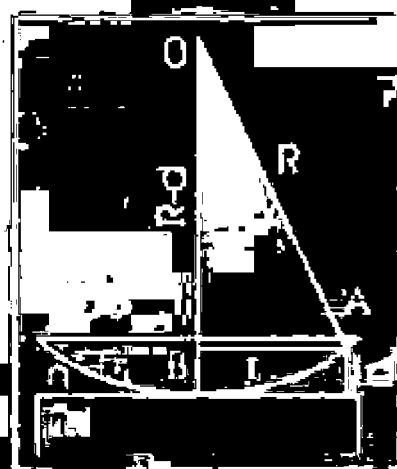


FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI

Akademik litsey va kasb-hunar
kollejlari uchun



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

*K. A. TURSUNMETOV, A. A. UZOQOV,
I. BO'RIBOYEV, A. M. XUDOYBERGANOV*

FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI

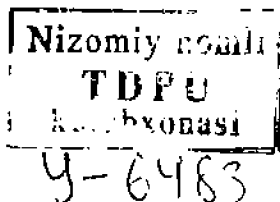
*Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari
uchun o'quv qo'llanma*

4-nashri

„O'QITUVCHI“ NASHRIYOT-MATBAA IJODIY UYI
TOSHKENT — 2005

Taqrizchilar: **O. I. Ahmadjonov**—professor,
S. B. Orifjonov—TDMO dotsenti,
M. M. Nishonova—fizika-matematika
fanlari nomzodi

Ushbu to'plamda umumiy fizikaning barcha bo'limlari bo'yicha saralangan masalalar qiyinlik darajalari bo'yicha besh guruhga taqsimlangan holda berilgan. Fizika kursining barcha formulalari va masalalaridan yechish namunalari keltirilgan.



Ushbu nashrga doir barcha huquqlar himoya qilinadi va nashriyotga tegishlidir. Undagi matn va rasmlarni nashriyot rozilgisiz to'liq yoki qisman ko'chirib bosish taqiqlanadi.

T $\frac{4306020120-197}{357(04)-2004}$ Qat'iy buyurt. — 2005

ISBN 5—645—04521—1

© „O'qituvchi“ nashriyoti, 2001.
© „O'qituvchi“ NMU, 2005.

SO'ZBOSHI

Ushbu to'plam gimnaziyalar, akademik litseylar, kasb-hunar kollejlari, fizikani chuqur o'rganuvchilar uchun mo'ljallangan. To'plam akademik litseylar dasturini to'liq qamrab olgan bo'lib, unda 856 masala berilgan va 90 dan ortiq masala namuna uchun yechib ko'rsatilgan.

Kitob 6 bobga bo'lingan. Har bir bob uch qismga ajratilgan. Birinchi qismda shu bobga tegishli asosiy formulalar va qonuniyatlarni keltirilgan.

Ikkinchi qismda turli qiyinlik darajasiga ega bo'lgan bir qancha masalalar yechib ko'rsatilgan. Birinchi navbatda, bu masalalarning yechimlarini tahlil qilish kerak. Bu jarayon davomida talabalarning masala yechish bo'yicha mahorati va tajribasi ortadi.

Uchinchi qismda mustaqil yechish uchun mo'ljallangan masalalar keltirilgan. Bu masalalarning qiyinlik darajasi turlicha bo'lib, ular safida odatdagi maktabda ishlanadigan va bir formula ishlatish yo'li bilan yechiladigan masalalardan tortib, chuqur fikr yuritishni taqozo etuvchi olimpiada masalalarigacha bor.

Ushbu kitobning afzalliklaridan yana biri shundaki, mustaqil yechish uchun ajratilgan hamma masalalar qiyinlik darajasi bo'yicha besh guruhga ajratilgan. Bu esa o'quvchilarga ham, o'qituvchiga ham bir qancha qulayliklar tug'diradi. Jumladan, o'qituvchiga nazorat ishi variantlarini tuzishni yengillashtiradi, chunki bunday ish variantlariga kiritilgan masalalar turli qiyinlikda bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Nazorat ishi variantlarini tuzishni yengillatadigan jihatlardan yana biri — masalani yechishda kerak bo'ladigan jadval ma'lumotlari va doimiylar masala matnining o'zida berilgani. Bu esa o'quvchiga masalalar yechishda qulaylik tug'diradi. Masala matniga kiritilmagan ba'zi fizik doimiylarni ushbu kitobning oxirida keltirilgan jadvaldan kerakli aniqlikda olish mumkin.

Nazorat ishi variantlarini tuzishda to'plamdagi ba'zi masalalar odatdagi maktab dasturidan chetga chiqishini unutmaslik lozim.

Kitobning oxirida deyarli hamma masalalarning javoblari umumiy ko'rinishda va son qiymatlari bilan berilgan. Bu qiymatlar va boshlang'ich ma'lumotlar masalada ishlatilgan kattaliklarning aniqligini va taqribiy hisoblash qoidalarini hisobga olgan holda keltirilgan.

Fizik kattaliklarning birliklari xalqaro belgilarda ifodalandi.

I bob. MEXANIKA

Asosiy formulalar

1. To'g'ri chiziqli tekis harakat:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}; \quad v_x = \frac{s_x}{t} = \frac{x-x_0}{t}; \quad \bar{s} = \vec{v}t;$$

$$s_x = v_x t = x - x_0; \quad s = vt; \quad x = x_0 + v_x t;$$

bu yerda: t — harakat vaqti, $\bar{s}$ — t vaqt davomidagi ko'chish, $\vec{v}$ — tezlik, s_x va $\vec{v}_x$ — ko'chishning va tezlikning X o'qidagi proyeksiyalari, s va v — ko'chishning va tezlikning modullari, x_0 — harakatlanayotgan nuqtaning boshlang'ich ($t=0$) paytdagi, x esa oxirgi (t) paytdagi koordinatalari.

2. Notekis harakat:

$$\vec{v}_{o'r} = \frac{\vec{s}}{t}; \quad (v_{o'r})_x = \frac{s_x}{t} = \frac{x-x_0}{t}; \quad \langle v \rangle = |\vec{v}|_{o'r} = \frac{l}{t};$$

$$\bar{s} = \vec{v}_{o'r} t; \quad s_x = (v_{o'r})_x t = x - x_0; \quad s = v_{o'r} t; \quad v_{o'r} = \frac{s}{t};$$

$$l = \langle v \rangle t = \int_0^t v(t) dt; \quad x = x_0 + s_x = x_0 + (v_{o'r})_x t;$$

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{s}'; \quad v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} = x';$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{v}'; \quad a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{dv_x}{dt} = v'_x;$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a}(t) dt; \quad v_x = v_{0x} + \int_0^t a_x(t) dt;$$

$$\bar{s} = \int_0^t \vec{v}(t) dt; \quad s_x = \int_0^t v_x(t) dt;$$

bu yerda: $\vec{v}_{o'r}$ — t vaqt davomidagi o'rtacha tezlik, $v_{o'r}$ va $(v_{o'r})_x$ — uning moduli va X o'qiga proyeksiyasi, $\langle v \rangle$ — tezlik modulining o'rtacha qiymati, $\vec{a}$ — tezlanish, a_x — uning X o'qidagi proyeksiyasi, l — t vaqt davomida bosib o'tilgan yo'l, $\vec{v}_0$ — boshlang'ich ($t=0$ paytdagi) tezlik, v_{0x} — uning X o'qidagi proyeksiyasi, $\vec{v} = \vec{v}(t)$ — t paytdagi tezlik, $v = v(t)$ va $v_x = v_x(t)$ — uning moduli va X o'qidagi proyeksiyasi.

3. Tekis tezlanuvchan harakat ($\bar{a} = \text{const}$):

$$\bar{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}; \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \bar{a}t; \quad \vec{v}_{or} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2}; \quad \bar{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\bar{a}t^2}{2};$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t; \quad v_x^2 = v_{0x}^2 + 2a_x s_x; \quad (v_{or})_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2};$$

$$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} = (v_{or})_x t = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}; \quad x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

$$v_{0x} = 0 \quad \text{bo'lganda:} \quad v_x = a_x t; \quad v_x^2 = 2a_x s_x; \quad (v_{or})_x = \frac{v_x}{2};$$

$$s_x = \frac{a_x t^2}{2} = \frac{v_x^2}{2a_x}; \quad a_x = \frac{v_x^2}{2s_x}; \quad x = x_0 + \frac{a_x t^2}{2}.$$

4. Aylana bo'ylab tekis harakat ($v = \text{const}$):

$$T = \frac{t}{N} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{1}{\nu}; \quad \nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}; \quad v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi \nu r;$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 4\pi^2 \nu^2 r;$$

bu yerda: N — t vaqtdagi aylanishlar soni, T — aylanish davri, ν — aylanish chastotasi, r — aylananing radiusi, a — markazga intilma tezlanish moduli.

5. Nyutonning ikkinchi qonuni (ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy qonuni):

$$\vec{F} = m\bar{a}; \quad F_x = ma_x; \quad \bar{a} = \frac{\vec{F}}{m}; \quad a_x = \frac{F_x}{m};$$

bu yerda: $\bar{a}$ — m massali jismning $\vec{F}$ kuch ta'siri ostida olgan tezlanishi, a_x va F_x — tezlanish va kuchning X o'qidagi proyeksiyalari.

6. Nyutonning uchinchi qonuni:

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1;$$

bu yerda: $\vec{F}_2$ — birinchi jism tomonidan ikkinchi jismga ta'sir etuvchi kuch, $\vec{F}_1$ — ikkinchi jism tomonidan birinchi jismga ta'sir etuvchi kuch.

7. Guk qonuni:

$$(F_{el})_x = -kx; \quad F_{el} = k\Delta l;$$

bu yerda: F_{el} va $(F_{el})_x$ — elastiklik kuchining moduli va proyeksiyasi, k — jismning bikrligi, Δl — jismning absolut deformatsiyasi

(choʻzilishi yoki siqilishi), x — jismning tashqi kuch qoʻyilgan nuqtasi koordinatasining oʻzgarishi.

8. Butun olam tortishish qonuni:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2};$$

bu yerda: F — oralaridagi masofa r ga teng boʻlgan m_1 va m_2 massali moddiy nuqtalarning tortishish kuchi, $G = 6,6726 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ — butun olam tortishish doimiysi (gravitatsiya doimiysi).

9. Erkin tushish tezlanishi:

$$\text{a) sayyora sirtida } (h = 0) \quad g = G \frac{M}{R^2};$$

$$\text{b) } h \text{ balandlikda} \quad g_h = G \frac{M}{(R+h)^2} = g \left(\frac{R}{R+h} \right)^2;$$

bu yerda: M — sayyoraning massasi, R — uning radiusi.

10. Jismning ogʻirlik kuchi:

$$\vec{P} = m\vec{g}; \quad P = mg,$$

bu yerda: $\vec{g}$ — erkin tushish tezlanishi, g — uning moduli.

11. Jismning vazni (ogʻirligi):

$$\vec{G} = m(\vec{g} - \vec{a}); \quad G_y = m(g_y - a_y);$$

bu yerda: $\vec{a}$ — jismning tezlanishi, a_y — tezlanishning Y oʻqidagi proyeksiyasi. Vaznning moduli tezlanish yuqoriga yoʻnalgan hol uchun $G = m(g+a)$ formuladan, tezlanish pastga yoʻnalgan hol uchun esa $G = m|g-a|$ formuladan aniqlanadi.

12. Oʻta yuklanish:

$$n = \frac{G}{P} = \frac{|\vec{g} - \vec{a}|}{g}.$$

13. Ishqalanish kuchi (sirpanish ishqalanish kuchi va tinchlikdagi ishqalanish kuchining eng katta qiymati):

$$F_{\text{ishq}} = \mu N;$$

bu yerda: N — tayanch reaksiyasi kuchining moduli, μ — ishqalanish koeffitsiyenti.

14*. Yer sathidan v_0 tezlik bilan gorizontga α burchak ostida qiya otilgan jismning uchish vaqti, uchish uzoqligi va koʻtarilish balandligi:

$$\tau = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}; \quad l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

15*. Birinchi kosmik tezlik:

$$v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{G \frac{M}{R}}.$$

16*. Sayyoraning sirtidan h balandlikda doiraviy orbita bo'ylab aylanayotgan yo'ldoshning tezligi:

$$v_h = \sqrt{G \frac{M}{R+h}} = \sqrt{g_h (R+h)} = R \sqrt{\frac{g}{R+h}} = v_1 \sqrt{\frac{R}{R+h}}.$$

17*. Tormozlanish masofasi L va tormozlanish vaqti τ :

$$L = \frac{mv_0^2}{2F_{\text{ishq}}} = \frac{v_0^2}{2\mu g}; \quad \tau = \frac{mv_0}{F_{\text{ishq}}} = \frac{v_0}{\mu g}$$

(v_0 — tormozlanishgacha bo'lgan tezlik).

18. Jism impulsining o'zgarishi:

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F}t;$$

bu yerda: $\vec{F}t$ — jismga ta'sir qilayotgan $\vec{F}$ kuchning t vaqt davomidagi impulsi (kuch impulsi), $m\vec{v}$ — jismning impulsi (harakat miqdori).

19. Impulsning saqlanish qonuni:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2';$$

bu yerda: m_1 va m_2 — o'zaro ta'sirlashayotgan jismlarning massalari, $\vec{v}_1$ va $\vec{v}_2$ — ularning ta'sirlashishdan oldingi, $\vec{v}_1'$ va $\vec{v}_2'$ esa ta'sirlashishdan keyingi tezliklari.

20. Mexanik ish:

$$A = F \cdot s \cdot \cos \alpha;$$

bu yerda: F — jismga ta'sir etuvchi kuchning moduli, s — to'g'ri chiziqli ko'chishning moduli, α — kuch va ko'chish orasidagi burchak.

