezgre je  $m(8, 8) = 15,9905u$ , masa protona  $m_p = 1,007277u$ , masa neutrona  $m_n = 1,008665u$ .
89. Energija vezanja nukleona u jezgri izotopa vodika  ${}^2_1H$  je  $E_V = 2,21MeV$ . Procijenimo masu jezgre vodika-2, ako su poznate mase protona i neutrona:  $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ .
90. Energija veze po nukleonu za aluminij iznosi  $8,5MeV$ . Kolika je masa jezgre aluminija  ${}^{27}_{13}Al$ , izražene u atomskim jedinicama? ( $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ )  
a)  $27,25u$                       b)  $14,54u$                       c)  $24,35u$                       d)  $13,08u$                       e)  $26,97u$

91. Izračunajte energiju koju treba utrošiti za odvajanje jednog neutrona od jezgre  $^{23}_{11}\text{Na}$ .  
(Masa neutrona je  $m_n = 1,008665u$ , masa atoma  $\text{Na-23}$  je  $m(^{23}_{11}\text{Na}) = 22,989771u$ , a masa atoma  $\text{Na-22}$  je  $m(^{22}_{11}\text{Na}) = 21,994437u$ )
92. Izračunajte srednju energiju vezanja nukleona u jezgrama izotopa  $^{233}_{92}\text{U}$  i  $^{238}_{92}\text{U}$ . Masa jezgara urana-232 i urana-238 redom je  $m(92, 141) = 232,98915u$  i  $m(92, 146) = 238,00032u$ , a masa protona i neutrona:  $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ .
93. Izračunajte defekt mase, energiju vezanja i energiju vezanja po nukleonu za jezgru:  $^{235}_{92}\text{U}$ .  
(Masa atoma urana-235 je  $235,043914u$ , masa elektrona  $0,00549u$ , a masa protona i neutrona:  $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ .)
94. Koliku energiju treba utrošiti da se izdvoji jedan neutron iz jezgra  $^{13}_6\text{C}$ ?  
(Masa atoma  $^{13}_6\text{C}$  iznosi  $13,00335u$ , masa atoma  $^{12}_6\text{C}$  iznosi  $12u$  a masa neutrona  $m_n = 1,008665u$ .)
95. Izračunajte energiju vezanja neutrona u jezgri  $^{14}_7\text{N}$  ako u njoj energija vezanja po nukleonu iznosi  $7,48\text{MeV}$ , a u jezgri  $^{13}_7\text{N}$   $7,24\text{MeV}$ . ( $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ )
96. Izračunajte defekt mase, energiju vezanja i energiju vezanja po nukleonu za jezgre:  
a)  $^7_3\text{Li}$  ( $M_N = 7,01436u$ )      b)  $^{12}_6\text{C}$  ( $M_N = 11,99671u$ )      c)  $^{16}_8\text{O}$  ( $M_N = 15,99053u$ )  
d)  $^{56}_{26}\text{Fe}$  ( $M_N = 55,92067u$ )      ( $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ )
97. Napisati odgovarajuću nuklearnu reakciju i izračunati minimalnu energiju fotona koji „cijepa“ jezgru helija  $^4_2\text{He}$  na tricij i proton. Masa atoma helija jest  $m(^4_2\text{He}) = 4,0026u$ , tricija  $m_T = 3,01605u$ , a protona  $m_p = 1,007277u$ .
98. Pri beta-raspadu ugljika  $^{14}_6\text{C}$  nastaju dušik  $^{14}_7\text{N}$  i elektron. Ako se pri toj pretvorbi oslobodi energija od  $155\text{keV}$ , kolika je razlika atomskih masa atoma  $^{14}_6\text{C}$  i  $^{14}_7\text{N}$ ?  
(masa je elektrona  $0,000549u$ ,  $u = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ )
99. Jezgra helija  $\text{He-4}$  ( $\alpha$  čestica) sastoji se od dva protona i dva neutrona. Njezina je masa  $4,00151u$ . Kolika je energija vezanja i srednja energija vezanja po nukleonu? ( $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ )
100. Koliki rad moramo obaviti da bismo jezgru izotopa bora  $^{10}_5\text{B}$  rastavili na sastavne protone i neutrone? Masa jezgre bora  $^{10}_5\text{B}$  je  $m(5,5) = 10,01020u$ , a masa protona i neutrona:  $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ .
101. Deuterij se proizvodi u nuklearnom reaktoru tako da se bombardira vodik brzim neutronima. Pritom se oslobađa  $\gamma$ -foton. Izračunajte energiju oslobođenog  $\gamma$ -fotona.  
( $m_p = 1,007277u$ ,  $m_n = 1,008665u$ ,  $m_d = 2,013553u$ ,  $u = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ )  
a)  $2,23\text{MeV}$       b)  $223\text{eV}$       c)  $222\text{MeV}$       d)  $1,8\text{GeV}$       e)  $18\text{GeV}$
102. Kolika se energija oslobodi pri nuklearnoj reakciji  $^7_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow 2^4_2\text{He}$ ? Masa litija je  $m_{\text{Li}} = 7,01824u$ , vodika  $m_{\text{H}} = 1,00815u$  i helija  $m_{\text{He}} = 4,00388u$ .
103. Bombardiranjem izotopa litija  $^6_3\text{Li}$  deutronima nastaju dvije  $\alpha$ -čestice. Pri tome se dobiva energija od  $22,3\text{MeV}$ . Izračunaj masu litija  $^6_3\text{Li}$ .  
(Masa je deuterona  $m(^2_1\text{H}) = 2,01355u$ , a masa  $\alpha$ -čestice =  $4,00150u$ )

104. Odredi energiju koja se mora utrošiti za nuklearnu reakciju:  ${}^1_7N + {}^4_2He \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1H$ . (Mase atoma su  $m({}^1_7N) = 14,0067u$ ;  $m({}^4_2He) = 4,0026u$ ;  $m({}^{17}_8O) = 17,00453u$  i  $m({}^1_1H) = 1,007277u$ )
105. Pretpostavimo da se kod fisije urana 0,1% mase prisutnog urana transformira u energiju. Kolika je energija proizvedena fisijom 1kg urana?
106. Apsorpcijom sporog neutrona jezgra  ${}^{235}_{92}U$  raspada se na dvije srednje teške jezgre (fisijska fragmenta) i nekoliko neutrona, uz oslobađanje energije. Kolika se energija oslobodi ako pri fisiji jezgra  ${}^{235}_{92}U$  nastanu jezgra  ${}^{139}_{54}La$  i  ${}^{95}_{38}Mo$  i dva neutrona? (Masa atoma urana-235 je  $235,043914u$ , masa  $La-139$  je  $138,90606u$  a masa  $Mo-95$  je  $94,99057u$ )
107. Ako se pri svakoj fisiji  ${}^{235}_{92}U$  oslobodi energija od  $200MeV$ , kolika se energija dobije potpunom fisijom 1kg, a kolika fisijom 1 mola tog izotopa urana?
108. U nuklearnom reaktoru „izgori”  $0,04g$   ${}^{235}_{92}U$  za sat. Ako energija oslobođena fisijom jedne jezgre  ${}^{235}_{92}U$  iznosi  $200MeV$ , kolika je snaga reaktora?
109. Prosječno kućanstvo troši mjesečno  $2000kWh$  električne energije. Kolika masa urana  ${}^{235}_{92}U$  bi zadovoljila prosječnu godišnju potrebu kućanstva ako se pri svakoj fisiji urana oslobodi  $208MeV$  energije? Pretpostavite da je pretvorba nuklearne energije u električnu potpuna.
110. Kolika je električna snaga nuklearne elektrane koja dnevno troši  $150g$   ${}^{235}_{92}U$ ? Korisnost pretvorbe nuklearne energije u električnu je 20%. Srednja energija koja se oslobodi fisijom jedne jezgre iznosi  $200MeV$ .
111. Reaktor atomskog ledolomca troši dnevno  $m = 200g$  urana-235. Snaga (korisna) ledolomca iznosi  $P_k = 3,2 \cdot 10^4 kW$ . Fisijom jedne jezgre urana-235 oslobodi se energija  $E_0 = 200MeV$ . Odredi korisnost motora ledolomca. Molna masa urana-235 je  $M = 235g/mol$ .
