

**15-Amaliy mashg‘ulot**  
**Mavzu: Atom yadrosi fizikasi**

**ASOSIY TENGLAMALAR VA FORMULARLAR**

Foton energiyasi:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Foton massasi:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$$

Foton impulsi:

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

De Broyl to‘lqini uzunligi:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Yorug‘lik bosimi:

$$P = \frac{I}{c}(1 + \rho)$$

Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi:

$$h\nu = A + \frac{m_e g^2}{2} \quad \text{yoki} \quad \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{m_e g^2}{2}$$

Fotoeffekt uchun qizil chegara:

$$\lambda_q = \frac{hc}{A}, \quad \nu_q = \frac{A}{h}$$

Elektronlar tormozlanishi tufayli hosil bo‘ladigan rentgen nurlarining minimal to‘lqin uzunligi va maksimal chastotasi:

$$\lambda = \frac{hc}{eU}, \quad \nu = \frac{eU}{h}$$

Kompton effekti:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_c(1 - \cos\theta) = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

Stefan-Bolsman qonuni:

$$M_e = \sigma T^4$$

Kulrang jismning energetik yorituvchanligi:

$$M_e = \varepsilon \sigma T^4$$

Plank fomulasi:

$$f(\omega, T) = \frac{\hbar\omega^3}{4\pi^2 c^2} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{kT} - 1\right)},$$

Absolyut qora jismning maksimal nurlanish qobiliyati:

$$\varphi_{\lambda \max} = CT^5$$

Radioaktiv moddalarning emirilish qonuni

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

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{\tau}}$$

radioaktiv yadrolarning **o'rtacha yashash vaqtı** deyiladi:

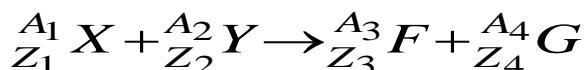
$$\tau = \frac{1}{\lambda}, \quad \tau = 1,44 \cdot T$$

massa **defekti** deyiladi:

$$\Delta M = Z \cdot m_r + N \cdot m_n - M_{ya}.$$

Nuklonlardan yadro hosil bo'lib massasining kamayishida bu zarralar sistemaning energiyasi  $E_{bog}$ , bog'lanish energiyasi miqdorida kamayishini bildiradi:

$$E_{bog} = \Delta Mc^2 = (Zm_p + Nm_n - M_{ya}) \cdot c^2.$$



Bu yerda X, Y, F, G qandaydir elementlar va zarralar,

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4 \quad Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

## MASALALAR YECHISH BO‘YICHA USLUBIY TAVSIYALAR

**1 – masala.** Quyoshning nurlanish spektrini tekshirish energetik yorutuvchanlik spektral zichligining maksimumi 500 nm to‘lqin uzunligiga to‘g‘ri kelishini ko‘rsatadi. Quyoshni qora jism sifatida qabul qilib quyoshning energetik yorutuvchanligi, quyosh sochadigan energiya oqimi hamda 1 s da sochadigan elektromagnit to‘lqinlarning massasini aniqlang.

Berilgan	Yechilishi
$\lambda=500 \text{ nm}$	Qora jismning energetik yorutuvchanligi Stefan-Bolsman formulasi bilan aniqlanadi. $M_e = \delta T^4$
$M_e=?$	Nur sochayotgan sirtning harorati Vinning siljish qonunidan foydalanib aniqlashimiz mumkin: $\lambda_B=b/T$ . bundan harorat T ni ifodalab energetic yorutuvchanlikni aniqlaymiz:
$\Phi_e=?$	$M_e = \delta(b/\lambda_m)^4 = 6,67 \cdot 10^{-8} (2,9 \cdot 10^{-3}/500 \cdot 10^{-9})^4 = 64 \text{ MW/m}^2$
$m=?$	Quyosh sochadigan energiya oqimi quyoshning energetik yorutuvchanligining uning sirtiga ko‘paytmasiga teng: $\Phi_e = M_e \cdot S = M_e \cdot 4\pi R^2 = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$
	Quyoshning 1 s da sochadigan elektromagnit to‘lqinlarning massasini massa va energiyaning proporsionallik qonuni $E=mc^2$ orqali aniqlaymiz. t vaqt davomida sochiladigan elektromagnit to‘lqinlarning energiyasi energiya oqimi(nur sochish quvvati) ning vaqtga ko‘paytmasiga teng. $E = \Phi_e \cdot t$ .
	Demak, $m = \Phi_e \cdot t / c^2 = 4,3 \cdot 10^9 \text{ kg}$ .