21. Quvvat:

$$N = A/t = F \cdot v \cdot \cos \alpha;$$

bu yerda: t — A ish bajarishga sarflangan vaqt, F — ish bajarayotgan kuchning moduli, v — kuch qo'yilgan nuqtaning tezligi, α — kuch va tezlik orasidagi burchak.

* Masala yechish vaqtida bu formulalarni to'g'ridan-to'g'ri ishlatmay, oldin ularni keltirib chiqarish lozim.

22. m massali va v tezlikli jismning kinetik energiyasi:

$$E_k = mv^2 / 2.$$

23. Potensial energiya:

a) $E_p = mgh$ — $h \ll R$ balandlikdagi m massali jismning potensial energiyasi;

b) $E_p = kx^2 / 2$ — absolut deformatsiyasi x ga, bikrligi esa k ga teng bo'lgan jismning elastik deformatsiya potensial energiyasi.

24. Jism yoki jismlar sistemasining potensial energiyasi ΔE_p ga o'zgargan vaqtda bajargan ishi:

$$A = -\Delta E_p.$$

25. Kinetik energiya haqidagi teorema:

$$\Delta E_k \equiv E_{k2} - E_{k1} = A.$$

26. Mexanik jarayonlarda energiyaning saqlanish qonuni:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}.$$

27. Ko'chishlarni va tezliklarni qo'shish formulalari:

$$\vec{s} = \vec{s}' + \vec{s}_0; \quad \vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0;$$

bu yerda: $\vec{s}$ va $\vec{v}$ — jismning birinchi sanoq sistemaga nisbatan ko'chishi va tezligi, $\vec{s}'$ va $\vec{v}'$ — uning ikkinchi sanoq sistemaga nisbatan ko'chishi va tezligi, $\vec{s}_0$ va $\vec{v}_0$ — ikkinchi sanoq sistemaning birinchi sanoq sistemaga nisbatan ko'chishi va tezligi.

28. Kuchlarni qo'shish. Jismga ta'sir qilayotgan $\vec{F}_i$ kuchlarning teng ta'sir etuvchisi (yig'indisi):

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i \equiv \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

Xususan, jismga faqat ikkita kuch ta'sir qilayotgan holda

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2; \quad F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha;$$

bu yerda α — kuch vektorlari orasidagi burchak.

29. Jismlar sistemasining massalar markazi koordinatalari:

$$x_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N m_i x_i; \quad y_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N m_i y_i; \quad z_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N m_i z_i;$$

bu yerda: m_i , x_i , y_i , z_i — i — jismning massasi va koordinatalari,

$m = \sum_{i=1}^N m_i$ — sistemaning massasi.

30. Kuch momenti:

$$M = F \cdot d;$$

bu yerda: d — kuch yelkasi (aylanish o'qidan kuchning ta'sir chizig'iga tushirilgan perpendikularning uzunligi). Jismni bir yo'nalishda aylantiruvchi kuchlarning momenti musbat hisoblanasa, teskari yo'nalishda aylantiruvchi kuchlarning momenti manfiy hisoblanadi.

31. Jismning muvozanat shartlari:

$$\sum \vec{F}_i \equiv \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \quad \text{va} \quad \sum M_i \equiv M_1 + M_2 + \dots = 0;$$

bu yerda: $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$ — jismga qo'yilgan kuchlar, $M_1, M_2, \dots$ — kuchlarning ixtiyoriy o'qqa nisbatan momentlari. Xususiyl hol, richagning muvozanati sharti: $F_1 l_1 = F_2 l_2$ yoki $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$, bunda: l_1 va l_2 — richagning yelkalari, F_1 va F_2 — richagga perpendikular yo'nalishda (bir tekislikda) qo'yilgan kuchlarning modullari.

32. Moddaning zichligi ρ , massasi m va hajmi V orasidagi bog'lanish:

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad m = \rho V; \quad V = \frac{m}{\rho}.$$

33. Bosim:

$$p = F/S;$$

bu yerda: F — S yuzaga tik ta'sir etayotgan bosim kuchi.

34. Hidrostatik bosim: $p = \rho gh$; bu yerda: h — suyuqlik yoki gaz ustunining balandligi, ρ — uning zichligi, g — erkin tushish tezlanishi.

35. Gidravlik press:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} = p \quad \text{yoki} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2};$$

bu yerda: S_1 va F_1 — pressning kichik porshenining yuzi va unga ta'sir qilayotgan kuch, S_2 va F_2 — pressning katta porshenining yuzi va unga ta'sir qilayotgan kuch, p — pressdagi suyuqlikning bosimi.

36. Arximed kuchi (suyuqlikka botirilgan jismga ta'sir qiluvchi ko'tarish kuchi):

$$F_A = \rho g V;$$

bu yerda: ρ — suyuqlikning zichligi, V — siqib chiqarilgan suyuqlikning hajmi.

37. Oqimning uzluksizlik tenglamasi:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \dots = Q;$$

bu yerda: $v_1, v_2, \dots$ — nayning kesim yuzasi $S_1, S_2, \dots$ bo'lgan joylaridagi suyuqlikning oqish tezligi, Q — suyuqlik sarfi (naydan vaqt birligida oqib o'tadigan suyuqlikning hajmi).

38. Mexanizmning foydali ish koeffitsiyenti (FIK):

$$\eta = \frac{A_r}{A_s}; \quad \eta = \frac{N_r}{N_s}; \quad \eta = \frac{W_r}{W_s};$$

bu yerda: $A_r (N_r, W_r)$ — mexanizmning foydali ishi (quvvati, energiyasi), $A_s (N_s, W_s)$ — mexanizmning sarflagan ishi (quvvati, energiyasi).

Masala yechish namunalari

1. 18 km/soat tezlik bilan harakatlanganda 40 kN ga teng qarshilik kuchini yengadigan traktor dvigateli erishadigan quvvatni aniqlang.

Berilgan:	Yechilishi
$v = 18 \text{ km/soat} = 5,0 \text{ m/s},$ $F = 40 \text{ kN} = 4,0 \cdot 10^4 \text{ N}.$ $N = ?$	Masalaning shartiga ko'ra traktorning tortish kuchi 40 kN ga teng. Demak, quvvati $N = F \cdot v = 4,0 \cdot 10^4 \cdot 5,0 \text{ W} = 20 \cdot 10^4 \text{ W} = 200 \text{ kW}.$ <i>Javob:</i> $N = 200 \text{ kW}.$

2. Massasi 1,0 t bo'lgan quvur yerda yotibdi. Uni bir uchidan biroz ko'tarish uchun qanday kuch sapflash kerak?

Berilgan:	Yechilishi
$m = 1,0 \text{ t} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}.$ $F = ?$	Quvurning uzunligini d deb belgilaylik (1.1-rasm). Quvur muvozanatda bo'lishi uchun unga ta'sir etayotgan kuchlar momentlarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

$$M_1 + M_2 = 0. \quad (1)$$

Soat strelkasining harakati yo'nalishida aylantiruvchi kuchlarning momentini musbat deb qabul qilamiz. U holda og'irlik kuchining momenti:

$$M_1 = P \cdot d_1 = mgd_1. \quad (2)$$

Quvurning massalar markazi uning o'rtasida bo'lgani uchun $d_1 = d/2$. Shuning uchun,

$$M_1 = mgd/2. \quad (3)$$

Ko'taruvchi $\vec{F}$ kuchning momenti manfiy:

$$M_2 = - F \cdot d. \quad (4)$$

Tayanchning reaksiya kuchi $\vec{N}$ ning momenti nolgacha teng. (3) va (4) ifodalarni (1) tenglamaga qo'yamiz:

$$\frac{mgd}{2} - F \cdot d = 0.$$

Bundan $F = mg/2$ ekanligi kelib chiqadi. F ning son qiymatini topamiz:

$$F = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 9,8/2 \text{ N} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ N} = 4,9 \text{ kN}.$$

Javob: $F = 4,9 \text{ kN}$.

3. Arqonga 360 N kuch bilan ta'sir qilib, qo'zg'aluvchan blok yordamida massasi 54 kg bo'lgan mix solingan yashik qurilayotgan binoning beshinchi qavatiga ko'tarildi. Qurilmaning FIK ni hisoblang.

Berilgan:

$$F = 360 \text{ N},$$

$$m = 54 \text{ kg}.$$

$\eta = ?$

Yechilishi

FIK ning ta'rifiga ko'ra $\eta = \frac{A_r}{A} \cdot 100\%$, bu

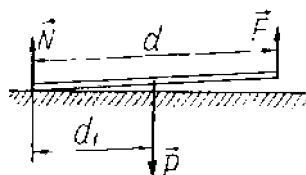
yerda: $A_r = mgh$ — m massali jismni h balandlikka ko'tarishda bajarilgan foydali ish, $A = Fs = F$ kuchning kuch yo'nalishidagi s yo'lda bajargan umumiy ishi. $s = 2h$, chunki kuch qo'yilgan nuqta (arqon uchi) ning ko'chishi s yashikning ko'tarilish balandligi h dan ikki marta katta (1.2-rasm).

$$\text{Demak, } \eta = \frac{mgh}{2Fh} \cdot 100\% = \frac{mg}{2F} \cdot 100\% =$$

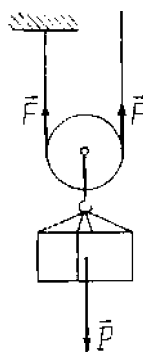
$$= \frac{54 \cdot 9,8}{2 \cdot 360} \cdot 100\% = 73,5\%.$$

Javob: $\eta = 73,5\%$.

4. Marraga yetishiga 5,0 s qolganda, velosipedchining tezligi 27 km/soat edi, marraga yetganda esa 36 km/soat ga teng bo'ldi. Harakatni tekis



1.1- rasm.



1.2- rasm.

tezlanuvchan deb, uning tezlanishini va oxirgi 5,0 s da bosgan yo'lini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$v_0 = 27 \text{ km/soat} = 7,5 \text{ m/s},$ $v = 36 \text{ km/soat} = 10,0 \text{ m/s},$ $t = 5,0 \text{ s}.$	Harakat tekis tezlanuvchan bo'lgani uchun $a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{10-7,5}{5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$
$a = ? \quad s = ?$	$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} =$

$$= \left(7,5 \cdot 5 + \frac{0,50 \cdot 5^2}{2} \right) \text{m} = (37,5 + 6,25) \text{m} = 43,75 \text{m}.$$

Yo'lni o'rtacha tezlik orqali ham topish mumkin edi:

$$s = v_{\text{or}} t. \quad (1)$$

Tekis tezlanuvchan harakat uchun o'rtacha tezlik boshlang'ich va oxirgi tezliklarning o'rtacha arifmetigiga teng:

$v_{\text{or}} = \frac{v_0 + v}{2}$. Bu ifodani (1) ga qo'yib, yo'lni topamiz:

$$s = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{10 + 7,5}{2} \cdot 5 \text{ m} = 43,75 \text{ m} \approx 44 \text{ m}.$$

Kutilganidek, natija oldingi natija bilan bir xil chiqdi.

Javob: $a = 0,50 \text{ m/s}^2$; $s = 44 \text{ m}$.

5. Yerning o'z orbitasi bo'ylab harakatining o'rtacha tezligi 30 km/s, Yer orbitasining radiusi $1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ ekanligidan foydalanib, Quyoshning massasini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$v = 30 \text{ km/s} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ m/s},$ $r = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}.$	Quyosh Yerni butun olam tortishish qonunidan aniqlanadigan $F = G \frac{Mm}{r^2}$
$M = ?$	

kuch bilan tortadi (1.3-rasm), bu yerda m — Yerning massasi. Bu kuch Yerga $a = \frac{v^2}{r}$ markazga intilma tezlanish beradi. Kuchning va tezlanishning bu ifodalarini Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasi $F = ma$ ga qo'yib, ushbu tenglamani olamiz:

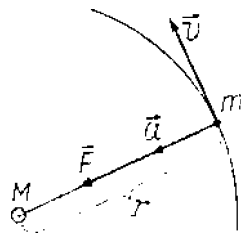
$$G \frac{M}{r} = v^2.$$

$$\text{Bundan: } M = \frac{rv^2}{G} = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \cdot (3,0 \cdot 10^4)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}} \text{ kg} =$$

$$= 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg.}$$

$$\text{Javob: } M = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg.}$$

6. Richag yordamida yuk 8,0 sm balandlikka ko'tarildi. Bunda katta yelkaga ta'sir qilgan kuch 184 J ish bajardi. Ko'tarilgan yukning og'irligini toping (ishqalanishni hisobga olmang). Agar bu kuch qo'yilgan nuqta 2,0 m pastga tushsa, katta yelkaga ta'sir qilgan kuchni toping.



I.3- rasm.

Berilgan:

$$h = 0,080 \text{ m,}$$

$$H = 2,0 \text{ m,}$$

$$A = 184 \text{ J.}$$

$$P = ? \quad F = ?$$

Yechilishi

Richag yordamida kuchdan yutiladi-yu, ishdan yutilmaydi. Ideal richag uchun katta yelkaga ta'sir qilayotgan kuchning ishi kichik yelkaga ta'sir qilayotgan kuchning ishiga teng bo'lishi kerak. Shuning uchun,

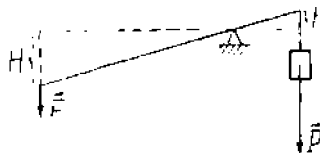
$$Ph = F \cdot H = A \quad (\text{I.4-rasm}).$$

$$\text{Bundan: } P = \frac{A}{h} = \frac{184}{0,080} \text{ N} =$$

$$= 2300 \text{ N} = 2,3 \text{ kN,}$$

$$F = \frac{A}{H} = \frac{184}{2,0} \text{ N} = 92 \text{ N.}$$

$$\text{Javob: } P = 2,3 \text{ kN; } F = 92 \text{ N.}$$



I.4- rasm.