112. Izračunajte  $Q$ -vrijednost reakcija:  ${}^2_1H + {}^2_1H \rightarrow {}^3_1H + {}^1_1H$  i  ${}^2_1H + {}^2_1H \rightarrow {}^3_2He + {}^1_0n$ . Kolika se energija oslobađa pri dobivanju 1g tricija odnosno helija u tim reakcijama? (Masa je deuterija  $m({}^2_1H) = 2,014102u$ , tricija  $m({}^3_1H) = 3,016049u$ , helija  $m({}^3_2He) = 3,01493u$  i vodika  $m({}^1_1H) = 1,007277u$ )
113. Kolika se energija oslobodi pri termonuklearnoj reakciji:  ${}^2_1H + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + {}^1_1H$ . Mase jezgara su:  $m({}^2_1H) = 2,01355u$ ;  $m({}^3_2He) = 3,01493u$ ;  $m({}^4_2He) = 4,00150u$ ;  $m({}^1_1H) = 1,00728u$ .
114. U vodikovoj bombi zbiva se nuklearna reakcija:  ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ . Kolika srednja energija reakcije dolazi na jedan nukleon? (Mase jezgara  ${}^2_1H$ ,  ${}^3_1H$  i  ${}^4_2He$  redom jesu:  $2,01355u$ ;  $3,01550u$  i  $4,00150u$ , a masa neutrona  $m_n = 1,008665u$ )
115. Jedan od procesa koji se zbivaju u zvijezdama jest spajanje triju jezgara  ${}^4_2He$  u jezgru  ${}^{12}_6C$ . Koliko se energije oslobađa pri takvom procesu? Mase tih jezgara jesu:  $m({}^4_2He) = 4,00150u$ ,  $m({}^{12}_6C) = 11,99671u$ .
116. Koliko bi se kilovatsati energije dobilo pri nastajanju  $1\mu g$  helija u nuklearnoj reakciji:  ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ ? Kolika je  $Q$ -vrijednost te reakcije? Mase jezgara  ${}^2_1H$ ,  ${}^3_1H$  i  ${}^4_2He$  redom jesu:  $2,01355u$ ;  $3,01550u$  i  $4,00150u$ , a masa neutrona  $m_n = 1,008665u$ .

117. Koliko se energije oslobodi pri fuziji triju alfa-čestica u jezgru  ${}^{12}_6\text{C}$  ?  
(Masa atoma  ${}^4_2\text{He}$  jest  $4,00388u$  a masa ugljika  ${}^{12}_6\text{C}$  jest  $12,0038u$ )
118. Neptunijev niz  ${}^{237}_{93}\text{Np}$  završava stabilnim bizmutom  ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ . Koliko je bilo  $\alpha$ -raspada a koliko  $\beta^-$ -raspada?
119. Koliko je alfa-raspada i beta-minus raspada potrebno da se jezgra  ${}^{238}_{92}\text{U}$  preobrazu u jezgru  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$  ?
120. Koja jezgra nastaje ako jezgra urana  ${}^{236}_{92}\text{U}$  „pretrpi“ 7  $\alpha$ -raspada i 4 elektronska  $\beta$ -raspada?
121. Koji element nastaje raspadom  ${}^{238}_{92}\text{U}$  nakon emisije 3 $\alpha$  i 2 $\beta^-$ -čestice.
122. Konačni proizvod radioaktivnog raspada plutonija s rednim brojem 94 i masenim 241 je  ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ . Koliko je  $\alpha$ -, a koliko  $\beta^-$ -čestica emitirano prilikom toga raspada?  
a)  $4\alpha + 8\beta^-$  čestica      b)  $8\alpha + 5\beta^-$  čestica      c)  $5\alpha + 16\beta^-$  čestica      d)  $12\alpha + 16\beta^-$  čestica
123. Izotop elementa s rednim brojem 93 i masenim brojem 237 početni je član radioaktivnog niza. Uzastopnim raspadima nastaju, uz nove jezgre, redom:  $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\gamma$ . Nađite redni i maseni broj posljednje jezgre tog niza.  
a) 93 i 237      b) 83 i 231      c) 90 i 233      d) 88 i 225      e) 87 i 225
124. Koja bi se jezgra mogla potpuno razgraditi emitirajući 4  $\alpha$ -čestice, 3  $\beta^-$ -zrake, 2 pozitrona i jednu  $\gamma$ -zraku?  