**2 – masala.** Seziyning sirti to‘lqin uzunligi 400 nm bo‘lgan binafsha yorug‘lik nuri bilan nurlantirilganda fotoelektronlarning maksimal tezligi 650 km/s bo‘lsa, seziy uchun fotoeffektning qizil chegarasini aniqlang.

Berilgan	Yechilishi
----------	------------

$$\lambda=400 \text{ nm}$$

$$v_{\max}=650 \text{ km/s}$$

To‘lqin uzunligi fotoeffektning qizil chegarasi mos kelgan yorug‘lik bilan yoritilganda fotoelektronlarning tezligi, jumladan, kinetik energiyasi ham nolga teng bo‘ladi.

$$hc/\lambda_0=A$$

Seziy uchun chiqish ishini Eynshteyn formulasi yordamida aniqlaymiz:

$$A=hc/\lambda \cdot m v_{\max}^2/2$$

$$\lambda_q=?$$

$$\Phi_e=?$$

$$m=?$$

$$hc/\lambda_0=hc/\lambda \cdot m v_{\max}^2/2$$

$$\lambda_0 = \frac{2hc\lambda}{2hc - m\lambda g_{\max}^2} = 651 \text{ nm}$$

**3 – masala.** To‘lqin uzunligi 500 nm bo‘lgan yorug‘likning parallel dastasi 10  $\mu\text{Pa}$  bosim hosil qilib qoraytirilgan sirtga normal tushadi. Dastadagi fotonlar konsentratsiyasini, 1 s vaqtida  $1 \text{ m}^2$  yuzali sirtga tushayotgan fotonlar sonini aniqlang.

Berilgan

$$\lambda=500 \text{ nm}$$

$$P=10 \mu\text{Pa}$$

$$t=1 \text{ s}$$

$$S=1 \text{ m}^2$$

Yechilishi

Dastadagi fotonlar konsentratsiyasi energiyasining hajmiy zichligining bitta fotonning energiyasiga nisbati kabi topilishi mumkin.

$$n=\omega/\varepsilon$$

Yorug‘likning bosimini aniqlovchi  $P=\omega(1+\rho)$  ifodadan  $\omega$  ni topamiz.

$$\omega = P/(1+\rho)$$

$\Omega$  ning tenglamadagi ifodasi orqali konsentratsiyasini ifodalasak:

$$n=?$$

$$n = \frac{P}{(\rho + 1)\varepsilon}$$

$$N=?$$

Fotonning energiyasi chastota yoki to‘lqin uzunlikka bog‘liq.

$$\varepsilon=hc/\lambda$$

Fotonning energiyasi uchun topilgan ifoda bilan umumlashtirib izlanayotgan fotonlar konsentratsiyasini

topamiz, bunda qoraytirilgan sirt uchun qaytarish koeffitsiyentini nolga teng deb olamiz:

$$n = \frac{P\lambda}{(\rho+1)hc} = 2,52 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3}$$

1 s vaqt ichida 1 m<sup>2</sup> yuzali sirtga tushayotgan fotonlar sonini N=k/(S·t) munosabatdan topamiz. Bunda k-t vaqtda S yuzali sirtga tushayotgan fotonlar soni. Ammo k=nSct.

$$N = \frac{ncSt}{St} = nc = 7,56 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-2}$$

