

KLAUSIMAI IR UŽDAVINIAI

A. Atomo fizikos ir kvantinės mechanikos elementai

1. Kokios jėgos vyrauja atome? Kodėl nagrinėjant atomo sandarą neminime visuotinės traukos jėgų?
2. Kuo panašūs ir kuo skiriasi Niutono visuotinės traukos ir Kulono dėsniai?
3. Nors visi kūnai sudaryti iš elektronų ir protonų, mes praktiškai nejaučiame elektros jėgų veikimo. Kodėl?
4. Kokie yra esminiai skirtumai tarp elektrono ir fotono?
5. Vandenilio atomas turi tik vieną elektroną. Kodėl vandenilio atomo spektras turi daug linijų?
6. Kiek elektronų turi atomas elemento, kurio eilės numeris Z ? Kokį didžiausią krūvį gali turėti tokio elemento jonas?
7. Kuo ypatinga elektrono būsena su mažiausia energija?
8. Elektrono padėtis žinoma 10^{-10} m tikslumu. Kokiu didžiausiu tikslumu gali būti išmatuotas elektrono greitis?
9. Protonas ir elektronas turi tą pačią energiją. Kurios iš šių dalelių de Broilio bangos ilgis yra didesnis?
10. Kokio elektronų skaičiaus krūvis lygus 1 C ?
11. Vandenilio atomo branduolys turi vieną protoną, o aukso atomo branduolys – 79. Iš kurio atomo sunkiau pašalinti elektroną, esantį artimiausioje branduoliui orbitoje? Kodėl? Kiek maždaug kartų?
12. Maždaug kokio didumo yra atomas?
13. Kam lygus elektronų skaičius atome? a) nukleonų skaičiui atomo branduolyje; b) elemento eilės numeriui periodinėje lentelėje; c) protonų skaičiui atomo branduolyje.
14. Atomų spektrai įgalina: a) nustatyti atomų matmenis? b) atpažinti kokių elementų atomai skleidžia ar sugeria šviesą? c) nustatyti atomų sandarą?
15. Atomo branduolio krūvis yra: a) tas pats bet kurio elemento atomo? b) lygus elemento eilės numeriui? c) lygus atominiam masės skaičiui?
16. Kodėl atomo elektronai beveik neturi įtakos α dalelių išsklaidymui?
17. Kodėl α dalelės negalėtų išsisklaidyti dideliais kampais, jeigu teigiamas atomo krūvis būtų pasiskirstęs visame tūryje?
18. Kokiu mažiausiu atstumu centrinio smūgio metu priartės α dalelė prie alavo branduolio? α dalelės greitis 10^7 m/s, jos masė $6,7 \cdot 10^{-27}$ kg. Alavo eilės numeris $Z = 50$ (Ats.: 6,9 fm).
19. Kodėl planetinis atomo modelis (Rezerfordo-Boro atomas) neatitinka klasikinės fizikos dėsnių?
20. Ką teigia Boro postulatai ir kvantavimo taisyklės?

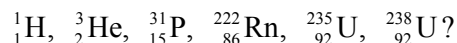
B. Fotonai ir Rentgeno spinduliai

1. Kokie faktai rodo, kad šviesa pasižymi dalelių savybėmis?
2. Kvantinė mechanika teigia, kad šviesa: a) yra dalelių fotonų srautas? b) yra bangos? c) pasižymi ir dalelių, ir bangų savybėmis?
3. Kokie yra pagrindiniai fotoefekto dėsniai?
4. Kaip apskaičiuoti fotono energiją, masę ir impulsą, kai žinomas šviesos dažnis ν ?
5. Elektromagnetinės bangos ilgis $5 \cdot 10^{-7}$ m. Apskaičiuokite jos kvanto energiją (Ats.: $4 \cdot 10^{-19}$ J = 2,5 eV).
6. Kiek kartų raudonųjų spindulių (760 nm) kvanto energija mažesnė už ultravioletinių (400 nm) spindulių kvanto energiją? .
7. Akies tinklainės jautrumas geltonai šviesai (600 nm) lygus $1,7 \cdot 10^{-18}$ W. Kiek fotonų kas sekundę turi patekti į tinklainę, kad pajustumė šviesą? (Ats.: 6).
8. Rentgeno spindulių dažnis yra nuo $6 \cdot 10^{16}$ Hz iki $7,5 \cdot 10^{19}$ Hz. Apskaičiuokite tų spindulių bangos ilgį angstromais (Å). (Ats: 50 Å; 0,04 Å).
9. Kokia įtampa prijungta prie Rentgeno vamzdžio, jeigu elektronai pasiekia anodą: a) 10^8 m/s greičio; b) $1,3 \cdot 10^8$ m/s greičio (Ats: 30 kV; 50 kV).
10. Kiek kinetinės energijos turi elektronas, pasiekęs Rentgeno vamzdžio anodą, kai prie vamzdžio prijungta 100 kV įtampa? (Ats.: $1,6 \cdot 10^{-14}$ J).
11. Rentgeno spindulių spektro bangos mažiausią ilgį galima apskaičiuoti pagal formulę $\lambda = 1,24/U$ (čia λ – mažiausias bangos ilgis nanometrais, U – vamzdžio elektrodų įtampa kilovoltais). Išveskite šią formulę. Apskaičiuokite Rentgeno spindulių bangos mažiausią ilgį, kai Rentgeno vamzdžio anodo įtampa 20 kV. (Ats.: 62 pm).
12. Rentgeno vamzdis veikia, esant 50 kV įtampai. Kokio mažiausio ilgio bangą jis spinduliuoja? (Ats.: 0,25 Å).
13. Kokia gali būti Rentgeno vamzdžio įtampa, jeigu patys kiečiausi spinduliai Rentgeno spektre yra 10^{19} Hz dažnio? (Ats.: 41 kV).
14. Rentgeno vamzdis, kurio elektrodų įtampa 50 kV, o srovės stipris 2 mA, kas sekundę išspinduliuoja $5 \cdot 10^{13}$ fotonų. Fotonų vidutinis bangos ilgis $\lambda = 0,1$ nm. Apskaičiuokite vamzdžio naudingumo koeficientą, t.y., kiek procentų vartojamos srovės galios sudaro Rentgeno spindulių galia (Ats.: 0,1%).
15. Kiek kartų Rentgeno spindulių, kurių bangos ilgis 1 Å, fotonų energija didesnė už regimosios šviesos, kurios bangos ilgis 0,4 μ m, fotonų energiją?
16. Kokiai rūšiai priklauso spinduliai, kurių fotonų energija lygi: a) $2 \cdot 10^{-17}$ J; b) $4 \cdot 10^{-19}$ J; c) $3 \cdot 10^{-23}$ J?
17. Kiek energijos privalo turėti fotonas, kad jo masė prilygtų elektrono rimties masei? Koks tokio fotono bangos ilgis? (Ats.: $2,4 \cdot 10^{-12}$ m).
18. Kokia yra Rentgeno spindulių, kurių bangos ilgis $2,5 \cdot 10^{-9}$ m, fotono masė? (Ats.: $8,3 \cdot 10^{-34}$ kg).