7. Bola uzunligi 1,2 m bo'lgan ipga bog'langan toshni vertikal tekislikda aylantirmoqda. Ip uzilib ketgandan so'ng tosh yuqoriga tik uchadi. Agar ipning uzilish paytida toshning to'liq tezlanishi vertikal bilan 45° burchak hosil qilgan bo'lsa, tosh qanday balandlikka ko'tariladi?

Berilgan:

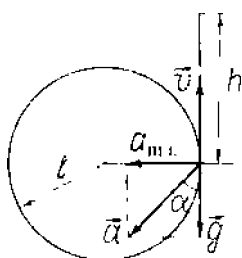
$$l = 1,2 \text{ m,}$$

$$\alpha = 45^\circ.$$

$$h = ?$$

Yechilishi

Toshning tik yuqoriga uchishidan ipning gorizontal vaziyatda uzilgani ma'lum bo'ladi. Toshning ko'tarilish balandligini $h = v^2/2g$ formuladan aniqlash mumkin, bu yerda v — toshning tezligi. v ni markazga intilma tezlanish



1.5- rasm.

ifodasidan topish mumkin: $a_{m,i} = v^2/l$. Bundan: $v^2 = a_{m,i} l$. Masala shartiga ko'ra $\alpha = 45^\circ$ bo'lgani uchun $a_{m,i} = g$ bo'ladi (1.5-rasmga qarang). Demak,

$$v^2 = gl, \quad h = \frac{v^2}{2g} = \frac{gl}{2g} = \frac{l}{2} = \frac{1,2}{2} \text{ m} = 0,60 \text{ m}.$$

Javob: $h = 0,60 \text{ m}$.

8. Yerni radiusi 6380 km bo'lgan shar deb hisoblab, 1,0 kg massali jism vaznining jismni qutbdan ekvatorga ko'chirilgandagi o'zgarishini aniqlang.

Berilgan:

$$R = 6380 \text{ km} = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}, \\ m = 1,0 \text{ kg}, \\ T = 24 \text{ soat} = 86400 \text{ s}.$$

$$\Delta P = P_c - P_q = ?$$

Yechilishi

Ekvatoridagi jism Yer bilan birlikda aylanma harakat qilgani uchun u markazga intilma tezlanishga ega bo'ladi. Ekvatorida jismning Yerga tortilish kuchi F ning bir qismi (u markazga intilma kuch deb ataladi) jismga a markazga intilma tezlanish beradi, ikkinchi P_c qismi bilan esa jism taglikni bosadi (bu kuch jismning vazni deb ataladi):

$$F = P_c + ma. \quad (1)$$

Qutbda jism aylana bo'ylab harakat qilmagani uchun uning markazga intilma tezlanishi yo'q; jismning vazni P_q uning Yerga tortilish kuchi F ga teng: $P_q = F$. Bu va (1) tenglamalardan $P_q = P_c + ma$ ekanligi kelib chiqadi. Vaznning o'zgarishi:

$$\Delta P = P_c - P_q = -ma. \quad (2)$$

a Yerning o'z o'qi atrofida aylanish davri bilan quyidagicha bog'langan:

$$a = 4\pi^2 R / T^2. \quad (3)$$

(3) ni (2) ga qo'yib va T sifatida Quyosh sutkasini olib, ya'ni $T = 24 \text{ soat} = 86400 \text{ s}$ deb, quyidagini topamiz:

$$\Delta P = -\frac{4\pi^2}{T^2} Rm = -\frac{4 \cdot 3,14^2}{(8,64 \cdot 10^4)^2} \cdot 6,38 \cdot 10^6 \cdot 1,0 \text{ N} \approx -0,034 \text{ N}.$$

Minus ishora vazn ekvatorida kichikroq ekanini ko'rsatadi.

Javob: $\Delta P = -0,034 \text{ N}$.

9. Magdeburg yarimsharlaridagi havo bosimi 10 mm simob ustuniga teng. Yarimsharlarning radiusi 25 sm. Normal atmosfera bosimida yarimsharlarni bir-biridan ajratish uchun qanday kuch qo'yish kerak?

Berilgan:

$p = 101,3 \text{ kPa}$,
 $p' = 10 \text{ mm sim.ust}$
 $= 1334 \text{ Pa} \approx 1,3 \text{ kPa}$,
 $R = 25 \text{ sm} = 0,25 \text{ m}$.

$F = ?$

Yechilishi

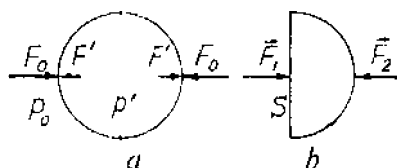
Yarimsharlarni tashqaridan atmosfera F_0 kuch bilan bosadi, ichkaridan esa shar ichidagi havo F' kuch bilan bosadi. Bu kuchlarning yo'nalishlari 1.6- a rasmda ko'rsatilgan. Yarim sharlarni bir-biridan ajratish uchun ularning har biriga tashqariga yo'nalgan $F = F_0 - F'$ kuch qo'yish kerak. F_0 va F' lar $F_0 = p_0 S$ va $F' = p' S$ formulalardan topiladi. Bu yerda S — yarimsharlarning yuzi bo'lmay, balki sharning diametri bo'yicha kesim yuzidir. Bu da'voning haqiqatligiga quyidagi mulohaza yordamida ishonch hosil qilish mumkin. Ichidagi havosi so'rib olingan yarimsfera shaklidagi

idish havoda muvozanatda turadi (1.6-b rasm). Bu hol idishning sferik sirtiga ta'sir qilayotgan $\vec{F}_2$ kuch modul jihatidan idishning yassi sirtiga ta'sir qilayotgan $\vec{F}_1$ kuchga teng ekanidan dalolat beradi, ya'ni $F_1 = F_2$. Lekin

$F_1 = p_0 S = p_0 \pi R^2$, bu yerda $S = \pi R^2$ idishning yassi sirti yuzi. Demak, $F_2 = F_1 = p_0 S = p_0 \pi R^2$. Da'vo isbotlandi.

$$\begin{aligned} \text{Shunday qilib, } F &= F_0 - F' = p_0 S - p' S = (p_0 - p') \pi R^2 = \\ &= (101,3 - 1,3) 3,14 \cdot 0,25^2 \text{ kN} = 19,6 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Javob: $F = 19,6 \text{ kN}$.



1.6- rasm.

10. Erkin tushishining oxirgi sekundida jism yo'lning chorak qismini o'tdi. U qanday balandlikdan va qancha vaqt tushgan?

Berilgan:

$\Delta t = 1,0 \text{ s}$,
 $\Delta h = h/4$.

$h = ?$ $t = ?$

Yechilishi

Jism h balandlikdan t vaqtda tushgan bo'lsin. U holda

$$h = gt^2/2. \quad (1)$$

Jismning $t_1 = t - \Delta t$ vaqtda o'tgan yo'li

$$h_1 = gt_1^2/2. \quad (2)$$

Shartga ko'ra, $h_1 = h - \Delta h = h - h/4 = 3h/4$. Bu ifodani va $t_1 = t - \Delta t$ ni (2) ga qo'yamiz:

$$\frac{3h}{4} = \frac{g}{2} (t - \Delta t)^2. \quad (3)$$

(3) ni (1) ga hadma-had bo'lamiz: $\frac{3}{4} = \left(\frac{t - \Delta t}{t}\right)^2$. Bundan:

$$\begin{aligned} \sqrt{3}t &= 2(t - \Delta t). \text{ Bu tenglamani } t \text{ ga nisbatan yechib, } t = \frac{2}{2 - \sqrt{3}} \Delta t = \\ &= \frac{2(2 + \sqrt{3})}{(2 - \sqrt{3})(2 + \sqrt{3})} \Delta t = (4 + 2\sqrt{3}) \Delta t \text{ ifodaga kelamiz. } \Delta t = 1,0 \text{ s} \\ \text{ekanini hisobga olsak, } t &= (4 + 2\sqrt{3}) \text{ s} \approx 7,46 \text{ s; } h = gt^2 / 2 = \\ &= 9,8 \cdot 7,46^2 / 2 \text{ m} \approx 273 \text{ m ekan kelib chiqadi.} \end{aligned}$$

Javob: $h = 273 \text{ m; } t = 7,46 \text{ s}$.

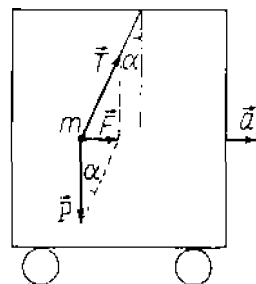
11. Vagon yo'lining gorizontal qismida 2 m/s^2 tezlanish bilan harakatlanmoqda. Vagonda ipda $0,50 \text{ kg}$ massali yuk osilib turibdi. Ipning taranglik kuchi va vertikalidan og'ish burchagi qancha?

Berilgan:	Yechilishi
$m = 0,50 \text{ kg,}$ $a = 2,0 \text{ m/s}^2.$ $T - ? \quad \alpha - ?$	Yuk ham vagon bilan birgalikda $\vec{a}$ tezlanish bilan harakatlanadi. Unga bu tezlanishni og'irlik kuchi $\vec{P}$ bilan ipning taranglik kuchi $\vec{T}$ ning yig'indisi $\vec{F}$ beradi (1.7-rasm): $m\vec{a} = \vec{F}$. $\vec{a}$ va $\vec{F}$

lar gorizontal yo'nalgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$\frac{F}{P} = \operatorname{tg} \alpha, \quad T = \sqrt{P^2 + F^2}.$$

$P = mg$, $F = ma$ ekanini hisobga olib, quyidagilarni topamiz:



1.7- rasm.

$$\begin{aligned} \frac{a}{g} &= \operatorname{tg} \alpha; \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{a}{g} = \operatorname{arctg} \frac{2,0}{9,8} = \\ &= \operatorname{arctg} 0,204 \approx 11,5^\circ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= m\sqrt{g^2 + a^2} = 0,50 \sqrt{9,8^2 + 2,0^2} \text{ N} = \\ &= \sqrt{4,9^2 + 1,0^2} \text{ N} = 5,0 \text{ N.} \end{aligned}$$

Javob: $T = 5,0 \text{ N; } \alpha = 11,5^\circ$.

12. Asosining yuzi $4,0 \times 4,0$ sm bo'lgan va gorizontal sirtida tik turgan to'g'ri burchakli parallelepiped shaklidagi bir jinsli g'o'lachaning yon tomoniga h balandlikda perpendikular yo'nalishda kuch ta'sir qiladi. $h < h_0 = 5,0$ sm bo'lganda g'o'lacha tekis suriladi, $h > h_0$ bo'lganda esa g'o'lacha yiqiladi. G'o'lacha va tekislik orasidagi ishqalanish ko'effitsiyentini toping.

Berilgan:

$$h_0 = 5,0 \text{ sm},$$

$$a = 4,0 \text{ sm}.$$

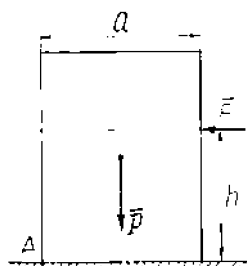
$\mu = ?$

Yechilishi

G'o'lachaning bir tekis surilishi qo'yilgan F kuchning sirpanish ishqalanish kuchi $F_f = \mu P$ ga teng ekanidan dalolat beradi: $F = F_f = \mu P$. $\vec{F}$ kuchning va og'irlik kuchi $\vec{P}$ ning A nuqtaga nisbatan momentlarini ko'raylik (1.8-rasm). $\vec{F}$ kuchning momenti $M_1 = Fh$ g'o'lachani ag'darishga urinadi, og'irlik kuchining momenti $M_2 = Pa/2$ esa bunga qarshilik qiladi. h ning $M_1 > M_2$, ya'ni $Fh > Pa/2$ tengsizlikni qanoatlan-tiradigan qiymatlarida g'o'lacha surilmay, yiqiladi. Tenglik $h = h_0$ qiymatda o'rinli bo'ladi: $Fh_0 = Pa/2$. Bu tenglamadagi F o'rniga uning $F = \mu P$ ifodasini qo'yib, ushbuni topamiz: $\mu h_0 = a/2$. Bundan:

$$\mu = \frac{a}{2h_0} = \frac{4,0}{2 \cdot 5,0} = 0,40.$$

Javob: $\mu = 0,40$.



1.8- rasm.

13. 0,30 kg massali g'o'lacha gorizontalga qiyaligi 30° bo'lgan tekislikda yotibdi. Uning tekislikka ishqalanish ko'effitsiyenti 0,10 ga teng. G'o'lachaga ip bog'lanib, ipning ikkinchi uchi qo'zg'almas blok orqali o'tkazilgan, ipning bu uchiga 0,20 kg massali yuk osilgan. Jismlarning tezlanishi va ipning taranglik kuchi topilsin.