**4 – masala.**  ${}^5\text{Be}^{11}$  yadrosining massa yetishmovchiligi va bog‘lanish energiyasi hisoblang.

Berilgan	Yechilishi
${}^5\text{Be}^{11}$	<p>Yadro massa yetishmovchiligini <math>\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{ya}</math> ifoda yordamida topiladi. Massa yetishmovchiligini hisoblashni tizimdan tashqi birliklarda (m.a.b.) bajaramiz. <math>{}^5\text{Be}^{11}</math> yadrosi uchun Z=5, A=11. Yadro massalari, proton va neytron massalarini doimiy kattaliklar qismidan olamiz.</p> $\Delta m = [5 \cdot 1,00783 + (11-5)1,00867 - 11,00931] \text{ m.a.b.}$ <p>Demak <math>\Delta m = 0,08186 \text{ m.a.b.}</math></p>
$\Delta m = ?$	Yadroning bog‘lanish energiyasi $E = \Delta mc^2$ .
$E = ?$	Yadroning bog‘lanish energiyasini ham tizimdan tashqi birliklarda (MeV) hisoblaymiz.
	$E = 931 \cdot 0,08186 \text{ MeV} = 76,224 \text{ MeV}$

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

**15.1.** Tezligi  $1,9 \cdot 10^7$  m/s bo‘lgan  $\alpha$ -zarra oltin atom yadrosining markazidan o‘tuvchi to‘g‘ri chiziq bo‘yicha harakatlanib, yadroga qanday eng kichik masofagacha yaqinlashishini hisoblang.  $\alpha$ -zarranining massasi  $6,6 \cdot 10^{-27}$  kg,  $\alpha$ -zarranining zaryadi  $3,2 \cdot 10^{-19}$  C, oltin yadrosining zaryadi  $1,3 \cdot 10^{-17}$  C.

**15.2.** Vodorod atomida elektronlar to‘rtinchi statsionar orbitadan ikkinchi orbitaga o‘tganda energiyasi  $4,04 \cdot 10^{-19}$  J bo‘lgan fotonlar chiqadi (vodorod spektrining yashil chizig‘i). Spektrning shu chizig‘ining to‘lqin uzunligini aniqlang.

**15.3.** Kislorod atomini ionlashtirish uchun 14 eV ga yaqin energiya zarur. Ionlashtiruvchi nurlanishning chastotasini toping.

**15.4.** Modda atomi uyg‘onib, bir energetik sathdan ikkinchisiga o‘tishida yorug‘lik nurlandi hamda atomning energiyasi  $3 \cdot 10^{-19}$  J kamaydi. Nurlanish chastotasini hisoblab toping.

**15.5.** Vodorod atomidagi elektronning orbita bo‘ylab tezligini aniqlang.  $r=10^{-10}$ m.

**15.6.** Rentgen trubkasida anod kuchlanishi 20 V. Anod yaqiniga yetib borgan elektronning tezligini toping.

**7.** Rentgen trubkasida katod va anod orasidagi potensiallar ayirmasi 66,3 kV bo‘lsa, trubkadan chiqadigan rentgen nurlari chastotasining maksimum qiymatini toping.

**15.8.** Rentgen trubkasiga 30 kV kuchlanish berilgan. Uzluksiz rentgen spektrining qisqa to‘lqin chegarasi topilsin.

**15.9.** Chastotasi  $3,4 \cdot 10^{15}$ Hz bo‘lgan nurlar kislorod atomini ionlashtirishi mumkin bo‘lgan eng kichik chastotali nurlar bo‘lsa, atomni ionlashtirish energiyasi qanday?

**15.10.** Atomni ionlashtirish uchun 4 eV energiya zarur bo‘lsa, ionlashtiruvchi nurlanishning to‘lqin uzunligi qancha bo‘lishi kerak?

**15.11.** Qanday radioaktiv yemirilish natijasida  $^{239}_{94}Pu$  plutoniyl  $^{235}_{92}U$  uranga

aylanadi?