a)  ${}^{16}_7\text{N}$       b)  ${}^{16}_9\text{F}$       c)  ${}^{16}_8\text{O}$       d)  ${}^{15}_7\text{N}$       e)  ${}^{15}_9\text{N}$
125. Vrijeme poluraspada urana je  $4,5 \cdot 10^9$  godina. Kolika mu je konstanta radioaktivnosti?
126. Vrijeme poluraspada radija 226 je 1600 godina. Koliki se postotak jezgara raspadne za godinu dana?
127. Nacrtajte graf radioaktivnog raspada 5g natrija-25 u ovisnosti o vremenu. Vrijeme poluraspada toga izotopa je 1min.
128. Za koje vrijeme se u količini  ${}^{32}\text{P}$  od  $10^9$  atoma raspadne 10 atoma? Vrijeme poluraspada fosfora je 14,3 dana.
129. Vrijeme poluraspada nekog radioaktivnog elementa je 15 minuta. Koliki će biti udio radioaktivnih jezgara nakon 0,5 sati?
130. Vrijeme poluraspada nekog radioaktivnog izotopa iznosi 10 sati. Za koliko vremena se raspadne 15% početne količine?
131. Izotop neptunija  $\text{Np-240}$  se emisijom elektrona i elektronskog antineutrina pretvara u izotop plutonija  $\text{Pu-240}$ . Koliko jezgara plutonija  $\text{Pu-240}$  nastaje od  $10^6$  jezgri  $\text{Np-240}$  za 4 sata, ako je vrijeme poluraspada 60 minuta?
132. Neki element ima vrijeme poluraspada jedan dan. Koliki se postotak početnoga broja čestica toga elementa raspadne nakon dva dana?  
a) 25%      b) 50%      c) 75%      d) 10%



133. U trenutku  $t = 0$  posuda sadrži  $N_0$  molekula radioaktivne tvari vremena poluraspada  $T$ . Koliko molekula radioaktivne tvari će se raspasti nakon što prođe  $T/2$  ?
- a)  $0,707N_0$                       b)  $1,414N_0$                       c)  $0,29N_0$                       d)  $0,5N_0$
134. Tijekom četiri dana broj atoma radioaktivnog joda-128 smanjio se na trećinu početne vrijednosti  $N_0$ . Koliko je vrijeme poluraspada joda-128 ?
135. Iz 100 000 atoma neke radioaktivne tvari raspadne se u 10 sekundi 5 atoma. Koliko je vrijeme poluraspada?
136. Radioaktivni uzorak radija-226 sadrži  $N_0 = 10^8$  atoma. Koliko se atoma raspada nakon 1000 godina ako je vrijeme poluraspada radija  $T = 1602$  god.
137. Koliko se atoma radona raspadne za 1 dan iz milijuna atoma ako je vrijeme poluraspada 3,82 dana?
138. Količina radioaktivnog izotopa smanji se na jednu četvrtinu početne vrijednosti za godinu dana. Izračunajte i izrazite u mjesecima vrijeme poluraspada.
139. Neki radioaktivni preparat ima konstantu raspada  $\lambda = 1,44h^{-1}$ . Poslije kolikog vremena se raspadne 70% početnog broja jezgara?
140. Izotop radija ima vrijeme poluraspada 4 dana. Netom pripremljen uzorak tog izotopa u trenutku  $t = 0$  sadrži  $N$  atoma. Koliko je vrijeme u kojem se raspadne  $\frac{7N}{8}$  atoma?
141. Vrijeme poluraspada nekog radioaktivnog elementa je 15 minuta. Za koliko sati se početni broj radioaktivnih jezgara smanji na  $1/256$  ?
142. Koliko je vremena prošlo od početka radioaktivnog raspada ako je omjer početnog broja jezgara i broja neraspadnutih jezgara  $16 : 1$  ?
143. Radioaktivni izotop  $^{226}\text{Ra}$  ima vrijeme poluraspada 1600 godina. Koliko se jezgara raspadne svake sekunde u uzorku mase  $1\text{mg}$ . (Avogadrova konstanta:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1}$ )
144. Vrijeme poluraspada radioaktivnog izotopa  $\text{Na-25}$  je  $T = 1\text{min}$ . Ako imamo uzorak od  $20\text{mg}$  tog izotopa, kolika će se masa uzorka raspasti za tri vremena poluraspada?