Berilgan:

$$M = 0,30 \text{ kg},$$

$$m = 0,20 \text{ kg},$$

$$\mu = 0,10,$$

$$\alpha = 30^\circ.$$

$a = ?$ $T = ?$

Yechilishi

Uch hol bo'lishi mumkin: 1) agar $F - F_f > mg$ bo'lsa, g'o'lacha chapga harakat qiladi, yuk ko'tariladi; 2) agar $F + F_f < mg$ bo'lsa, g'o'lacha o'ngga harakat qiladi, yuk tushadi; 3) agar $F - F_f < mg < F + F_f$ bo'lsa, g'o'lacha ham, yuk ham harakatlanmaydi. Bu

yerdan: $F = Mg \sin \alpha = g$ o'lacha og'irlik kuchining qiya tekislik bo'yicha tashkil etuvchisi, $F_f = \mu N = \mu Mg \cos \alpha$ — sirpanish ishqalanish kuchi. Biz yechayotgan masala uchun qaysi hol o'rinli bo'lishini tekshiraylik.

$$F = Mg \sin \alpha = 0,30 \cdot 9,8 \cdot 0,50 \text{ N} = 1,47 \text{ N (nyuton);}$$

$$F_f = \mu Mg \cos \alpha = 0,10 \cdot 0,30 \cdot 9,8 \cdot 0,866 \text{ N} = 0,25 \text{ N;}$$

$$mg = 0,20 \cdot 9,8 \text{ N} = 1,96 \text{ N;}$$

$$F - F_f = (1,47 - 0,25) \text{ N} = 1,22 \text{ N} < 1,96 \text{ N;}$$

$$F + F_f = (1,47 + 0,25) \text{ N} = 1,72 \text{ N} < 1,96 \text{ N.}$$

Demak, 2-hol o'rinli: g o'lacha o'ngga harakatlanib, yuk tushishi kerak. Bu holda F_f ishqalanish kuchi $\vec{F}$ bilan bir xil yo'naladi. X o'qini qiya tekislik bo'ylab yuqoriga yo'naltiramiz (1.9-rasm) va ikkala jism uchun harakat tenglamalarini yozamiz:

$$T - F_f - F = Ma, \quad (1)$$

$$mg - T = ma. \quad (2)$$

Bu tenglamalarni hadma-had qo'shib, a ni topish uchun tenglama olamiz:

$$mg - F_f - F = (M + m)a. \quad (3)$$

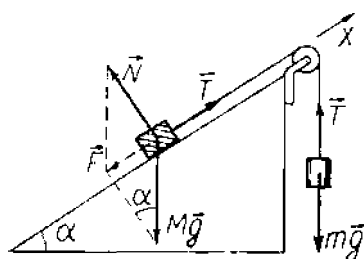
F_f va F ning ifodalarini va qiymatlarini bu tenglamaga qo'yib, tezlanishni topamiz:

$$a = \frac{mg - F_f - F}{M + m} = \frac{m - M(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{M + m} g =$$

$$= \frac{1,96 - 0,25 - 1,47}{0,30 + 0,20} \frac{m}{s^2} = \frac{0,24}{0,50} \frac{m}{s^2} = 0,48 \frac{m}{s^2}.$$

$$(2) \text{ dan } T = m(g - a) = 0,20(9,8 - 0,5) \text{ N} \approx 1,9 \text{ N.}$$

$$\text{Javob: } a = 0,48 \text{ m/s}^2; T = 1,9 \text{ N.}$$



1.9- rasm.

14. Gorizontallikda 0,70 kg massali taxta yotibdi. Taglik bilan taxta orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,60 ga teng. Taxtada 0,30 kg massali yuk yotibdi. Yuk va taxta orasidagi ishqalanish koeff-

fitsiyenti 0,40 ga teng. Yuk sirpanib tushib qolishi uchun taxtani gorizontaal yo'nalishda eng kamida qanday doimiy kuch bilan tortish kerak?

Berilgan:

$$\begin{aligned} m &= 0,30 \text{ kg}, \\ M &= 0,70 \text{ kg}, \\ \mu_1 &= 0,40, \\ \mu_2 &= 0,60. \end{aligned}$$

$$F_{\min} - ?$$

Yechilishi

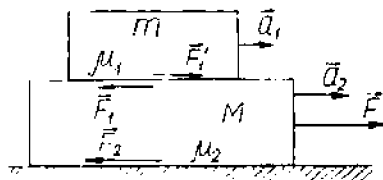
Yuk tushib qolishi uchun uning $\vec{F}'_1$ ishqalanish kuchi ta'siri ostida oladigan $\vec{a}_1$ tezlanishining moduli taxta tezlanishi $\vec{a}_2$ ning modulidan kichik yoki, hech bo'lmasa, teng bo'lishi kerak (1.10-rasm). Kuchning eng kichik $F_{\min}$ qiymati $a_1 = a_2$ shartidan topiladi.

Ikkala jism uchun harakat tenglamalarini yozamiz:

$$m\vec{a}_1 = \vec{F}'_1;$$

$$M\vec{a}_2 = \vec{F} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2, \quad (1)$$

bu yerda: $\vec{F}_1$ ba $\vec{F}_2$ — taxtaning ustki va ostki sirtlariga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchlari. Nyutonning 3-qonuniga asosan, $\vec{F}_1 = -\vec{F}'_1$, ya'ni $\vec{F}'_1 = -\vec{F}_1$. Sirpanish ishqalanish qonuniga asosan $F_1 = \mu_1 mg$; $F_2 = \mu_2 (m + M) g$. Bulardan foydalanib va (1) tenglamalarda modullarga o'tib, quyidagilarni olamiz ($a_1 = a_2 = a$ deb belgilaymiz):



1.10- rasm.

$$ma = F_1; \quad Ma = F_{\min} - F_1 - F_2; \quad a = F_1 / m = \mu_1 mg / m = \mu_1 g,$$

$$F_{\min} = Ma + F_1 + F_2 = \mu_1 Mg + \mu_1 mg + \mu_2 (m + M) g =$$

$$= (M + m)(\mu_1 + \mu_2) g = (0,30 + 0,70)(0,40 + 0,60) \cdot 9,8 \text{ N} = 9,8 \text{ N}.$$

$$\text{Javob: } F_{\min} = 9,8 \text{ N}.$$

15. Massasi 3,0 kg bo'lgan granata gorizontaal yo'nalishda 10 m/s tezlik bilan uchib ketayotib, uch parchaga bo'linib ketdi. 0,50 kg massali birinchi parchaning tezligi dastlabki tezlikka qarama-qarshi bo'lib, 20 m/s ga teng. 1,0 kg massali ikkinchi parchaning tezligi dastlabki tezlikka 30° burchak ostida yo'nalgan va 30 m/s ga teng. Uchinchi parcha tezligining yo'nalishini va modulini toping.

Berilgan:

$$\begin{aligned} m_0 &= 3,0 \text{ kg}, \\ v_0 &= 10 \text{ m/s}, \\ m_1 &= 0,50 \text{ kg}, \\ v_1 &= 20 \text{ m/s}, \\ m_2 &= 1,0 \text{ kg}, \\ v_2 &= 30 \text{ m/s}, \\ \alpha &= 30^\circ. \end{aligned}$$

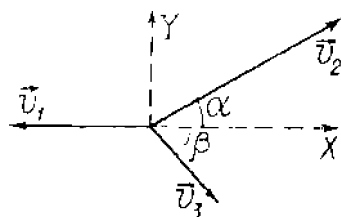
$\beta = ? \quad v_3 = ?$

Yechilishi

Granatani parchalagan kuchlar ichki kuchlar bo'lgani uchun ular sistemaning impulsini o'zgartira olmaydi: parchalar impulsining yig'indisi granataning impulsiga teng:

$$m_0 \vec{v}_0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3. \quad (1)$$

X va Y koordinata o'qlarini 1.11-rasmda ko'rsatilgandek olib, vektor shakida yozilgan (1) tenglamadan skalar shakida yozilgan quyidagi ikkita tenglamaga o'tamiz:



1.11- rasm.

$$\begin{aligned} m_0 v_0 &= -m_1 v_1 + m_2 v_2 \cos \alpha + \\ &+ m_3 v_3 \cos \beta; \end{aligned}$$

$$0 = m_2 v_2 \sin \alpha - m_3 v_3 \sin \beta.$$

Bulardan:

$$m_3 v_3 \cos \beta = m_0 v_0 + m_1 v_1 - m_2 v_2 \cos \alpha;$$

$$m_3 v_3 \sin \beta = m_2 v_2 \sin \alpha.$$

Bu tenglamalarni kvadratga oshirib, hadma-had qo'shamiz va $\cos^2 \beta + \sin^2 \beta = 1$ ekanini hisobga olib, quyidagini topamiz:

$$(m_3 v_3)^2 = (m_0 v_0 + m_1 v_1 - m_2 v_2 \cos \alpha)^2 + (m_2 v_2 \sin \alpha)^2.$$

Bundan:

$$\begin{aligned} v_3 &= \frac{1}{m_3} \sqrt{(m_0 v_0 + m_1 v_1 - m_2 v_2 \cos \alpha)^2 + (m_2 v_2 \sin \alpha)^2} = \\ &= \frac{1}{1,5} \sqrt{(3 \cdot 10 + 0,5 \cdot 20 - 1,0 \cdot 30 \cdot 0,866)^2 + (1,0 \cdot 30 \cdot 0,50)^2} \text{ m/s} = \\ &= 13,7 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

$$(3) \text{ tenglamadan } \sin \beta = \frac{m_2 v_2}{m_3 v_3} \sin \alpha = \frac{1,0 \cdot 30}{1,5 \cdot 13,7} \cdot 0,5 = 0,730;$$

$$\beta = \arcsin 0,730 = 46,9^\circ.$$

Javob: $\beta = 46,9^\circ$; $v_3 = 13,7 \text{ m/s}$.

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

I.1. Birinchi daraja qiyinlikdagi masalalar

1. Oqimining tezligi 0.50 m/s bo'lgan daryoda suzayotgan sol 15 km yo'lni qancha vaqtda (soat va minutlarda) o'tadi?
2. Velosipedchi 5 soat-u 30 minutda 99 km yo'l o'tdi. U qanday o'rtacha tezlik bilan harakatlangan?
3. Vagon tinch holatdan 25 sm/s^2 tezlanish bilan harakatga keldi. Harakat boshlangandan 10 s o'tgach, u qanday tezlikka erishadi? Uning 10 s davomidagi o'rtacha tezligi qancha?
4. Daryo qirg'og'idan tashlangan tosh 3.0 s dan so'ng suvga tegsa, qirg'oqning suv sirtidan balandligi qancha ekan? Toshning oxirgi tezligi qancha?
5. 2.0 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan velosipedchi tepalikdan 0.40 m/s^2 tezlanish bilan pastga tushmoqda. Agar velosipedchining tushishi 8.0 s davom etgan bo'lsa, uning tepalik etagiga yetgandagi tezligini va bosgan yo'lini toping.
6. Gurzining erkin tushish balandligi 1.28 m . Uning sandonga urilish paytidagi tezligi qancha bo'ladi?
7. Lokomotiv yo'lining radiusi 750 m bo'lgan burilish joyidan 54 km/soat tezlik bilan o'tmoqda. Uning markazga intilma tezlanishini aniqlang. Tezligi 2 marta kamaysa, lokomotivning markazga intilma tezlanishi qanday o'zgaradi?
8. Radiusi 1.5 m bo'lgan shamol g'ildiragi minutiga 30 marta aylanadi. G'ildirak parragi uchidagi nuqtalarning markazga intilma tezlanishi qanday bo'ladi? Burchak tezligi (ayl/min larda) qanday bo'lganda markazga intilma tezlanish 2 marta katta bo'ladi?
9. Massasi 1.0 t bo'lgan avtomobil radiusi 100 m bo'lgan egri yo'lda harakatlanmoqda. Avtomobilning tezligi: a) 18 km/soat ; b) 36 km/soat bo'lgan hollarda markazga intilma kuchni toping.
10. Massasi 180 kg bo'lgan arava harakatining birinchi sekundida 15 sm yo'l bosdi. Tezlanish beruvchi kuchni toping.
11. Yuk ortilgan ikkita vagonning har birining massasi 70 t dan, ularning og'irlik markazlari orasidagi masofa 200 m . Bu vagonlarning o'zaro qanday kuch bilan tortishishini aniqlang.
12. Yerning massasi $6.0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. Oynning massasi $7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, ularning markazlari orasidagi masofa 384400 km . Yer bilan Oy orasidagi tortishish kuchi topilsin.
13. Massasi 70 kg bo'lgan parashutchi tekis tushmoqda. Unga ta'sir qilayotgan havoning qarshilik kuchi nimaga teng?
14. Massasi 10 g va tezligi 600 m/s bo'lgan o'qning impuls qancha bo'ladi? Agar o'q devorni teshib o'tgach, 200 m/s tezlik bilan harakatlansa, impulsining o'zgarishini aniqlang.

15. Nasos porsheniga 120 N kuch ta'sir qiladi. Porshenning yurish yo'li 40 sm. Porshen bir marta yurganda bajariladigan ish nimaga teng?

16. Gorizontall tekislikda yashik tortayotgan arqonning taranglik kuchi 25 N. U gorizont bilan 30° burchak hosil qiladi. Yashikni 48 m masofaga surishda qancha ish bajariladi?

✓ 17. Chanani tepalikka tortib chiqarishda 16 s da 800 J ish bajarilgan. Bunda qanday quvvatga erishilgan?

18. Mashina yuk tashishda 30 kW quvvatga erishdi. Bu mashina 45 minutda qancha ish bajaradi?

19. Traktorning tortish kuchi 12 kN. Traktor 3,6 km/soat tezlik bilan harakatlanganda qanday quvvatga erishadi?

20. Olimlar kit suv ostida 27 km/soat tezlik bilan suzganda uning 150 kW quvvatga erishishini hisoblaganlar. Kitning harakatiga bo'lgan suvning qarshilik kuchini aniqlang.

21. Massasi 4,0 g bo'lgan meteor zarra Yer atmosferasiga 60 km/s tezlik bilan uchib kiradi. Uning kinetik energiyasini toping.

22. Ikki ta bir xil avtomobil v va $2v$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Avtomobillarning kinetik energiyalarini taqqoslang.

23. Vertolyot gorizontall ravishda 60 km uchib, 90° burchak ostida burildi va yana 80 km uchdi. Vertolyot o'tgan yo'lni va ko'chishini toping.

24. Kuchni 3 marta orttirib, yelkani 2 marta kamaytirsak, kuch momenti qanday o'zgaradi?

25. Richagning kichik yelkasi uzunligi 5,0 sm, katta yelkasining uzunligi 30 sm. Kichik yelkasiga 12 N kuch ta'sir qiladi. Richagni muvozanatga keltirish uchun uning katta yelkasiga qanday kuch qo'yish kerak? (Rasmini chizing.)

26. Richagning kichik yelkasiga 300 N kuch, katta yelkasiga 20 N kuch ta'sir qiladi. Kichik yelkaning uzunligi 5,0 sm. Katta yelkaning uzunligini aniqlang. (Rasmini chizing.)