**15.12.** Qanday radioaktiv yemirilish natijasida  $^{22}_{11}Na$  natriy  $^{22}_{12}Mg$  magniyiga aylanadi?

**15.13.**  $^{238}_{92}U$  uran uchun  $\alpha$ -zarra yemirilishi reaksiyasini yozing.

**15.14.**  $^{209}_{82}Pb$  qo‘rg‘oshin uchun  $\beta$ -yemirilish reaksiyasini yozing.

**15.15.** Radiy  $^{226}_{88}Ra$  ning  $\alpha$ -yemirilish reaksiyasining yozing. Yemirilishga qadar radiy yadrosini tinch turgan deb hisoblab, hosil bo‘lgan yadroning impulslarini va kinetik energiyalarini taqqoslang.

**15.16.** Uran  $^{238}_{92}U$  izotopi yadrosi bir necha  $\alpha$  va  $\beta$  yemirilishdan so‘ng  $^{210}_{82}Pb$  atomi yadrosiga aylandi. Bunda qancha  $\alpha$  va  $\beta$ -yemirilish bo‘lgan?

**15.17.** Agar kobalt elementining yarim yemirilishi davri 71 kun bo‘lsa, bir oydan keyin kobaltning radioaktiv yadrolarining necha foizi qoladi?

**15.18.** Radiy izotopining yarim yemirilish davri 1400 yilga teng. Necha yildan keyin undagi atomlar soni 4 marta kamayishini aniqlang.

**15.19.** Sutkaning boshlang‘ich 8 soatida radioaktiv modda 3 marta kamaysa, sutkaning oxirida necha marta kamayadi?

**15.20.** Qandaydir radioaktiv elementning aktivligi 4 sutkada 4 marta kamaydi. Uning yarim yemirilish davrini toping.

**15.21.** Radonning yarim yemirilish davri 3,82 sutkaga teng. 1,91 sutkadan keyin bu izotopdagi atomlar soni necha marta kamayadi?

**15.22.** Radioaktiv kumushning aktivligi 645 sutkada 8 marta kamaydi. Kumushning yarim yemirilish davrini sutkalarda hisoblab toping.

**15.23.**  $^{131}_{53}I$  izotopining yarim yemirilish davri 8 sutkaga teng. 32 sutkadan keyin yod izotopi massasining necha foizi yemiriladi?

**15.24.** Qandaydir radioaktiv elementning 87,5 % atomi yemirilishi uchun qancha vaqt ketadi? Yarim yemirilish davri 2 yil.

**15.25.** Tabiiy xlorning  $^{35}_{17}Cl$  va  $^{37}_{17}Cl$  izotoplari mavjud. Agar xlorning atom massasi 35,5 m.a.b. bo‘lsa, tabiiy aralashmasidagi izotoplarning har biri necha

foizdan bo‘ladi?

**15.26.**  ${}_1^2H$  deytriy yadrosining bog‘lanish energiyasini hisoblang.

**15.27.** Alyuminiy  ${}_{13}^{27}Al$  yadrosining bog‘lanish energiyasini toping.

**15.28.**  ${}_{3}^7Li$  va  ${}_{8}^{16}O$  yadrolarda bitta nuklonga to‘g‘ri keladigan bog‘lanish energiyasining toping.

**15.29.** Quyidagi yadro reaksiyasida qancha energiya ajraladi:



**15.30.** Quyidagi yardo reaksiyasini amalga oshirish uchun  $\alpha$ -zarra eng kamida qancha energiyaga ega bo‘lishi lozim:



**15.31.** Quyidagi termoyadro reaksiyasida qancha energiya ajraladi:

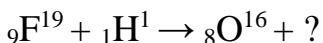


**15.32.**  ${}_{92}^{235}U$  izotopining bitta yadrosi bo‘lganda, 200 MeV energiya ajraladi.

Shu izotop 4700 g barcha yadrolari bo‘linganda, qancha energiya ajraladi?

**15.33.** Uran atomi bo‘linganda, energiyaning 0,05 % issiqlikga aylanadi. Agar atom elektostansiyasining FIK 25% bo‘lsa, atom reaktorida 4 tonna uran bo‘linganida ajraladigan elektr energiyasini aniqlang.