19. Kiek fotonų kas minutę krinta į 1 cm^2 Žemės paviršiaus, statmeną Saulės spinduliams? Saulės spinduliavimo intensyvumas $1,4 \cdot 10^3 \text{ J/m}^2 \text{ s}$, vidutinis saulės spindulių bangos ilgis $5,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ (Ats.: $3,9 \cdot 10^{17}$).
20. Fotono judesio kiekis lygus elektrono, nulėkusio 10 V potencialų skirtumą, judesio kiekiui. Apskaičiuokite fotono bangos ilgį.
21. Nuo ko priklauso atomo spinduliavimo dažnis pagal Boro teoriją?
22. Kokios atomo būsenos vadinamos sužadintosiomis? Kuo jos skiriasi nuo normalios būsenos?
23. Deguonies atomui jonizuoti reikia 14 eV energijos. Kokio dažnio spinduliavimas gali jonizuoti deguonies atomą?
24. Vandenilio atomas išspinduliavo fotoną, kurio dažnis lygus $4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. Kiek sumažėjo atomo energija?
25. Kiek kartų pakinta vandenilio atomo energija, kai elektronas pereina: a) iš pirmosios stacionariosios orbitos į trečiąją? b) iš ketvirtosios orbitos į antrąją?
26. Ličio jonas Li^{+2} iš pirmosios sužadintos būsenos grįžo į normaliąją. Apskaičiuokite išspinduliuoto fotono bangos ilgį (Ats.: 13,5 nm).
27. Apskaičiuokite vandenilio mezoatomo (atomo, kuriame vietoje elektrono yra mezonas, kurio krūvis lygus elektrono krūviui, o masė 207 kartų didesnė už elektrono masę) pagrindinėje būsenoje esančio mezono atstumą iki branduolio (Ats.: 0,28 pm).
28. Apskaičiuokite pozitronio (vandenilio atomo protonas pakeistas pozitronu) pagrindinėje būsenoje esančių dalelių tarpusavio atstumą (Ats.: 106 pm).
29. Kiek elektronų yra Na elektroniniame apvalkale ir kaip jie išsidėstę orbitose?
30. Kaip išsidėstę orbitose fosforo ir argono atomų elektronai?
31. Kokius spindulius skleidžia sužadinti atomai, kai elektronai peršoka į artimesnes orbitas išoriniame sluoksnyje? vidiniuose sluoksniuose?
32. Kaip kinta charakteringųjų Rentgeno spindulių spektras, didėjant atominiam skaičiui Z ?
33. Kodėl stebint Rentgeno spindulių difrakciją, vietoj gardelės reikia naudoti kristalus?
34. Naudodamiesi Mozlio dėsniu, apskaičiuokite $_{13}\text{Al}$ ir $_{27}\text{Co}$ atomų K_{α} linijos bangos ilgį ir fotono energiją (Ats.: 8,45 Å ir 1,80 Å).
35. Kokiems elementams priklauso K_{α} linijos, kurių bangų ilgiai 1,935, 1,787 ir 1,434 Å?
36. Kodėl Rentgeno spindulių K juosta yra paprasta, o L ir M juostos – sudėtingesnės?
37. Padidinus Rentgeno vamzdžio įtampą nuo 10 iki 20 kV, K_{α} linijos ir ištinio spektro krizinių bangos ilgių skirtumas padidėja 3 kartus. Iš kurios medžiagos pagamintas antikatodas? (Ats.: Cu).
38. Urano atomo $_{92}\text{U}$ K juostos sugerties riba 0,1075 Å. Apskaičiuokite 1s elektrono ryšio energiją urano atome (Ats.: 115,5 keV).

C. Įvadas į branduolio fiziką

1. Kokie yra branduolinių reiškinių erdvės, laiko, energijos masteliai?
2. Kokios jėgos veikia atomo branduolyje?
3. Koks yra ryšys tarp elektronų skaičiaus neutraliame atome ir protonų skaičiaus jo branduolyje?
4. Kiek protonų ir kiek neutronų turi šie branduoliai:



5. Kuo panašūs ir kuo skiriasi to paties elemento izotopai?
6. Kodėl suapvalinę iki sveikojo skaičiaus atomo masę, išreikštą atominės masės vienetais, gausime branduolyje esančių nukleonų skaičių?
7. Kodėl daugelio elementų atominės masės nėra sveikieji skaičiai?
8. Atomo branduolio krūvis lygus $2,08 \cdot 10^{-18}$ C. Koks tai elementas?
9. Kiek protonų ir kiek neutronų yra fluoro ${}^{19}_9\text{F}$ branduolyje? Kiek elektronų yra jo elektroniniame apvalkale ir kaip jie išsidėstę orbitose?
10. Kokio elemento branduolyje yra 5 protonai ir 6 neutronai?
11. Kaip vadinasi cheminis elementas, kurio branduolio sandara yra:
 - a) $51p + 91n$;
 - b) $92p + 143n$;
 - c) $101p + 155n$?
12. Kaip kinta stabilaus branduolio neutronų ir protonų skaičiaus santykis N/Z , didėjant elemento numeriui periodinėje elementų sistemoje?
13. Branduolio spindulio R priklausomybė nuo branduolio masės skaičiaus A išreiškiama formule $R = r_0 A^{1/3}$, kur $r_0 = 1,23 \cdot 10^{-15}$ m. Apskaičiuokite nukleonų koncentraciją branduolyje (Ats.: $1,3 \cdot 10^{44} \text{ m}^{-3}$).
14. Atomo branduolio tūris V proporcingas masės skaičiui A , t.y. $V = K \cdot A$, kur $K = 8 \cdot 10^{-45} \text{ m}^3$ vienos dalelės (protono arba neutrono) “užimamas” efektyvusis tūris. Nustatykite aliuminio branduolio “medžiagos” tankį. Kiek kartų jis didesnis už aliuminio tankį $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
15. Ką vadiname branduolio ryšio energija ir savitąją ryšio energija? Kaip šios energijos nustatomos?
16. Apskaičiuokite deuterio ${}^2_1\text{H}$ ir tričio ${}^3_1\text{H}$ branduolių ryšio energiją ir savitąją ryšio energiją.
17. Raskite aliuminio ${}^{27}_{13}\text{Al}$ branduolio ryšio energiją (Ats.: 225 MeV).
18. Kokia mažiausia energija gali suskaldyti ${}^{14}_7\text{N}$ branduolį į protonus ir neutronus? (Ats.: 105 MeV).

19. Atomo branduolio ryšio energija apskaičiuojama pagal formulę $E_r = (Zm_p + Nm_n - M_{br})c^2$; M_{br} – branduolio masė. Įrodykite, kad tokį pat rezultatą gausime taikydami formulę $E_r = (ZM_H + Nm_n - M_a)c^2$, kur M_H – vandenilio atomo masė, M_a – tiriamo atomo masė. Kodėl dažniausiai naudojama antroji formulė?
20. Apskaičiuokite ^{235}U branduolio masės defektą. Kiek jo savitojo ryšio energija skiriasi nuo didžiausios iš periodinės lentelės vidurio?
21. Ar gali 2 MeV energijos γ kvantas suskaldyti deuterio branduolį?
22. $^{24}_{12}\text{Mg}$ branduolio ryšio energija lygi 198,3 MeV, o $^{25}_{12}\text{Mg}$ branduolio – 205,6 MeV. Nustatykite neutrono ryšio energiją $^{25}_{12}\text{Mg}$ branduolyje.
23. Kiek mažiausiai energijos reikia suvartoti, norint pašalinti neutroną iš $^{17}_8\text{O}$ branduolio?
24. Apskaičiuokite urano $^{235}_{92}\text{U}$ ir $^{238}_{92}\text{U}$ branduolių savitąją ryšio energiją.
25. Remdamiesi savitosios ryšio energijos priklausomybės nuo masės skaičiaus grafiku, nustatykite, kuriam iš branduolių – ^{82}Kr ar ^{238}U susidarant iš atskirų nukleonų, išsiskiria didesnis energijos kiekis.
26. Nukleonai gali traukti vienas kitą. Kodėl iki šiol visi branduoliai nesusijungė į vieną didelį branduolį?
27. Kas apriboja branduolio dydį? Kodėl elementai, esantys periodinėje lentelėje už švino, neturi stabilių izotopų?
28. Padidėja ar sumažėja branduolinėje reakcijoje dalyvaujančių dalelių masė po reakcijos, kurios metu išsiskiria šiluma?

D. Radioaktyvusis skilimas

1. Yra 10^{20} vienodų radioaktyviųjų atomų. Kiek tokių atomų liks po dviejų skilimo pusamžių?
2. Radioaktyviojo elemento aktyvumas per 8 paras sumažėjo 4 kartus. Apskaičiuokite elemento skilimo pusamžį.
3. Radžio skilimo pusamžis 1600 metų. Per kiek laiko radžio atomų skaičius sumažės 4 kartus?
4. Radžio skilimo pusamžis 1600 m. Kokia vidutinė radžio branduolio gyvavimo trukmė?
5. Radioaktyviojo radono skilimo pusamžis 3,8 paros. Per kiek laiko radono masė sumažės 10 kartų?
6. Koks yra radioaktyviosios medžiagos skilimo pusamžis, jeigu per vieną parą iš 1 mln. atomų suskyla 175000 atomų?
7. Urano ^{238}U skilimo pusamžis $4,5 \cdot 10^9$ metų. Maždaug toks pat yra ir Žemės amžius. Kiek kartų daugiau buvo šio urano izotopo, kai Žemė formavosi?
8. Radioaktyviosios medžiagos skilimo pusamžis 50 metų. Per kiek laiko suskyla 93,75% tos medžiagos branduolių?