27. Richagning uchlari 40 va 240 N kuchlar ta'sir qiladi, tayanch nuqtasidan kichik kuchgacha bo'lgan oraliq 60 sm. Agar richag muvozanatda bo'lsa, richagning uzunligini aniqlang.

28. Massasi 59 g bo'lgan kartoshkaning hajmi 50 sm³. Kartoshkaning zichligini aniqlang va uni kg/m³ hisobida ifodalang.

29. Hajmi 25 l bo'lgan benzinning og'irligi qancha? Benzinning zichligi 710 kg/m³ ga teng.

30. Massasi 48 kg, oyoq kiyimi tagcharmining yuzi 320 sm² bo'lgan bolaning polga ko'rsatadigan bosimi qanday?

31. O'lchamlari 20×50 m bo'lgan tomga normal atmosfera bosimida (101 kPa) havo qanday kuch bilan bosadi? Nima uchun tom bosib qolmaydi?

32. Balandligi 50 sm bo'lgan kerosin qatlami idish tubiga qanday bosim ko'rsatadi? Kerosinning zichligi 800 kg/m³ ga teng.

33. Ko'lining 8,0 m chuqurligida to'liq bosimni (atmosfera bosimini hisobga olgan holda) aniqlang.

34. Suv minorasining tubiga o'rnatilgan manometr 220 kPa bosimni ko'rsatadi. Minoradagi suv sathining balandligi qancha?

35. Suvning idish tubiga beradigan bosimi 1 atm (101,3 kPa) bo'lishi uchun uning balandligi qancha bo'lishi kerak? 1,0 Pa bo'lishi uchun-chi?

36. Granit bo'lagi suvga butunlay botirilganda, u 0,80 m³ suvni siqib chiqaradi. Unga ta'sir qiluvchi itarib chiqaruvchi kuchni hisoblang.

37. Kerosinga botirilganda 160 N kuch bilan itariladigan mis bo'lagining hajmini aniqlang. Kerosinning zichligi 800 kg/m³ ga, misniki esa 8900 kg/m³ ga teng.

38. Arqonga 250 N kuch bilan ta'sir qilib, qo'zg'almas blok yordamida massasi 24,5 kg bo'lgan qumli chelak 10 m balandlikka ko'tarildi. Qurilmaning FIK ni hisoblang.

1.2. Ikkinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Traktor birinchi 5 minutda 600 m yo'l o'tdi. U shu tezlik bilan harakatlanib, 0,50 soatda qancha yo'l o'tadi?

2. Bir velosipedchi 12 s davomida 6,0 m/s tezlik bilan harakatlangan, ikkinchi velosipedchi yo'lning shu qismini 9,0 s da bosib o'tgan. Ikkinchi velosipedchining o'rtacha tezligi qanday?

3. Tezligi 12 m/s bo'lgan avtobusning tormozlanish yo'li 54 m. Avtobus tormozlana boshlagandan to'xtaguncha qancha vaqt o'tadi?

4. Shar tarnovdan yumalab borib, 5,0 s da 75 sm yo'l o'tgan. Tezlanish va oxirgi tezlikni toping.

5. Lokomotiv turtib yuborgan vagon harakatga kelib, 50 s davomida 37,5 m yo'l o'tdi va to'xtadi. Vagon harakatini tekis sekinlanuvchan deb hisoblab, uning boshlang'ich tezligi va tezlanishini toping.

6. Tezlanishi 2,0 m/s² bo'lgan avtomobil tezligini 4,0 dan 12,0 m/s gacha orttirishi uchun ketgan vaqt ichida qancha yo'l o'tadi? Shu vaqt qancha?

7. Agar kater 5,0 s davomida 10 m/s o'zgarmas tezlik bilan harakat qilib, so'nggi 5,0 s da 0,50 m/s² o'zgarmas tezlanish bilan harakat qilsa, u qancha yo'l o'tadi?

8. Avtomobil 2,0 m/s² tezlanish bilan harakat qilib, 5,0 s da 125 m yo'l o'tgan. Avtomobilning boshlang'ich tezligi topilsin.

9. —0,50 m/s² tezlanish bilan harakatlanayotgan poyezd tormozlana boshlagandan 30 s o'tgach to'xtadi. Tormozlanish boshlangandagi tezligi va tormozlanish yo'li topilsin.

10. Tinch holatda turgan motoroller $1,0 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanib, 200 m yo'lni o'tgach, qanday tezlikka erishadi?

11. Tramvay to'xtash joyidan qo'zg'alib, $0,30 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qiladi. Harakat boshlangandan qancha masofa o'tgach, tramvayning tezligi 15 m/s ga yetadi?

12. Lokomotivning tezligi 500 m masofada 18 km/soat dan 36 km/soat ga yetishi uchun u qanday tezlanish bilan harakat qilishi kerak?

13. 25 m/s tezlik bilan gorizontaf otilgan koptok 3,0 s dan so'ng yerga tushgan. U qanday balandlikdan otilgan? Uning uchish uzoqligi qancha?

14. Yerning ekvatorial radiusi 6380 km. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishida ekvatoridagi nuqtalar qanday tezlik bilan harakat qiladi?

15. Quyidagi hollar uchun nuqtaning markazga intilma tezlanishining aylana radiusiga bog'lanish grafiklarini chizing: a) nuqtaning chiziqli tezligi doimiy; b) nuqtaning aylanish davri doimiy.

16. Massasi 500 t bo'lgan passajir poyezdi tormozlanishda tekis sekinlanuvchan harakat qilib, tezligini 60 s da $39,6 \text{ km/soat}$ dan 27 km/soat gacha kamaytirgan. Tormozlanish kuchini toping.

17. Massasi 400 t bo'lgan passajir poyezdi 54 km/soat tezlikda bormoqda. Tormozlanish yo'li 200 m bo'lsa, tormozlanish kuchini toping.

18. Tezlanish beruvchi kuch $1,6 \text{ kN}$ bo'lsa, massasi 20 t bo'lgan vagon qanday tezlanish bilan harakat qiladi? Qarshilik kuchi 600 N.

19. Massasi 2500 t bo'lgan sostavga $5,0 \text{ sm/s}^2$ tezlanish berayotgan lokomotivning tortish kuchini toping. Harakatga qarshilik qiluvchi kuch sostav og'irligining 0,0050 qismiga teng.

20. Massasi 1000 t bo'lgan poyezd stansiyadan tekis tezlanuvchan harakat qila boshlab, 250 m masofada 36 km/soat tezlikka erishgan. Qarshilik koeffitsiyenti 0,0060. Lokomotivning tortish kuchini aniqlang.

21. Dinamometr prujinasi $4,0 \text{ N}$ kuch ta'sirida $5,0 \text{ mm}$ cho'zildi. Pujinani 16 mm cho'zadigan yukning og'irligini aniqlang.

22. Pluton planetasi Quyoshdan Yerga nisbatan 40 marta uzoq. Yer va Plutonning massalari taqriban teng deb olinsa, Quyosh Plutonni Yerga nisbatan necha marta kam kuch bilan tortadi?

23. Oy Yer atrofida $1,0 \text{ km/s}$ tezlik bilan aylanadi. Yerdan Oygacha masofa 384400 km. Bu ma'lumotlarga ko'ra Yerning massasini toping.

24. Massasi 3,0 kg bo'lgan jism $7,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tik tushmoqda. Havoning qarshilik kuchi qancha?

25. Arqon 2,5 kN yukni ko'tara oladi. Arqon uzilib ketmasligi uchun massasi 200 kg bo'lgan yukni qanday eng katta tezlanish bilan ko'tarish mumkin?

26. Shaxta ko'targichi platformasining og'irligi 2,5 kN. Trosning taranglik kuchi 2,0 kN bo'lsa, ko'targich qanday tezlanish bilan tushmoqda?

27. Massasi 35 kg bo'lgan qizcha arg'imchoq uchmoqda. Arg'imchoq arqonining uzunligi 2,0 m. Arg'imchoq muvozanat vaziyatidan $3,0 \text{ m/s}$ tezlik bilan o'tayotgan bo'lsa, arqonlarning taranglik kuchi qancha bo'ladi?

28. Mototsiklchi yo'lining egrilik radiusi 40 m bo'lgan qavariq qismidan o'tmoqda. Yo'lining eng yuqori nuqtasida yo'lga bo'lgan bosimi nolga teng bo'lishi uchun mototsiklchi qanday tezlikka ega bo'lishi kerak? Erkin tushish tezlanishini 10 m/s^2 ga teng deb hisoblang.

29. Velosipedchi $8,0 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Pedalni aylantirmay qo'yanidan keyin u qancha masofaga borib to'xtaydi? Qarshilik koeffitsiyenti 0,050.

30. Massasi 10 kg bo'lgan gurzi 1,25 m balandlikdan sandonga erkin tushadi. Zarba 0,010 s davom etgan bo'lsa, zarba kuchi qancha?

31. Massasi 4400 t bo'lgan poyezd gorizontaal yo'lda 27 km/soat tezlik bilan bormoqda. Tormozlovchi kuchni 440 kN deb hisoblab, tormozlanish vaqtini toping.

32. Massasi 30 kg bo'lgan qo'zg'almas soldan massasi 45 kg bo'lgan bola qirg'oqqa sakradi. Bunda sol $1,5 \text{ m/s}$ tezlik oldi. Bolaning tezligi qanday?

33. Massasi 20 t bo'lgan vagon $1,5 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakat qila borib, yo'lda turgan 10 t massali platformaga urildi. Vagon va platformaning avtotirkagich ishlagandan so'nggi birgalikdagi harakat tezligini toping.

34. Massalari 16 t va 24 t bo'lgan ikkita temiryo'l platformasi bir-biriga qarab bormoqda. Ulardan birining tezligi $0,30 \text{ m/s}$, ikkinchisining esa $0,20 \text{ m/s}$. Bu platformalar noelastik to'qnashgandan so'ng qaysi tomonga va qanday tezlik bilan ketadi?

35. DT-54 traktor dvigateli silindridagi porshenga gazning o'rtacha bosimi 500 kPa, porshenning yurish yo'li 15,2 sm, yuzi 120 sm^2 . Porshenning bir marta yurishida bajarilgan ish nimaga teng?

36. Hajmi $2,0 \text{ m}^3$ bo'lgan marmar taxta 12 m balandlikka ko'tarilganda qancha ish bajariladi? Marmarning zichligi 2700 kg/m^3 .

37. Nasos har sekunda 20 l suvni 10 m balandlikka ko'taradi. Bunda 1,0 soatda qancha ish bajariladi? Nasosning quvvati qancha?
38. Chuqurligi 150 m bo'lgan shaxtadan 200 m³ suvni haydab chiqarish uchun quvvati 50 kW bo'lgan nasos qancha vaqt ishlashi kerak?
39. 30 kg massali yukni 10,0 m balandlikka 1,20 m/s² tezlanish bilan ko'tarish uchun qancha ish bajarish kerak?
40. Massasi 10 kg yukni 2,0 m balandlikka tik ko'tarishda 230 J ish bajarilgan. Yuk qanday tezlanish bilan ko'tarilgan?
41. TE-3 teplovoz 21,6 km/soat tezlik bilan harakatlanganda 461 kN tortish kuchiga ega bo'ladi. Teplovoz poyezdni 1,0 soat davomida tortganda qanday ish bajaradi?
42. Odam og'irligi 120 N bo'lgan bir chelak suvni chuqurligi 20 m bo'lgan quduqdan 15 s da tortib chiqarishda o'rtacha qanday quvvatga erishgan?
43. Bug' mashina to'qmoqni 1,0 minutda 15 marta 50 sm balandlikka ko'taradi. Agar to'qmoqning og'irligi 9,0 kN bo'lsa, bu ishni bajarishdagi o'rtacha quvvat qancha?
44. 5,0 minutda 5,0 m balandlikka 4,5 m³ suv chiqaradigan nasosning o'rtacha quvvatini aniqlang.
45. Teplovozning tortish kuchi 200 kN, quvvati 3,0 MW. Shu tortish kuchi va shu quvvat bilan poyezd ikki stansiya orasidagi 10,8 km yo'lni qancha vaqtda o'tadi?
46. Bikrligi 1,0 kN/m bo'lgan deformatsiyalanmagan prujinani 10 sm uzaytirish uchun qancha ish bajarish kerak?
- 47. 15 kg massali yuk og'irligi ta'sirida prujina 10,0 sm uzayadi. Prujaning 8,0 sm cho'zilishida bajariladigan ishni toping.
- ✓ 48. Kopyor to'qmog'ining massasi 2,0 t bo'lib, 4,9 m balandlikdan erkin tushadi. To'qmoqning tushishining boshlang'ich nuqtasidagi, oxirgi nuqtasidagi va yo'lning o'rta nuqtasidagi potensial va kinetik energiyalarini toping.
49. 36 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan avtomobil keskin tormozlandi. Agar sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,20 bo'lsa, avtomobil to'xtaguncha qancha yo'l o'tadi?
50. Temiryo'l vagoni o'z yo'liga qo'yilgan tormoz boshmog'i ustiga chiqib ketgach, 1,0 m yurib, to'xtadi. Sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,20. Vagon boshmoqqa urilguncha qanday tezlik bilan harakatlangan?
51. Massasi 400 g bo'lgan futbol to'pi 6,0 m balandlikdan yerga erkin tushgan va sapchib, 2,4 m balandlikka ko'tarilgan. To'p yerga urilganda qancha energiyasini yo'qotgan?

- 52. Massasi 0,50 kg bo'lgan bolg'a bilan mix qoqilmoqda. Bolg'aning urilishdagi tezligi 3,0 m/s. Har bir urilishida mix taxtaga 45 mm kirayotgan bo'lsa, o'rtacha qarshilik kuchi qancha?

53. 2,5 m uzunlikdagi ipga sharcha osilgan. Sharcha osilish nuqtasi balandligi qadar ko'tarilishi uchun unga eng kamida qanday gorizontal tezlik berish kerak?