145. Vrijeme poluraspada izotopa jest 1590 godina. Koliko bi grama ostalo od jednog grama čistog  $^{226}\text{Ra}$  nakon 3180 godina?
146. Dva radioaktivna izvora  $X$  i  $Y$  imaju jednaku početnu masu. Vrijeme poluraspada elementa  $X$  iznosi dva sata, a elementa  $Y$  jedan sat. Koliki je omjer masa tih dvaju izvora nakon četiri sata?
- a)  $m_X : m_Y = 1 : 2$       b)  $m_X : m_Y = 4 : 1$       c)  $m_X : m_Y = 8 : 1$       d)  $m_X : m_Y = 16 : 1$
147. Na raspolaganju imate dva radioaktivna uzorka: uzorak  $A$  mase  $64\text{kg}$  i vremena poluraspada 10 godina i uzorak  $B$  nepoznate mase i vremena poluraspada 20 godina. Nakon 40 godina iznos masa uzoraka je jednak. Koliko je iznosila početna masa uzorka  $B$  ?
148. Izotop  $^{24}_{11}\text{Na}$  raspada se emitirajući  $\alpha$ -čestice. Vrijeme poluraspada je 14,8 sati. Kolika je masa nastalog izotopa nakon 10 sati ako je početna masa  $^{24}_{11}\text{Na}$   $1\text{mg}$  ?

149. Period poluraspada stroncija  ${}_{38}^{89}\text{Sr}$  iznosi  $T = 51$  dan. Stroncij emitira  $\beta$ -čestice (elektronski  $\beta^-$ -raspad) i prelazi u itrij  ${}_{39}^{89}\text{Y}$ . Početna masa stroncija je  $m_0 = 8\text{g}$ . Koliko itrija će biti poslije  $t = 153$  dana?
150. Odredite aktivnost izvora  ${}^{226}\text{Ra}$ , mase  $1\text{g}$ , čije je vrijeme poluraspada  $T = 1600$  godina.
151. Poluvrijeme života jednog izotopa fosfora je  $14$  dana. Ako uzorak sadrži  $3 \cdot 10^{16}$  jezgara tog izotopa, kolika je njegova aktivnost? Rezultat izrazite i u Curiejima. ( $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$ )
152. Koliko je vrijeme poluraspada i konstanta radioaktivnog raspada izotopa kojemu aktivnost opadne za  $10\%$  nakon jednog sata? Koliko ima jezgara u trenutku kada je aktivnost  $3,7\text{MBq}$  ?
153. Za koliko postotaka opadne aktivnost neke tvari za vrijeme koje je dvaput veće od vremena poluraspada?
154. Nekom se radioaktivnom nuklidu za  $16$  dana aktivnost smanji  $2$  puta. Koliko puta će mu aktivnost biti slabija nakon  $64$  dana?
155. Nuklid  ${}^{137}\text{Cs}$  ima vrijeme poluraspada  $30$  godina. Kolika masa tog nuklida ima aktivnost  $1000\text{Bq}$  ?
156. Usvrhu medicinskih istraživanja čovjeku je u krv unesena mala količina radioaktivnog natrija početne aktivnosti  $2\text{kBq}$ . Aktivnost  $1\text{cm}^3$  krvi uzete nakon  $5$  sati iznosila je  $0,267\text{Bqcm}^{-3}$ . Vrijeme poluraspada radioaktivnog natrija iznosi oko  $15$  sati. Koliki je ukupni obujam krvi čovjeka, pod pretpostavkom da je radioaktivni izotop homogeno raspoređen u njoj?
157. Zamislimo da je zbog kvara nuklearnog reaktora koncentracija (broj čestica) radioaktivnog joda-131 ( $T = 8$  dana) u atmosferi postala tisuću puta veća od normalne. Radioaktivni jod ulazi u travu, a iz trave putem probavnog sustava u mlijeko krava. To mlijeko nećemo piti. Kolika će biti koncentracija (broj čestica) radioaktivnog joda u tvrdom siru, napravljenom od zagađenog mlijeka, nakon  $80$  dana?

*Odabrao i kompilirao : A. Brodlić, prof.*