9. Tiriant senus medžio dirbinius nustatyta, kad medienoje esančio ^{14}C izotopo aktyvumas sudaro 78,5% buvusio aktyvumo nukertant medžius. ^{14}C skilimo pusamžis 5730 m. Apskaičiuokite medžio dirbinių amžių (Ats.: 2000 m.).
10. Sename medienos gabale radioaktyviosios anglies ^{14}C rasta 0,0416 dalis to kiekio, kuris būna gyvuose augaluose. Koks medienos amžius? ^{14}C skilimo pusamžis 5730 m.
11. Yra 100 g radioaktyviosios medžiagos, kurios skilimo pusamžis 2 paros. Kiek jos liks po 1; 2; 3; 4 parų? Po kelių parų liks 0,01 g radioaktyviosios medžiagos? (Ats.: 26,5p.).
12. Chloro atominė masė 35,5 u. Jis turi du izotopus: ^{35}Cl ir ^{37}Cl . Nustatykite jų procentinę sudėtį.
13. Preparate yra 1 μg radioaktyviojo izotopo ^{24}Na , kurio skilimo pusamžis 15 h. Koks bus jo aktyvumas po paros? (Ats.: 2,86 Ci).
14. Apskaičiuokite radioaktyviojo magnio ^{27}Mg pradinį aktyvumą ir aktyvumą po 6 valandų. Magnio pradinė masė $m_0 = 0,2 \mu\text{g}$, skilimo pusamžis $T = 600 \text{ s}$.
15. Nustatykite urano rūdos amžių, jeigu kiekvienam ^{238}U kilogramui tenka 320 g švino ^{206}Pb . Urano skilimo pusamžis $4,5 \cdot 10^9 \text{ m}$. (Ats.: $2 \cdot 10^9 \text{ m}$).
16. Kokia susidaro švino ^{206}Pb masė iš 1 kg ^{238}U per $2 \cdot 10^9$ metų? Urano skilimo pusamžis $4,5 \cdot 10^9 \text{ m}$. (Ats.: 230 g.).
17. Į žmogaus kraują buvo įvesta nedidelis ^{24}Na izotopo, kurio aktyvumas $A_0 = 10^5 \text{ Bq}$, kiekis. Po 5 valandų paimto 1 cm^3 kraujo aktyvumas buvo $a = 16 \text{ s}^{-1}\text{cm}^{-3}$. Rasti žmogaus kraujo tūrį. ^{24}Na skilimo pusamžis 15 val.
18. Radžio pusėjimo trukmė 1600 metų. Apskaičiuokite tikimybę atomui suskilti per 1 m. (Ats.: $4,3 \cdot 10^{-4}$).
19. Parodykite, kad vidutinė gyvavimo trukmė $\tau = 1/\lambda$, kur λ – skilimo konstanta. Apskaičiuokite skilimo konstantą ir pusėjimo trukmę radioaktyvaus izotopo, kurio aktyvumas per 100 dienų sumažėjo 1,07 karto (Ats.: 2,75 m.).
20. Kapsulėje yra 0,15 mol. plutonio ^{239}Pu izotopo, kurio pusamžis $2,44 \cdot 10^4 \text{ m}$. Koks preparato aktyvumas?
21. Kokiais atvejais preparato aktyvumą galima laikyti pastoviu?
22. Urano preparato aktyvumas 0,56 mCi. Kiek jame yra izotopo ^{235}U , kurio pusamžis $7,1 \cdot 10^8 \text{ metų}$? (Ats.: 0,26 kg).
23. Per kiek laiko suskils 80% radioaktyvaus chromo izotopo ^{51}Cr , jeigu jo pusamžis 27,8 paros?
24. Kodėl aplink mus yra trumpai gyvuojančių izotopų ir jie neišnyko per ilgą Žemės istoriją?
25. Kiek kartų sumažės radono izotopų, kurių skilimo pusamžis 3,82 paros, per 1,91 paros?

E. α , β ir γ spinduliai. Dozimetrija

1. Kaip pasikeičia branduolio atominis numeris ir masės skaičius, branduolinės reakcijos metu iš branduolio išlėkus α dalelei.
2. Susidūrus ${}^8\text{Li}$ branduoliui su protonu, susidaro α dalelė ir kažkokio elemento branduolys. Kokio elemento?
3. Tyrinėjant radioaktyviojo preparato spinduliavimą, aptiktos dviejų skirtingų siekių α dalelės. Kokią išvadą galima padaryti?
4. Kodėl, skylant radžiui, α dalelės magnetiniame lauke nukrypsta plonu pluošteliu, o β dalelės – plačiu pluoštu?
5. Vykstant α skilimui iš polonio atomo branduolio $1,6 \cdot 10^7$ m/s greičiu išlekia α dalelės. Apskaičiuokite jos energiją.
6. α dalelių, kurias spinduliuoja ${}^{222}\text{Rn}$, kinetinė energija lygi 5,5 MeV. Nustatykite jų greitį.
7. α dalelių greitis apie 15 kartų mažesnis negu β dalelių. Kodėl α dalelės mažiau nukrypsta magnetiniame lauke negu β dalelės?
8. Polonio preparatas kas sekundę išspinduliuoja $3,7 \cdot 10^9$ α dalelių, kurių energija 5,3 MeV. Kiek energijos šis preparatas išskiria per valandą? (Ats.: 11,29 J).
9. Kodėl ne dėl kiekvieno radioaktyvaus spinduliavimo pakinta cheminės medžiagų savybės?
10. Ar kinta medžiagos cheminė sudėtis, kai jos branduoliai skleidžia γ spindulius? Kodėl?
11. Kaip pasikeis cheminio elemento vieta periodinėje lentelėje po β skilimo?
12. Kuo pavirs ${}^{238}\text{U}$ po vieno α ir dviejų β skilimų?
13. Kuo pavirs ${}^{210}\text{Tl}$ po trijų nuoseklių β skilimų ir vieno α skilimo?
14. Izotopo ${}^{211}\text{Bi}$ branduolys atsirado iš kito branduolio po vieno α skilimo ir vieno β skilimo. Koks buvo pirminis branduolys?
15. Kokiam radioaktyviajam skilimui vykstant natris ${}^{22}_{11}\text{Na}$ virsta magniu ${}^{22}_{12}\text{Mg}$?
16. Parašykite ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ α skilimo reakciją? Palyginkite susidariusių branduolių impulsus ir kinetines energijas.
17. Kodėl radioaktyvieji preparatai saugomi storasienuose švininiuose konteineriuose?
18. Kur ilgesnis α dalelės siekis: Žemės paviršiuje ar viršutiniuose atmosferos sluoksniuose? Kodėl?
19. Gabalėlis radžio suvyniotas į popierių. Ar sulaukys popierius α , β ir γ spindulius? Kodėl?
20. Suvirinimo siūlių gamagramoms gauti naudojamos radioaktyviosios medžiagos parenkamos priklausomai nuo plieno storio. Kai plieno storis 1–15 mm, naudojamas tulis-170; kai 5–100 mm – cezis-137; kai 20–250 mm – kobaltas-60. Paaiškinkite tokio parinkimo priežastis.