54. Qayiq daryodan suv oqimiga tik yo'nalishda o'timoqda. Qayiqning tezligi 1,4 m/s, oqim tezligi 0,70 m/s, daryoning eni 308 m. Qayiq daryoni qancha vaqtda kesib o'tadi? Oqim qayiqni necha metrga surib ketadi? Qayiqning qirg'oqqa nisbatan tezligi qancha?

55. Yuk ko'tarish kranida yukning tik ko'tarilish tezligi 40 sm/s. Kran aravachasining gorizontal harakat tezligi 30 sm/s. Yuk harakatining natijalovchi tezligi aniqlansin.

- 56. Blokdan o'tkazilgan arqon uchini gorizontal ravishda tortib, m massali yuk tekis ko'tarilmoqda. Blokka bo'lgan bosim kuchi qancha?

- 57. Samolyotga motorning 15 kN tortish kuchi, havoning 11 kN qarshilik kuchi va yon tomondan uchish yo'nalishiga tik ravishda 3 kN shamol kuchi ta'sir etadi. Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisini toping.

58. Bir-biri bilan o'zaro 60° burchak hosil qilib ta'sir etuvchi 3,0 va 4,0 N kuchlarning teng ta'sir etuvchisi topilsin.

59. Bola gorizontal yo'lda chanani tekis tortib bormoqda. Bunda u arqonga 20 N kuch bilan ta'sir qiladi. Arqon gorizont bilan 60° burchak tashkil qiladi. Ishqalanish kuchi topilsin.

60. Qiya tekislikning uzunligi 250 sm, balandligi 25 sm. Agar ishqalanish hisobga olinmasa, jism tekislikdan qanday tezlanish bilan sirpanib tushadi?

61. Vagon qiyaligi 0,050 bo'lgan tepalikdan tushmoqda. Boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lsa, vagon 100 m yo'lni qanday tezlanish bilan qancha vaqtda o'tadi? Ishqalanish hisobga olinmasin.

62. Richagning uchlariga 2,0 va 18 N kuchlar ta'sir qiladi. Richagning uzunligi 1,0 m. Agar richag muvozanatda bo'lsa, tayanch nuqtasi qayerda bo'ladi?

63. Massasi 240 g bo'lgan menzurkaga 80 sm³ suyuqlik quyildi. Menzurkaning suyuqlik bilan birgalikdagi massasi 360 g. Suyuqlikning zichligini toping va uni kg/m³ larda ifodalang.

64. O'lchamlari 1,0×0,80×0,10 m bo'lgan marmar taxtaning massasini aniqlang. Marmarning zichligi 2700 kg/m³ ga teng.

65. Konserva bankalarini tayyorlashda ishlatiladigan tunuka zanglamasligi uchun u 200 sm² yuzaga 0,45 g hisobida yupqa qalay

(zichligi $7,3 \text{ g/sm}^3$) qatlami bilan qoplanadi. Tunukadagi qalayning qalinligi qanday?

66. Har bir temiryo'l sisternasining hajmi 25 m^3 . 1000 t neftni tashish uchun nechta temiryo'l sisternasi kerak? Neftning zichligi 800 kg/m^3 .

67. Massasi $1,0 \text{ kg}$ bo'lgan idishga $5,0 \text{ l}$ hajmda kerosin quyildi. Idishni ko'tarish uchun qanday kuch qo'yish kerak? Kerosinning zichligi 800 kg/m^3 .

68. Sig'imi $10,0 \text{ l}$ bo'lgan chelak qor bilan to'ldirilgan. Qorning hammasi erigach, 1850 ml suv bo'lgan. Qorning zichligini toping.

69. Quymaning yog'ochdan qilingan modelining massasi $5,0 \text{ kg}$. Agar yog'ochning zichligi $0,50 \text{ g/sm}^3$, cho'yaning zichligi $7,0 \text{ g/sm}^3$ bo'lsa, cho'yan quymaning massasi qancha bo'ladi?

70. Massasi 80 kg bo'lgan sportchi chang'ida turibdi. Har bir chang'ining uzunligi $2,0 \text{ m}$, eni $8,0 \text{ sm}$. Sportchining qorga ko'rsatgan bosimi qanday?

71. Silindrik idishga simob (zichligi 13600 kg/m^3), suv va kerosin (zichligi 800 kg/m^3) quyilgan. Suyuqliklarning hajmlari bir xil bo'lib, kerosinning yuqori sathi idish tubidan 12 sm baland. Suyuqliklarning idish tubiga ko'rsatadigan umumiy bosimini aniqlang.

72. Gidravlik pressning kichik porshenining yuzi 10 sm^2 ; unga 200 N kuch ta'sir qiladi. Katta porshenning yuzi 200 sm^2 . Katta porshenga qanday kuch ta'sir qiladi? Press ichidagi bosim qanchaga teng?

73. O'lchamlari $3,5 \times 1,5 \times 0,20 \text{ m}$ bo'lgan beton plita o'z hajmining yarmigacha suvga tushirilgan. Unga ta'sir qiluvchi Arximed kuchi qanday?

74. Benzinning oqish tezligi 32 sm/s bo'lganda, quvur orqali sekundiga 10 l benzin oqib o'tishi uchun quvurning diametri qancha bo'lishi kerak?

75. Kanalning kesimi asoslari $2,0$ va $2,5 \text{ m}$, balandligi esa $1,0 \text{ m}$ bo'lgan trapetsiya shaklida. Suvning oqish tezligi $0,40 \text{ m/s}$ bo'lsa, kanaldagi suv sarfini (m^3/s hisobida) toping.

76. Gorizontal nayning ingichka qismidan oqayotgan suvning tezligi $2,0 \text{ m/s}$. Suvning nayning yo'g'on qismidan oqish tezligini toping. Nayning ingichka va yo'g'on qismlarining ko'ndalang kesim yuzlari mos ravishda 200 sm^2 va 800 sm^2 .

77. Qiya tekislik bo'ylab massasi 15 kg bo'lgan yukni tekis chiqarishda yukka bog'langan dinamometr 40 N kuchni ko'rsatadi. Agar qiya tekislikning uzunligi $1,8 \text{ m}$, balandligi 30 sm bo'lsa, qiya tekislikning FIK ini hisoblang.

1.3. Uchinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Avtomobil yo'lining birinchi qismini (30 km) o'rtacha 15 m/s tezlikda bosib o'tdi. Yo'ning qolgan qismini (40 km) u 1,0 soatda o'tdi. Avtomobil butun yo'l davomida qanday o'rtacha tezlik bilan harakatlangan?

✓ 2. Mototsiklchi ikki punkt orasini 50 km/soat tezlik bilan o'tgan, so'ngra tezligini 75 km/soat gacha oshirib, yana shuncha yo'l yurgan. U ikkala holda ham tekis harakat qilgan. Butun harakat davomidagi o'rtacha tezlik topilsin.

3. Chang'ichi uzunligi 135 m bo'lgan qiya tekislikdan tushmoqda. Agar tezlanishi 40 m/s^2 , boshlang'ich tezligi 6,0 m/s bo'lsa, u pastga qancha vaqtda tushadi?

— 4. DAN posti yonidan katta r tezlik bilan avtomobil o'tdi. U post bilan tenglashganda DAN inspektori mototsiklda uni quva boshladi. Mototsiklning harakatini tekis tezlanuvchan deb hisoblab, mototsiklning avtomobilni quvib yetgan paytdagi tezligi u ni aniqlang.

5. 72 km/soat tezlik bilan ketayotgan poyezd tormoz berilgandan to'xtaguncha 1,0 km masofani o'tdi. Harakatning tezlanishi nimaga teng? Tormozlanish vaqti qancha? Tormozlanish yo'lining o'rtasida bo'lgan svetofordan poyezd qanday tezlik bilan o'tadi?

6. Avtomobil to'xtash joyidan tekis tezlanuvchan harakat qilib, birmuncha o'tgach, 25 m/s tezlikka erishdi. Bu yo'ning o'rta nuqtasida uning tezligi qancha bo'lgan?

7. Tekis harakat bilan borayotgan poyezddan uzib yuborilgan oxirgi vagon tekis sekinlanuvchan harakat qilgan va to'xtaguncha 1,0 km yo'l bosgan. Shu vaqt ichida poyezd qancha yo'l bosgan?

8. Agar jism tushishining oxirgi sekundida 75 m yo'l o'tgan bo'lsa, u qanday balandlikdan tushgan?

9. Vertolyotdan ikkita yuk boshlang'ich tezliksiz tashlandi, ammo bu yuklarning ikkinchisi birinchisidan bir sekund keyin tashlandi. Birinchi yuk tashlangandan 2,0 s o'tgandan keyin bu ikki yuk orasidagi masofa qancha bo'ladi? 4,0 s o'tgandan keyinchi?

10. Massasi 1,0 t bo'lgan avtomobil tormozlanib, 5,0 s da to'xtadi. Bunda u tekis sekinlanuvchan harakat qilib, 25 m yo'l bosdi. Boshlang'ich tezlikni va tormozlanish kuchini toping.

11. Tosh gorizontol yo'nalishda 15 m/s tezlik bilan otilgan. 0,30 s dan keyin tosh tezligining gorizontol va vertikal tashkil etuvchilari qanday bo'ladi? Qancha vaqtdan so'ng tosh tezligi gorizontga nisbatan 45° burchak ostida yo'nalgan bo'ladi? Erkin tushish tezlanishini 10 m/s^2 ga teng deb hisoblang.

12. Uchish uzoqligi tushish balandligiga teng bo'lishi uchun jismni H balandlikdan qanday tezlik bilan gorizontol otish kerak?

13. Uchish uzoqligi boshlang'ich balandligining yarmiga teng bo'lishi uchun jismni v_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizontol yo'nalishda qanday balandlikdan otish kerak?

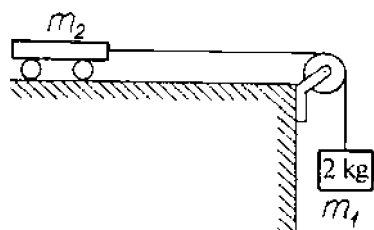
14. Samolyotdagi passajirlar quyoshni o'z o'rnida to'xtab qolganday ko'rishlari uchun Sankt-Peterburg kengligida samolyot qanday tezlik bilan va qanday yo'nalishda uchishi kerak? Samolyotdan Yerning aylanish o'qigacha bo'lgan masofa 3200 km ga teng.

15. Avtodrezina ikkita platformani tekis tezlanuvchan harakat bilan olib borayotir, tortish kuchi 1,8 kN. Platformalarning mas-salari 12,0 va 8,0 t. Bu ikki platforma orasidagi tirkash moslamasi qanday kuch bilan tortiladi?

16. Massasi 300 kg bo'lgan yog'och paqir tekis tezlanuvchan harakat bilan shaxtaga tushirilmoqda. Birinchi 10 s da u 35 m tushadi. Paqir osilgan arqonning taranglik kuchi topilsin.

17. Xokkey shaybasi muz ustida tekis sekinlanuvchan harakat bilan sirpanib, 50 m masofani o'tgach, to'xtadi. Ishqalanish ko'effitsiyenti 0,10 ga teng. Boshlang'ich tezlikni toping.

18. Vagon turtki olgandan keyin gorizontol yo'lda 50 s da 36,8 m yurib to'xtadi. Ishqalanish ko'effitsiyenti qancha?



1.12- rasm.

19. 1.12-rasmda ko'rsatilgan qurilmada aravachaning massasini 8,0 kg deb olib, aravachaning tezlanishini va ipning taranglik kuchini toping. Ishqalanish ko'effitsiyenti 0,10 ga teng.

20. Disk gorizontol tekislikda 30 ayl/min tezlik bilan aylanadi. Diskda aylanish o'qidan 20 sm uzoqlikda yotgan jism uloqtirib tashlanmasligi uchun ishqalanish

ko'effitsiyenti qancha bo'lishi kerak?

21. Avtomobil egrilik radiusi 100 m bo'lgan gorizontol yo'ldan chiqib ketmasligi uchun qanday eng katta tezlik bilan harakatlanishi kerak? G'ildirakning yo'lga sirpanish ishqalanish ko'effitsiyenti 0,41 ga teng.

22. Balandligi 9,0 m va uzunligi 15 m bo'lgan qiya tekislikdan chana sirpanib tushmoqda. Ishqalanish ko'effitsiyenti 0,125 ga teng. Chananing tezlanishini va tushish vaqtini toping.

23. To'p yerdan 20 m/s boshlang'ich tezlik bilan tik yuqoriga otiladi. Bir sekunddan so'ng to'p qanday balandlikda bo'ladi? U qancha vaqt yuqoriga ko'tariladi? Eng yuqori ko'tarilish balandligi qancha? To'p qancha vaqtdan keyin va qanday oxirgi tezlik bilan yerga tushadi? Erkin tushish tezlanishi 10 m/s^2 ga teng deb olinsin.

24. Yuqoriga otilgan to'pning: 1) ko'tarilish vaqtini; 2) ko'tarilish balandligini ikki marta orttirish uchun uning boshlang'ich tezligini necha marta orttirish kerak?

25. m massali yuk osilgan ip vertikal vaziyatdan gorizontal vaziyatga keltirilib, keyin qo'yib yuborilgan. Ipning muvozanat vaziyatdan o'tish paytdagi taranglik kuchini toping.

26. Oyning radiusi 1780 km , Oydagi erkin tushish tezlanishi Yerdagi erkin tushish tezlanishining $0,165$ qismiga teng. Oy uchun birinchi kosmik tezlik hisoblansin.

27. Yerning sun'iy yo'ldoshi Yer atrofida 1000 km balandlikda doiraviy orbita bo'ylab harakat qilishi uchun unga qanday tezlik berish kerak? Yer sirtidan 6370 km balandlikda harakatlanishi uchun-chi? Yerning radiusi 6370 km .