**15.34.** Ushbu yadro reaksiyada noma’lum zarrachani aniqlang:



**15.35.**  ${}_{10}^{20}Ne$  izotopini  $\alpha$  – zarracha bilan bombardimon qilganda, proton va noma’lum element hosil bo‘ladi. U qanday elementligini toping.

**15.36.**  ${}_{93}^{234}Np$  yadrosi atomining elektron qobig‘idan elektronni tutib olganida va so‘ng  $\alpha$  – zarra chiqorganida qanday yadro hosil bo‘ladi?

**15.37.** Quyidagi termoyadro reaksiyada qancha energiya ajraladi:  
$${}_{1}^2H + {}_{1}^2H \rightarrow {}_{2}^4He + \Delta E$$
.  ${}_{1}^2H$  deyteriyning bog‘lanish energiyasi 2,2 MeV,  ${}_{2}^4He$  geliyning bog‘lanish energiyasi 28,3 MeV

**15.38.** Atomdan chastotasi  $1,6 \cdot 10^{16}$  Hz bo‘lgan kvant nurlangan bo‘lsa,

uning energiyasi qanchaga kamaygan?

**15.39.** Radioaktiv izotop yadrosining yarim yemirilish davri 20 sutka. Agar radioaktiv yadrolarning boshlang‘ich soni  $10^8$  ta bo‘lsa, 5 sutkadan keyin bu izotopning nechta radioaktiv yadrosi yemiriladi?

**15.40.** Agar atom impulsi  $6,6 \cdot 10^{-27}$  kg·m/s bo‘lgan fotonni yutsa, uning chastotasi qancha ortadi?

**15.41.** Qandaydir radioaktiv modda yadrolari soni 2 kunda 4 marta kamaysa, 3 kunda necha marta kamayadi?

**15.42.** Radioaktiv izotop yadrosining yarim yemirilish davri 2 sutka. Agar radioaktiv yadrolarning boshlang‘ich soni  $10^8$  ta bo‘lsa, 4 sutkadan keyin bu izotopning nechta radioaktiv yadrosi yemiriladi?

**15.43.** Radioaktiv izotop yadrosining yarim yemirilish davri 20 sutka. Agar radioaktiv yadrolarning boshlang‘ich soni  $10^8$  ta bo‘lsa, 15 sutkadan keyin bu izotopning nechta radioaktiv yadrosi yemiriladi?

**15.44.** To‘lqin uzunligi 662 nm bo‘lgan nurlanishning nechta kvanti 1 g massaga ega bo‘ladi?

**15.45.** Radioaktiv izotop yadrosining yarim yemirilish davri 20 sutka. Agar radioaktiv yadrolarning boshlang‘ich soni  $10^8$  ta bo‘lsa, necha sutka oldin bu izotopning soni  $10^9$  ta bo‘lgan?

**15.46.** Rentgen trubkasi 20 kV kuchlanishda ishlaydi. Rentgen nurining to‘lqin uzunligini toping.

**15.47.** Elektron bilan pozitron o‘zaro annigilyatsiyalanganda qanday chastotali elektromagnit to‘lqin hosil bo‘ladi?

**15.48.** Atom  $6,4 \cdot 10^{18}$  Hz chastotali nurlanish kvantini yutganida uning energiyasi qanchaga ortadi?

**15.49.** Vodorod atomining ionlanish energiyasi  $2,18 \cdot 10^{-18}$ J. Vodorodning ionlanish potensiali aniqlansin.

**15.50.** Agar azotning ionlanish potensiali 14,5 V bo‘lsa, azot atomini ionlantirish uchun elektron qanday eng kichik tezlikka ega bo‘lishi kerak?

**15.51.** Atomlarning ilgarilanma harakat o‘rtacha kinetik energiyasi

to‘qnashish yo‘li bilan ionlantirishga yetarli bo‘lishi uchun atomar vodorodning harorati qanday bo‘lishi kerak? Atomar vodorodning ionlanish potensiali 13,6 V.