21. Kokios rūšies spinduliavimą registruoja Geigerio skaitiklis, kai radioaktyvusis preparatas padedamas 10 cm atstumu nuo skaitiklio? Kodėl?
22. Kišeninį dozimetą sudaro mažytė jonizacijos kamera, kurios elektrinė talpa 3 pF. Oro tūris kameroje 1,8 cm³. Iš pradžių dozimetras buvo įelektrintas iki 180 V potencialo, tačiau dėl radioaktyviųjų spindulių poveikio potencialas sumažėjo iki 160 V. Kiek sumažėjo dozometro krūvis? Kokia buvo apšvitos dozė? (1 R = 8,4·10⁻³ J/kg = 1 CGSE krūvio vienetas/1cm³ oro; 1 C = 3·10⁹ CGSE krūvio vieneto). (Ats.: 6·10⁻¹¹C; 0,1 R).
23. Kiek jonų susidarė Geigerio skaitiklyje, kurio talpa 25 pF, kai prie jo prijungtas voltmetras rodo 20 V įtampą? (Ats.: 3·10⁹).
24. Kodėl Vilsono kameroje matomi dalelių pėdsakai greitai išnyksta?
25. Kaip paaiškinti, kad to paties radioaktyviojo izotopo β dalelių pėdsakai Vilsono kameroje yra nevienodo ilgio?
26. Vykstant natūraliam radioaktyviajam skilimui α ir β dalelių energija būna beveik vienoda. Kodėl Vilsono kameroje α dalelės palieka trumpus pėdsakus, o β dalelės – tokius ilgus, kad jie netgi netelpa kameroje? Kodėl α dalelių pėdsakų galai netiesūs?
27. Protonas ir α dalelė įlekia į Vilsono kamerą vienodu greičiu statmenai magnetiniam laukui. Kurios dalelės pėdsako spindulys didesnis? Kiek kartų?
28. Kodėl Vilsono kameroje skriejantis protonas palieka matomą pėdsaką, o skriejantis neutronas pėdsako nepalieka?
29. Kuo skiriasi Vilsono ir burbulinės kamerų veikimo principai? Kurią iš jų reikia naudoti tiriant didelės energijos dalelių savybes? Kodėl?
30. Fotocheminiai pokyčiai sidabro bromide (AgBr) vyksta tada, kai krintančios šviesos bangos ilgis lygus 6000 Å. Kiek AgBr molekulių gali aktyvinti į fotoemulsiją įsiskverbusi α dalelė, kurios energija 5 MeV? (Ats.: 2,4·10⁶).
31. Kiek sumažės radioaktyviojo spinduliavimo intensyvumas perėjus 2 cm storio medžiagos sluoksnį, jeigu medžiagos masinis sugerties koeficientas (μ/ρ) = 0,012 m²/kg, o medžiagos tankis ρ = 11300 kg·m⁻³?
32. Tankio ρ = 2500 kg/m³ medžiagos sluoksnis, kurio storis l = 10 cm, radioaktyvųjį spinduliavimą sumažina dvigubai. Koks tos medžiagos ilginis ir masinis sugerties koeficientai?
33. Kaip ir 32 uždavinyje, tik ρ = 7800 kg/m³, l = 2,1 cm.
34. Kaip ir 32 uždavinyje, tik ρ = 1000 kg/m³, l = 17 cm.
35. Oro tūryje V = 30 l sugerama P = 0,06 Gy/s spinduliavimo dozės galia. Kiek jonų porų susidaro per laiką t = 12 s? Vienai jonų porai sukurti reikia 34 eV energijos, o oro tankis ρ = 1,29 kg/m³.
36. 80 kg kūnas per 7 h sugėrė 2 J spinduliavimo energijos. Nustatykite sugertąją spindulių dozę ir sugertosios dozės galią.
37. Taškinio γ spindulių šaltinio intensyvumas atstumu r = 3 m yra P = 5·10⁻⁶ W/m². Koku minimaliu atstumu nuo to šaltinio galima kasdien dirbti po 6 h, jeigu leistina

spinduliavimo dozė $5 \cdot 10^{-2}$ J/kg per metus, o žmogaus kūno audinių masinis sugerties koeficientas yra $0,006 \text{ m}^2/\text{kg}^2$.

38. 60 kg kūnas per 6 h sugėrė 1 J radioaktyvaus spinduliavimo energijos. Apskaičiuokite sugertąją spindulių dozę D ir dozės galią P SI vienetais ir nesisteminiais vienetais (radais, rd/s).
39. Kokiam α dalelių skaičiui, kurių energija 4,4 MeV, sugertam 1 kg biologinės medžiagos, atitinka 1 mSy ekvivalentinė dozė? α dalelių santykinis biologinis efektyvumas $SBE = 10$. $D_{Sy} = SBE \cdot D_{Gr}$.
40. Rentgeno kabinete vidutinė ekspozicinė (švitinimo) dozės galia $6,45 \cdot 10^{-12}$ C/kg·s. Gydytojas kabinete būna 5 h per dieną. Kokią ekspozicinę dozę gaus gydytojas per 6 darbo dienas?
41. 10 kg biologinės medžiagos sugeria 10^9 α dalelių, kurių vidutinė energija 5 MeV. Apskaičiuokite sugertąją jonizuojančiųjų spindulių dozę ir ekvivalentinę biologinę dozę. α dalelėms santykinis biologinis efektyvumas $SBE = 10$ (Ats.: 0,8 mSv).
42. Kada žmogus gauna didesnę radiacinę dozę: a) skrisdamas lėktuvu; b) žiūrėdamas televizorių; c) apšvitinant jo vidaus organus Rentgeno kabinete?
43. Medžiaga bombarduojama protonais ir neutronais. Kurie iš jų giliau įsiskverbia į medžiagą?