28. Sun'iy yo'ldosh Yer atrofida doiraviy orbita bo'ylab $1,0 \text{ km/s}$ tezlik bilan aylanishi mumkinmi? Bu qanday sharoitda bo'lishi mumkin? Yerning radiusi 6370 km .

29. Yer yo'ldoshi Yer sirtidan 1700 km balandlikdagi doiraviy orbita bo'ylab harakatlanmoqda. Yerning radiusi 6370 km . Yo'ldoshning harakat tezligi va aylanish davrini toping.

30. Ko'targich kran yerda yotgan $1,0 \text{ t}$ massali relsning bir uchidan $3,0 \text{ s}$ davomida 30 m/min tezlik bilan ko'targanda bajargan foydali ishini toping.

31. Yuk bilan birgalikdagi massasi 10 t bo'lgan shaxta ko'targichi $1,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan ko'tarilmoqda. Harakatning birinchi 10 sekundi davomida bajarilgan ishni aniqlang.

32. Qirg'oqda turgan kishi qayiqni eshkak yordamida 100 N kuch bilan itaradi. Qayiq qirg'oqdan $1,0 \text{ m}$ uzoqlashib, itarish to'xtagach, qayiqning harakat tezligi qancha bo'ladi? Qayiq to'xtaguncha qancha masofani o'tadi? Qayiqning massasi 160 kg , suvning qarshilik kuchi o'zgarmas bo'lib, 80 N ga teng deb hisoblansin.

33. Quvvati $2,0 \text{ MW}$ bo'lgan lokomotiv 2000 t massali poyezdni tepalikka tortib chiqmoqda. Agar ishqalanish koeffitsiyenti $0,0050$ bo'lsa, lokomotiv 36 km/soat tezlikda poyezdni ko'pi bilan qanday qiyalikdan olib chiqa oladi?

34. Massasi $1,0 \text{ kg}$ bo'lgan jism 20 m/s tezlik bilan gorizontal otilgan. Harakatning to'rtinchi sekundi oxirida jismning kinetik energiyasi qancha bo'ladi?

35. Balandligi 80 sm bo'lgan stoldan 0,80 kg massali shar gorizontol yo'nalishda urib tushirib yuborildi. Agar shar stoldan 1,0 m uzoqqa tushgan bo'lsa, stoldan tushirib yuborishda olgan energiyasini aniqlang.

36. Koptok yerga urilib, sapchiganda o'zi tashlangan balandlikdan 10 m yuqori ko'tarilishi uchun uni pastga qanday tezlik bilan otish kerak? Yerga urilishdagi energiya isrofi hisobga olinmasin.

37. Gorizontga nisbatan burchak hosil qilib, 20 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Toshning 10 m balandlikdagi tezligini toping.

38. Ipga massasi 100 g bo'lgan sharcha osilgan. Maksimal og'ganda sharcha og'irlik markazining muvozanat vaziyatidan eng yuqori ko'tarilishi 2,5 sm ga teng. Sharchaning muvozanat vaziyatidan o'tish paytidagi tezligi va kinetik energiyasi topilsin!

39. Samolyot 400 m balandlikda 300 km/soat tezlik bilan uchib bormoqda. 24 km/soat tezlik bilan samolyotga qarab suzib borayotgan kemaga vimpel tashlash kerak. Vimpelni samolyot kemadan qanday masofada bo'lganda tashlash kerak?

40. 180 N vertikal kuchni shunday ikkita tashkil etuvchi kuchga ajratinki, bunda gorizontol tashkil etuvchining kattaligi 240 N bo'lsin. Ikkinchi tashkil etuvchi kuchning kattaligi qancha bo'ladi?

41. Uzunligi bir xil bo'lgan ikkita arqonga 50 kg massali yuk osilgan. Arqonlar orasidagi burchak 60° . Arqonlarning taranglik kuchi topilsin.

42. Massasi 25 g bo'lgan mayatnik muvozanat vaziyatidan chiqarilgan. Bunda ipning taranglik kuchi 0,196 N. Mayatnikni muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kuchni toping.

43. Og'ish burchagi 30° bo'lganda mayatnikni muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kuch 1,0 N ga teng. Og'ish burchagi 45° bo'lganda qaytaruvchi kuch qancha bo'ladi?

44. Vaznsiz sterjen yordamida o'zaro biriktirilgan, massalari 250 va 400 g bo'lgan ikkita shardan iborat sistemaning massalar markazi qayerda bo'ladi? Shar markazlari orasidagi masofa 32,5 sm teng.

45. Og'irligi 24 kN bo'lgan avtomobilning og'irlik markazidan o'tkazilgan vertikal avtomobil o'qlari orasidagi masofani 1:3 nisbatda bo'lsa, har bir juft g'ildirakning yo'lga bo'lgan bosim kuchlarini toping.

46. Bir uchiga 120 N yuk osilgan sterjenga yukdan sterjen uzunligining $1/5$ qismiga teng masofada tirgovich qo'yilsa, u gorizontol holatda muvozanatda bo'ladi. Sterjenning og'irligi qancha?

47. Jez hosil qilish uchun hajmi $0,20 \text{ m}^3$ bo'lgan mis va hajmi $0,050 \text{ m}^3$ bo'lgan rux eritildi. Zichligi qanday jez hosil bo'lgan?

Quymaning hajmi uni tashkil etuvchi metallar hajmlarining yig'indisiga teng. Misning zichligi 8900 kg/m^3 , ruxning zichligi 7100 kg/m^3 .

48. Shluzning eni 10 m. Shluz 5,0 m chuqurlikkacha suvga to'ldirilgan. Suv shluz darvozasiga qanday kuch bilan bosadi?

49. Hajmi 1,0 l bo'lgan kub shaklidagi idish suv bilan to'ldirilgan. Suvning idish tubiga va uning to'rt tomoniga bo'lgan umumiy bosim kuchini aniqlang.

50. Gidravlik pressning kichik porsheni 500 N kuch ta'sirida 15 sm pastga tushdi. Bunda katta porshen 5,0 sm ko'tarildi. Katta porshenga qanday kuch ta'sir qiladi?

51. Porshenlarining kesim yuzi 2,0 va 400 sm^2 bo'lgan gidravlik press kuchdan qanday yutuq beradi? Yog' yelkalari 10 va 50 sm bo'lgan richag yordamida haydaladi. Ishqalanish hisobga olinmasin.

52. Gidravlik domkrat yelkalari 10 va 50 sm bo'lgan richag yordamida harakatga keltiriladi. Katta porshenning yuzi kichik porshenning yuzidan 160 marta katta. Domkrat dastasiga 200 N kuch bilan ta'sir qilib, u bilan qanday og'irlikdagi yuk ko'tarish mumkin?

53. Massasi 100 g bo'lgan aluminiy jismning suvdagi vazni (prujinali tarozining ko'rsatishi) qancha? Aluminiyning zichligi $2,7 \text{ g/sm}^3$.

54. Po'kakdan yasalgan (zichligi 250 kg/m^3) qutqaruv doirasi-ning og'irligi 40 N. Bu doiraning chuchuk suvdagi ko'tarish kuchini aniqlang.

55. Og'irligi 0,80 N bo'lgan po'kak (zichligi 250 kg/m^3) bo'lagini suv ostida tutib turish uchun unga qanday kuch qo'yish kerak?

56. Neft quduqdan diametri 60 mm bo'lgan quvur orqali ko'tariladi. Har soatda 9,12 t neft ko'tarilayotgan bo'lsa, neftning oqish tezligi topilsin. Neftning zichligi 800 kg/m^3 .

57. Uzunligi 8,0 m va balandligi 1,6 m bo'lgan qiya tekislik bo'ylab yuk tortib chiqarilmoqda. Ishqalanish koeffitsiyenti 0,10. Mexanizmning foydali ish koeffitsiyenti topilsin.

58. Temiryo'l vagonining vertikal xususiy tebranishlar davri 1,25 s. Vagon relslar ulangan joydan o'tishda davriy zarba olishi natijasida majburiy tebranadi. Poyezdning tezligi qanday bo'lganda rezonans bo'lib, passajirlar vagonning kuchli vertikal tebranishlarini sezadi? Relslarning har bir ulanishi orasidagi uzunligi 25 m.

I.4. To'rtinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Tik jar yoqasida turgan tosh tushib ketdi. Tosh yonida turgan odam uning suvga tekkanda chiqargan tovushini 6,0 s dan so'ng eshitdi. Jarining chuqurligi topilsin. Erkin tushish tezlanishi 10 m/s^2 , tovush tezligi esa 330 m/s deb olinsin.

2. Aerostat yerdan $2,0 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan boshlang'ich tezliksiz ko'tarilmoqda. 5,0 s dan so'ng undan aerostatga nisbatan boshlang'ich tezliksiz ravishda ballast tashlangan. Ballast tashlangandan qancha vaqt o'tgach yerga tushadi? Erkin tushish tezlanishi 10 m/s^2 deb olinsin.

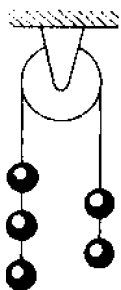
3. Daryoning 20 m balandlikdagi tik qirg'og'idan 15 m/s tezlik bilan gorizontal yo'nalishda tosh otilgan. Tosh qancha vaqtdan so'ng suvga borib tushadi? U suvga qanday tezlik bilan tegadi? Toshning suvga tegish paytidagi tezlik vektori suv sirti bilan qanday burchak hosil qiladi? Erkin tushish tezlanishi 10 m/s^2 deb olinsin.

4. Tinch turgan sharcha tarnovdan yumalay boshlab, to'rtinchi sekundda 14 sm yo'l bosdi. U o'ninchi sekundda qanday oraliqni o'tadi?

5. Boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lgan harakatning to'rtinchi va beshinchi sekundlarida 8,0 m yo'l o'tgan jismning tezlanishi va o'n birinchi sekund boshidan o'n to'rtinchi sekund oxirigacha o'tgan yo'li topilsin.

6. Agar temiryo'lining radiusi 800 m bo'lgan burilish qismi poyezdlarning 72 km/soat tezligiga moslab qurilgan bo'lsa, tashqi rels ichki relsdan qancha ko'tarilishi kerak? Relslar orasidagi masofa 1,5 m.

7. Massalari bir xil bo'lgan 5 ta yuk I.13-rasmda ko'rsatilgandek qilib blokka osilgan. Yuklar qanday tezlanish bilan harakatlanadi? Blokning, iplarning massalari va ishqalanish hisobga olinmasin.



I.13- rasm.

8. Massalari 230 g dan bo'lgan ikkita yuk vaznsiz ip yordamida o'zaro bog'lanib, vaznsiz qo'zg'almas blokka osilgan. Agar bu yuklardan birortasiga 30 g qo'shimcha yuk qo'yilsa, ular qanday tezlanish bilan harakatlanadi? Harakat boshlangandan 5,0 s o'tgach, yuklar qanday tezlikka erishadi? Shu vaqt davomida yuklarning har biri qancha yo'l o'tadi? Ishqalanish hisobga olinmasin.

9. Qo'zg'almas blokda ikkita yuk muvozanatda turibdi. Bu yuklarning biriga qo'shimcha yuk qo'yilganda ular harakatga keladi: 1) ipning taranglik kuchi F_1 ni; 2) blok o'qiga bo'lgan bosim kuchi F_2 ni;

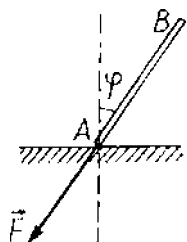
3) qo'shimcha m massali yukning o'zi qo'yilgan M massali yukka bosim kuchi F_3 ni umumiy holda aniqlang. Ishqalanishni hisobga olmang.

10. Yerning sun'iy yo'ldoshi Yerning bir nuqtasi ustida turgandek ko'rinishi uchun u qanday orbita bo'ylab, qanday balandlikda harakatlanishi kerak? Yerning radiusi 6370 km.

✓ 11. Sun'iy yo'ldosh Yer atrofini doiraviy orbita bo'ylab 100 minutda aylanib chiqishi mumkinmi? Bu qanday sharoitda bo'ladi? 80 minutda-chi? Yerning radiusi 6370 km.

12. 100 kg massali yuk gorizont bilan 30° burchak hosil qilib ta'sir etuvchi kuch yordamida gorizont sirtida tekis surilmoqda. Bu yukni tortib surganda kuchning kattaligi qanday bo'ladi? Itarib surganda-chi? Ishqalanish koefitsiyenti 0,30 ga teng.

13. AB sterjen stolga vertikal bilan φ burchak hosil qilib, tayanib turibdi (1.14-rasm). Sterjenga F kuch qo'yilgan. Agar tg φ ishqalanish koefitsiyentidan kichik bo'lsa, F ning har qanday qiymatida ham sterjenning o'rnidan qo'zg'almasligi isbotlansin.



1.14- rasm.

14. Massasi 2,0 kg bo'lgan taxtacha uzunligi 150 sm va balandligi 90 sm bo'lgan qiya tekislikda yotibdi. Ishqalanish koefitsiyenti 0,50 ga teng. Taxtacha pastga sirpanib ketmasligi uchun, uni kamida qanday kuch bilan qiya tekislikka bosish kerak?

15. Qiyalik burchagi 30° bo'lgan tekislikdagi yukni qiya tekislikka parallel bo'lgan 6,0 N kuch tutib turibdi. Ishqalanish koefitsiyenti 0,40. Yukning massasi topilsin.

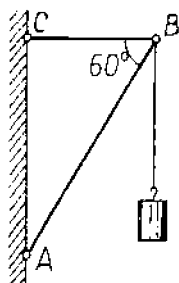
16. Qiya tekislikning qiyalik burchagi α_0 bo'lganda unda yotgan jism bir tekis sirpana boshladi. Jism va qiya tekislik orasidagi ishqalanish koefitsiyenti topilsin.