F. Branduolinės reakcijos. Branduolių dalijimasis ir sintezė. Branduolinė energetika

1. Koks energijos pokytis atitinka elektrono rimties masės pokyčiui? Kokio didumo energiją atitinka 1 u?
2. Kūno energija padidėjo 27 J. Kiek pakito kūno masė?
3. Kokį masės pokytį atitinka energija, pagaminama per 1 h $2,5 \cdot 10^3$ MW galios elektrinėje?
4. Saulė kiekvieną sekundę išspinduliuoja į erdvę $3,75 \cdot 10^{26}$ J energijos. Kiek dėl to kas sekundę sumažėja Saulės masė?
5. Kiek energijos išsiskirtų, jeigu 1 g medžiagos virstų lauko formos materija?
6. Kiek kartų 10^{10} MeV kinetinės energijos turinčio protono masė didesnė už jo rimties masę?
7. Kodėl radioaktyvūs daugiausia elementai, esantys periodinės lentelės gale?
8. Kodėl radioaktyviųjų elementų išspinduliuotos dalelės negali sukelti sunkiųjų elementų branduolinių reakcijų, o lengvųjų – gali?
9. Ar šios branduolinės reakcijos atitinka elektros krūvio tvermės dėsnį:
 - a) $\alpha + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^{18}_9\text{F} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + p$,
 - b) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + p$,
 - c) ${}^{14}_7\text{N} + \alpha \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + n$. ?
10. Kokio elemento trūksta branduolinėje reakcijoje ${}^{41}_{19}\text{K} + \dots \rightarrow {}^{44}_{20}\text{Ca} + p$?

11. Berilį ${}^9_4\text{Be}$ apšaudant α dalelėmis, išlekia neutronai. Parašykite branduolinės reakcijos lygtį.
12. Parašykite šių branduolinių reakcijų lygčių trūkstamus žymenis X:
- ${}^{27}_{13}\text{Al}(n, \alpha)\text{X}$;
 - ${}^{19}_9\text{F}(p, \text{X}){}^{16}_8\text{O}$;
 - ${}^{55}_{25}\text{Mn}(\text{X}, n){}^{55}_{26}\text{Fe}$;
 - ${}^{27}_{13}\text{Al}(\alpha, p)\text{X}$;
 - ${}^{14}_7\text{N}(n, \text{X}){}^{14}_6\text{C}$;
 - $\text{X}(p, \alpha){}^{23}_{11}\text{Na}$.
13. Gamtoje neaptinkamas radioaktyviojo technecio izotopas ${}^{95}_{43}\text{Tc}$ buvo gautas reakcijoje ${}^{94}_{42}\text{Mo} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{95}_{43}\text{Tc} + \text{X}$. Paaiškinkite reakciją. Kokia dalelė X išlėkė iš branduolio?
14. Urano ${}^{235}_{92}\text{U}$ atomo branduolys pagavo neutroną ir pasidalijo į dvi skeveldras bei 4 neutronus. Viena skeveldrų – ${}^{137}_{55}\text{Cs}$. Kokio izotopo branduolys yra antroji skeveldra? Parašykite reakcijų lygtis.
15. Urano ${}^{238}\text{U}$ atomas, pagavęs greitąjį neutroną ir išspinduliavęs 2 elektronus, virsta plutonio atomu, kuris po to savaime išmeta α dalelę ir virsta ${}^{235}\text{U}$ atomu. Parašykite vykstančių branduolinių reakcijų lygtis.
16. Urano ${}^{235}\text{U}$ branduolys pagavęs lėtąjį neutroną pasidalijo į dvi skeveldras ir išlaisvino 2 neutronus. Viena tų skeveldrų buvo ${}^{140}_{54}\text{Xe}$. Kas buvo antroji skeveldra? Parašykite reakcijos lygtį.
17. Kokios reakcijos vyksta urano reaktoriuje, susidarant ${}^{239}_{94}\text{Pu}$? Parašykite reakcijos lygtis.
18. Dalijantis ${}^{235}\text{U}$ branduoliui, išsiskiria energija. Kuri masė didesnė: urano branduolio ar susidariusių skeveldrų rimties masė? Kodėl?
19. Kokių izotopų dalijimasis taikomas atominių jėgainių reaktoriuose?
20. Suskilus reaktoriuje 1 kg urano-235, susidaro 1,5 kg plutonio. Kaip tai suderinama su tvermės dėsniais?
21. Plutonio ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ izotopas skyla išmesdamas α daleles: ${}^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + \alpha$. Vykstant šiai reakcijai išsiskiria energija. Dalis šios energijos 0,09 MeV, tenka γ kvantams, kuriuos skleidžia uranas. Likusiąją dalį nusineša α dalelės. Koku greičiu iš skylančių Pu branduolių išlekia α dalelės? (Ats.: $1,6 \cdot 10^7$ m/s).
22. Kad betonas geriau apsaugotų nuo radioaktyviųjų spindulių, į jį įmaišoma boro ir ličio turinčių medžiagų, boro karbido B_4C , ličio chlorido LiCl ir kt. Kodėl toks betonas saugo geriau?
23. Kodėl medžiagos, esančios Mendelejevo lentelės viduryje ir gale, nenaudojamos neutronams lėtinti?
24. Kokią įtaką neutronų daugėjimo koeficientui turi aktyviosios zonos išklojimas anglimi?

25. Kokią įtaką neutronų daugėjimo koeficientui turi aktyviosios zonos matmenys? Kodėl?
26. Kodėl neutronų daugėjimo koeficientas yra mažesnis už vidutinį iš vieno besidalijančio branduolio išlekiančių neutronų skaičių?
27. Neutronų koncentracijos n kitimo grandininėje reakcijoje greitis yra
- $$\frac{dn}{dt} = \frac{k-1}{\tau} n,$$
- kur k – neutronų daugėjimo koeficientas, τ – vidutinė vienos neutronų kartos gyvavimo trukmė. Kiek kartų padidėja neutronų skaičius branduoliniame reaktoriuje per 1 s, jeigu vidutinė jų gyvavimo trukmė $\tau = 0,09 \mu\text{s}$, o daugėjimo koeficientas $k = 1,003$. Kam lygus reaktoriaus periodas, t.y. laikas, per kurį šiluminių neutronų skaičius padidėja e kartų?
28. Urano branduolys pasidalijo į dvi dalis, kurių bendra masė mažesnė už pirminę branduolio masę $0,2 u$. Kiek energijos išsiskyrė pasidalijus branduoliui?
29. Dalijantis urano-235 branduoliui išsiskiria $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$. Kiek energijos galima gauti dalijantis 1 g urano-235?
30. Kiek energijos (kilovatvalandžiais) galima gauti dalijantis 1 g urano-235, jeigu kiekvieno dalijimosi metu išsiskiria 200 MeV?
31. Kiek urano-235 branduolių turi pasidalyti per 1 s, kad branduolinio reaktoriaus galia būtų 1 W?
32. Kiek gramų urano-235 per valandą suvartoja urano reaktorius, kurio galia 10 MW? Dalijantis vienam branduoliui išsiskiria 200 MeV energijos?
33. Reaktoriuje per parą suskyla 1 g ^{235}U . Vieno urano branduolio skilimo energija lygi 200 MeV. Apskaičiuokite reaktoriaus pilnutinę galią.
34. Kiek urano per parą suvartojo atominis ledlaužis, kurio variklio galia 44 000 AG? (1 AG = 736 W). Variklio galia sudaro 20% reaktoriaus galios.
35. Nustatykite reaktoriaus galią, jeigu žinoma, kad per parą $3,9 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ urano-235 pavirsta plutoniu-239 ir kiekvieno skilimo metu išsiskiria 170 MeV energijos (Ats.: 320 kW).
36. 1 kg urano-235 grandininė reakcija trunka 1 μs . Per tą laiką pasidalija 0,12% urano branduolių. Apskaičiuokite sprogimo galią (Ats.: $9,4 \cdot 10^{16} \text{ W}$).
37. Kodėl branduolinio sprogimo galia negali būti didesnė už tam tikrą ribą? Ar ribota termobranduolinio sprogimo galia? Kodėl?
38. Sprogstant vandenilinei bombai, vyksta termobranduolinė helio sintezė iš deuterio ir tričio. Parašykite šios reakcijos lygtį. Kiek energijos išsiskiria susidarant 1 g helio? (Ats.: $4,23 \cdot 10^{11} \text{ J}$).
39. Kiek energijos išsiskiria vykstant šioms termobranduolinėms reakcijoms:
- $^2_1\text{H} + ^3_2\text{He} \rightarrow p + \alpha;$
 - $d + d \rightarrow p + t;$
 - $d + d \rightarrow ^3_2\text{He} + n;$
 - $d + t \rightarrow \alpha + n?$

40. Kodėl vandenilinę bombą buvo lengviau sukurti negu atominę bombą, o įgyvendinti valdomą branduolinės sintezės reakciją yra žymiai sunkiau, negu valdomą dalijimosi reakciją?
41. Kokią funkciją branduoliniame reaktoriuje atlieka grafitas?
42. Kodėl branduoliniame reaktoriuje nėra įmanomas branduolinis sprogimas?
43. Kam Ignalinos atominėje elektrinėje reikalingi aukšti kaminai, jeigu pro juos nerūksta dūmai?
44. Atominėje elektrinėje, kurios galia 350 MW per parą suvartojama 100 g urano-235. Apskaičiuokite elektrinės naudingumo koeficientą (Ats.: 35%).
45. Atominės elektrinės galia 5000 kW, o naudingumo koeficientas 17%. Kiek ^{235}U elektrinė suvartoja per parą?
46. Atominės elektrinės galia 500 MW, o naudingumo koeficientas 20%. Kiek urano-235 ši elektrinė suvartoja per metus? (Ats.: 876 kg). Kiek kartų daugiau akmens anglies suvartotų tokios pat galios šiluminė elektrinė, kurios naudingumo koeficientas 75%? 1 g urano-235 ekvivalentus 3 t akmens anglies.
47. Branduolinio reaktoriaus, suvartojančio per parą 200 g urano-235, galia 32 MW. Kuri dalis urano dalijimosi energijos suvartojama naudingai?
48. Atominė elektrinė, kurios naudingumo koeficientas 25% per parą suvartoja 220 g urano-235. Apskaičiuokite elektrinės galią.
49. 15 MW galios atominės elektrinės naudingumo koeficientas 20%. Apskaičiuokite kuro (^{235}U) sąnaudas per parą (Ats.: 77 g).
50. Dalijantis ^{235}U branduoliui pagavus neutroną, susidaro ^{142}Ba , ^{91}Kr ir 3 laisvieji neutronai. Bario savitoji ryšio energija yra 8,38 MeV/nukleonui, kriptono – 8,55 MeV/nukleonui, o urano – 7,59 MeV/nukleonui. Kokia energija išsiskiria dalijantis vienam urano branduoliui?
51. Elementas mendelevis buvo gautas švitinant einšteinį $^{253}_{99}\text{Es}$ α dalelėmis ir išsiskyrus neutronui. Parašykite reakcijos lygtį.
52. Elementas kurčiatovis buvo gautas švitinant plutonį $^{242}_{94}\text{Pu}$ neono $^{22}_{10}\text{Ne}$ branduoliais. Be kurčiatovio susidarė dar 4 neutronai. Parašykite reakcijos lygtį.
53. Parašykite trūkstamus žymėjimus šiose branduolinėse reakcijose:
- $^{27}\text{Al} + n \rightarrow \dots + \alpha;$
 - $\dots + p \rightarrow ^{22}\text{Na} + \alpha;$
 - $^{55}\text{Mn} + \dots \rightarrow ^{56}\text{Fe} + n;$
 - $^{27}\text{Al} + \gamma \rightarrow ^{26}\text{Mg} + \dots$
54. Švitinant vario-63 izotopą protonais, reakcija gali vykti keleriopai: a) išsiskiria vienas neutronas; b) išsiskiria 2 neutronai; c) išsiskiria protonai ir neutronai. Kokių elementų branduoliai susidaro kiekvienu atveju?
55. Radioaktyvųjų ^{54}Mn galima gauti dviem būdais: a) švitinant geležies-56 izotopą deuteronais; b) švitinant geležies-54 izotopą neutronais. Parašykite branduolines reakcijas.

56. Bombarduojant azoto ^{14}N branduolius neutronais išleikia protonas. Parašykite reakciją. Gautas izotopas yra β radioaktyvus. Parašykite reakciją.
57. Bombarduojant geležies ^{56}Fe branduolius neutronais, susidaro mangano β -radioaktyvus izotopas, kurio atominė masė 56. Parašykite dirbtinio radioaktyvaus mangano gavimo reakciją ir su tuo susijusią β skilimo reakciją.
58. Kokia energija išsiskiria vykstant branduolinės sintezės reakcijai $^7\text{Li} + d \rightarrow ^8\text{Be} + n$?
59. ^7Li branduolys, sugerdamas protoną, suskyla į dvi α daleles. Nustatykite šių dalelių kinetinės energijos sumą.
60. Kokia energija išsiskiria vykstant termobranduolinei reakcijai $d + t = \alpha + n$?
61. Kokia energija išsiskiria 0,4 g deuterio ir 0,6 g tričio sintezės metu? $d+t$ suminė masė lygi 5 u .
62. Apskaičiuokite termobranduolinės reakcijos $p + t \rightarrow \alpha + \gamma$ metu vykstančio γ spinduliavimo dažnį, kai α dalelė įgyja 19,6 MeV energiją.
63. Dalijantis urano-235 izotopui išsiskiria 200 MeV energija. 84% tos energijos įgyja dalijimosi skeveldros. Apskaičiuokite kiekvienos iš skeveldrų energiją, kai skeveldros yra baris-137 ir kriptonas-84, o jų impulsų moduliai vienodi (Ats.: 64 ir 104 MeV).
64. Švitinant anglį-13 protonais, susidaro anglies-14 izotopas. Kokia dalelė tuo metu išmetama?
65. Vykstant dviejų protonų jungimosi termobranduolinei reakcijai, susidaro deuteronas ir neutrinas. Kokia dar dalelė atsiranda reakcijos metu?
66. Saulėje vykstant termobranduolinių reakcijų ciklui keturi protonai virsta helio branduoliu, du pozitronai – dviem neutrinais. Parašykite reakcijas.
67. Kokia daugėjimo koeficiento k fizikinė prasmė? Kiek bus šimtosios kartos neutronų, jeigu pradžioje jų buvo 1000, o daugėjimo koeficientas $k = 1,05$? (Ats.: $1,3 \cdot 10^5$).
68. Pasaulinio vandenyno tūris apie 10^{18} m^3 . Jame 1 iš 6800 vandenilio atomų yra deuteris. Kokiam laikui užtektų 1% vandenynuose esančio deuterio, dd reakcijoje kasmet gaminant po 10^{19} kJ energijos. (Šiuo metu žmonija per metus sunaudoja apie 10^{17} kJ , o 10^{19} kJ atitiktų 1% energijos, kurią Žemė per metus gauna iš Saulės ir ją išspinduliuoja į aplinką.) (Ats.: $3 \cdot 10^6 \text{ m}$.)

G. Elementariosios dalelės

1. Kokia elementarioji dalelė buvo atrasta pirmiausia?
2. Kuo panašus ir kuo skiriasi neutronas ir neutrinas?
3. Kodėl antidalelės negali egzistuoti mūsų pasaulyje?
4. Pagal kokį požymį elementariosios dalelės skirstomos į leptonus ir hadronus?
5. Miono gyvavimo trukmė $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$. Per kiek laiko suskils 90% mionų?
6. Anihiliuojant elektronui ir pozitronui susidaro du vienodi γ kvantai. Raskite jų bangos ilgį (Ats.: 2,4 pm).

7. π^0 mezonas suskyla į du γ kvantus. Mezonų rimties masė lygi 264,3 elektrono masei. Apskaičiuokite γ spinduliavimo dažnį (Ats.: $1,63 \cdot 10^{22}$ Hz).
8. Ir vandenilio atomas, ir neutronas gali suskilti į protoną ir elektroną. Kodėl vandenilio atomas nelaikomas elementariąja dalele, o neutronas – laikomas?
9. Koks tvermės dėsnis neleidžia γ kvantui virsti elektronu?
10. Kodėl sunku užregistruoti neutrino?
11. Kokių dalelių negalima pagreitinti greitintuvuose elektriniais ir magnetiniais laukais?
12. Apibūdinkite keturias fundamentines jėgas. Kokius pagrindinius reiškinius lemia kiekviena iš jų?
13. Kodėl β skilimo metu iš branduolio išlekia elektronas? Ar yra branduolyje elektronų?
14. Kodėl, vykstant branduolių α skilimui, išsiskiria vienodos energijos α dalelės, o vykstant vienodų branduolių β skilimui – skirtingos energijos β dalelės?
15. Laisvieji neutronai virsta protonais. Kodėl atvirkščias procesas įmanomas tik branduoliuose?
16. Kaip pasikeis atomo elektroninio apvalkalo sudėtis, branduolyje įvykus virsmui: a) $n \rightarrow p$; b) $p \rightarrow n$? Kokiuose branduoliuose vyksta tokie virsmai?
17. Kiek energijos išsiskiria skylant neutronui? (Ats.: 0,77 MeV).
18. Elektrono ir pozitrono porai virstant elektromagnetiniais spinduliais, niekada nesusidaro vienas γ kvantas. Kodėl?
19. Kuo iš esmės leptonai skiriasi nuo hadronų?
20. Laisvųjų kvarkų nėra. Kodėl galima teigti, kad kvarkai egzistuoja? Kokia sąveika laiko kvarkus hadronuose?
21. Kas yra kosminiai spinduliai ir kokia jų kilmė?
22. Kas yra pakopiniai procesai kosminiuose spinduliuose?
23. Kas sieja elementariųjų dalelių ir branduolio fiziką su astrofizika ir kosmologija?
24. Kada įvyko Didysis sproginimas ir kokios yra jo pasekmės?
25. Kas įrodo, kad Visata plečiasi? Kokie galimi Visatos ateities variantai?
26. Koks yra žvaigždžių energijos šaltinis?
27. Koku būdu besiformuojančios žvaigždės gelmės įkaista iki milijonų laipsnių temperatūros?
28. Kokios reakcijos vyksta žvaigždžių gelmėse?
29. Kokių reakcijų ciklai vyksta žvaigždėse?
30. Kaip susidaro sunkiųjų elementų branduoliai?