17. Ag'darma kuzovli avtomobilda tuproqning hammasi to'kilib, uchun kuzovni qanday burchakka og'dirish kerak? Tuproq bilan po'lat kuzov orasidagi ishqalanish koefitsiyenti 0,70 ga teng.

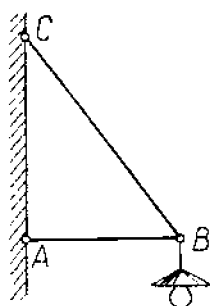
18. To'p gorizontga nisbatan 30° burchak ostida 10 m/s tezlik bilan otilgan. To'pning eng yuqori ko'tarilish balandligi, uchish vaqti va uchish uzoqligi aniqlansin. Erkin tushish tezlanishi 10 m/s^2 deb hisoblansin.

19. Jismning uchish uzoqligi ko'tarilish balandligiga teng bo'lishi uchun uni gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otish kerak?

20. Og'irligi 650 N bo'lgan yuk osilgan kronshteynning AB tirgagiga va BC sterjeniga ta'sir etuvchi kuchlarning modullari



1.15- rasm.



1.16- rasm.

topilsin (1.15-rasm). Bu kuchlar siquvchi kuchlarmi, cho'zuvchi kuchlarmi?

21. Og'irligi 40 N bo'lgan fonar osmaga osilgan (1.16-rasm). Uzunligi 60 sm bo'lgan AB sterjenga va uzunligi 1,00 m bo'lgan BC simga ta'sir etuvchi kuchlarini toping.

22. Sterjenning uzunligi 20 sm. Uning yarmi aluminidydan (zichligi $2,7 \text{ g/sm}^3$), yarmi cho'yan-

dan (zichligi $7,0 \text{ g/sm}^3$) yasalgan. Sterjenning kesimi butun uzunligi bo'ylab bir xil bo'lsa, uning massalar markazi qayerda bo'lishini aniqlang.

23. Uchlari tayanchlarga qo'yilgan xodaga og'irligi 1,2 kN dan bo'lgan ikkita yuk osilgan: yuklarning biri xodaning o'ng uchidan xoda uzunligining 0,25 qismiga teng masofaga, ikkinchisi xodaning o'rtasiga osilgan. Tayanch nuqtalariga bo'lgan bosim kuchlarini toping. Xodaning og'irligi hisobga olinmasin.

24. Og'irligi 3,0 kN, uzunligi 3,0 m bo'lgan va uchlari tayanchlarga qo'yilgan xodaga tayanchlardan biridan 1,2 m uzoqlikda 2,0 kN yuk osilgan. Tayanchlarga bo'lgan bosim kuchlari topilsin.

25. Gorizontaal sirtida turgan yashikning balandligi 2,0 m, tubining yuzi $1,0 \times 1,0 \text{ m}$, og'irligi 1,0 kN. 300 Pa bosim beradigan shamol ta'sirida yashik ag'darilib ketadimi? Javobingizni asoslang.

26. Bir metrli chizg'ichning ikki uchiga 100 g va 200 g massali toshlar osilgan. Chizg'ichning massasi 100 g bo'lsa, u muvozanatda bo'lishi uchun uning qayeriga tayanch qo'yish kerak?

27. Jezning tarkibida 63% mis va 37% rux bor. Jezning zichligi topilsin. Jezning hajmi uning tarkibiga kirgan mis va ruxning hajmlari yig'indisiga teng deb hisoblansin. Misning zichligi 8900 kg/m^3 , ruxning zichligi esa 7100 kg/m^3 .

28. Bir bo'lak qotishmaning massasi 299 g, hajmi $30,0 \text{ sm}^3$ bo'lsa, qotishmada necha gramm qo'rg'oshin va necha gramm qalay bor? Qotishmaning hajmi uning tarkibiga kirgan metallar hajmlarining yig'indisiga teng deb hisoblansin. Qo'rg'oshinning zichligi $11,3 \text{ g/sm}^3$, qalayniki $7,3 \text{ g/sm}^3$.

29. Balandligi 10 m, uzunligi 8,0 m va eni 6,0 m bo'lgan to'g'ri parallelepiped shaklidagi ballast kamerasi chokining mustahkamligini sinash uchun uning ustki qismiga balandligi 2,5 m bo'lgan nay payvandlangan. Bu nay suvga to'lgunicha kamera

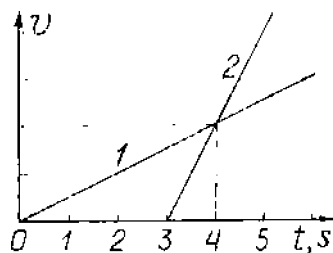
suv quyilgan. Suvning kamera tubi, yon yog'i va tepa tomonlariga bosim kuchi topilsin.

30. Suvda suzib yurgan yog'och g'o'la $0,72 \text{ m}^3$ suvni, u suvga butunlay botirilganda esa $0,90 \text{ m}^3$ suvni siqib chiqaradi. G'o'laning massasi va zichligini toping.

1.5. Beshinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Ikki stansiya orasidagi $22,5 \text{ km}$ masofani poyezd 25 minutda o'tadi. Boshlang'ich 5 minutda u tekis tezlanuvchan harakat qiladi, qolgan vaqtda to'xtaguncha tekis sekinlanuvchan harakat qiladi. Poyezdning yo'lning ikkala qismidagi tezlanishlari va eng katta tezligi topilsin.

2. 1.17-rasmda ikki avtomobil harakati tezligining vaqtga bog'lanish grafi-gi keltirilgan. Avtomobillar harakatini bir nuqtadan boshlaydilar va bir to-monga harakat qiladilar. Qancha vaqt-dan keyin ikkinchi avtomobil birinchi avtomobilni quvib yetadi?



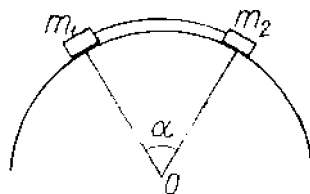
1.17- rasm.

3. Tosh gorizontga 60° burchak ostida 10 m/s tezlik bilan otilgan. Trayekto-riyaning eng yuqori nuqtasidagi va oxiridagi egrilik radiuslarini toping.

4. Ip yordamida ilmoqqa osib qo'yilgan sharcha doimiy tezlik bilan harakatlanib, gorizontal tekislikda aylana chizadi. Agar ipning uzunligi l bo'lsa va u vertikal bilan α burchak tashkil qilsa, shar-chaning tezligini va uning aylanish davrini toping.

5. Kichik yomg'ir tomchisi shamolsiz kunda baland bulutdan tushmoqda. Tomchining tezlanishi $3,3 \text{ m/s}^2$ bo'lgan paytda uning tezligi 6 m/s bo'lgan. Yer yaqinida tomchi doimiy tezlik bilan harakatlanadi. Shu barqarorlashgan tezlikning modulini toping. Havoning qarshilik kuchi tomchining havoga nisbatan tezligiga proporsional deb hisoblang.

6. Massalari $0,30$ va $0,70 \text{ kg}$ bo'lgan ikkita kichik jism ip bilan birlashtirilgan va silliq silindrik sirtga uning cho'qqisiga nisbatan simmetrik qo'yilgan (1.18-rasm). Silindrik sirtning jismlarni tutash-tiruvchi radiuslari orasidagi burchak 60° ga teng. Jismlar sistemasining tezlanishini toping.



1.18- rasm.

7. Prujinaga osilgan yuk uni 14 sm ga cho'zadi. Prujinaning yuk pastga yo'nalgan $2,8 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan paytdagi cho'zilishi topilsin.

8. Sayyoralarning orbitasini aylana deb hisoblab, sayyoraning Quyosh atrofida aylanish davrining uning orbitasi radiusiga bog'lanishini toping. Agar tortishish kuchi sayyora bilan Quyosh orasidagi masofaning kvadratiga emas, balki kubiga yoki birinchi darajasiga teskari proporsional bo'lganida, bu bog'lanish qanday o'zgargan bo'lar edi?

9. Quyidagi ma'lumotlarga ko'ra Quyosh sirtidagi erkin tushish tezlanishini toping: Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa $1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$, Quyoshning Yerdan ko'rinish burchagi $9,30 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$, Yerning Quyosh atrofida aylanish davri $3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$.

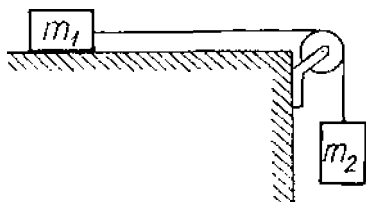
10. 1,0 va 1,5 kg massali yuklar cho'zilmaydigan va vaznsiz ip yordamida o'zaro bog'langan. Ip gorizontal silliq sterjenga tashlab qo'yilgan. Ip va sterjen orasidagi ishqalanish kuchi nolga teng bo'lsa, ipning sterjenga bosim kuchini toping.

11. Sutkaning davomiyligi qanday bo'lganda jismlarning Yer ekvatoridagi vazni nolga teng bo'lar edi? Yerni radiusi 6371 km bo'lgan shar deb hisoblang.

12. Yerni radiusi 6371 km bo'lgan shar deb hisoblab, 45° geografik kenglikda shoqulning Yerning tortish kuchi yo'nalishidan og'ish burchagini toping.

13. Qiya tekislikda g'o'lacha yotibdi. Ishqalanish ko'effitsiyentini 0,60 ga teng deb olib, g'o'lacha va tekislik orasidagi ishqalanish kuchining tekislik va gorizont orasidagi burchakka bog'lanish grafigini chizing.

14. Gorizontal sirtida bir-biri bilan vaznsiz ip yordamida bog'langan 3,0 va 4,0 kg massali g'o'lalar bor. Katta g'o'laga gorizontal yo'nalgan 33,6 N kuch ta'sir qila boshladi. Bu g'o'laning sirt bilan ishqalanish ko'effitsiyenti 0,20 ga, kichik g'o'laniki esa 0,40 ga teng bo'lsa, g'o'lalarning tezlanishini va ipning taranglik kuchini toping.



I.19- rasm.

15. Ikkita yuk vaznsiz ip bilan I.19-rasmda ko'rsatilgandek qilib o'zaro bog'langan va harakatga keltirilgan. Agar yuklarning o'zini almashtirilsa, ipning tarangligi qanday o'zgaradi? Sirpanish ishqalanish ko'effitsiyenti 0,20, blok vaznsiz va unda ishqalanish yo'q, yuklarning massalari mos ravishda 1,0 va 2,0 kg deb hisoblansin.

16. 0,10 kg massali yukka ip yordamida bog'langan 0,50 kg massali aravacha tezlanish bilan harakatlanib boshlaydi. So'ngra aravachaning ikki g'ildiragi aylanmaydigan qilib qo'yilib, tajriba qaytariladi. Bunda aravachaning tezlanishi $k = 2$ marta kamayadi. G'ildiraklar va yo'l orasidagi sirpanish ishqalanish ko'effitsiyenti nimaga teng? Dumalanish ishqalanishini hisobga olmang.

17. Shinaning yo'lga ishqalanish ko'effitsiyenti 0,40 ga teng bo'lganda, 72 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan mototsiklchi chizishi mumkin bo'lgan eng kichik aylananing radiusini aniqlang. Bu harakat vaqtida mototsiklchining gorizont tekislikka og'ish burchagini toping.

18. Avtomobilning tepalikka harakati a tezlanish bilan bo'lishi uchun uning shinalari va yo'l orasidagi ishqalanish ko'effitsiyenti kamida qancha bo'lishi kerak? Yo'lning qiyalik burchagi α ga teng.

19. Chana 50 m uzunlikdagi tepalikdan 5,0 s da sirpanib tushadi. Agar tepalik sirti gorizont bilan 30° li burchak tashkil etsa, chananing tepalik sirtiga sirpanish ishqalanish ko'effitsiyentini toping.

20. Gorizont bilan 30° li burchak tashkil etuvchi qiya tekislik bo'ylab pastdan yuqoriga qandaydir boshlang'ich tezlik bilan g'o'lacha sirpanib chiqib boshlaydi. Agar g'o'lachaning tekislikka sirpanish ishqalanish ko'effitsiyenti 0,36 ga teng bo'lsa, g'o'lachaning ko'tarilish vaqtining sirpanib tushish vaqtiga nisbatini toping.

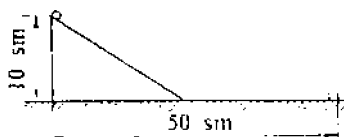
21. Sportchi yadroni h balandlikdan v_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizontga α burchak ostida uloqtirdi. Yadro gorizont yo'nalishda qancha masofaga uchib boradi?

22. Massasi 25 kg bo'lgan va tinch turgan uzun aravachaning bir uchida 30 kg massali bola turibdi. Agar u aravachaga nisbatan 3,0 m/s tezlik bilan yugursa, aravacha qanday tezlik bilan harakatlanadi?

23. Uchayotgan snaryad bir xil massali ikki bo'lakka parchalanadi. Bo'laklar tezliklarining modullari 300 va 400 m/s, tezlik vektorlari orasidagi burchak 90° . Snaryadning parchalanishgacha bo'lgan tezligini toping.

24. Tezligi 500 m/s bo'lgan o'q stolning gorizont sirtida tinch yotgan g'o'laga tegadi va unga kirib qoladi. Agar stol bilan g'o'la orasidagi ishqalanish ko'effitsiyenti 0,10, g'o'laning massasi esa o'qnikidan 500 marta katta bo'lsa, g'o'la qanday masofaga siljiydi?

25. Jism balandligi 10 sm bo'lgan qiya tekislikdan sirpanib tushadi (1.20-rasm). So'ng u gorizont yo'nalishda harakatini davom ettirib, 50 sm yo'lni o'tgach to'xtaydi. Ishqalanish ko'effitsiyentini aniqlang. Bunda uni yo'lning qiya qismida ham, gorizont qismida ham birday deb hisoblang.



I.20- rasm.

26. Massasi 1000 kg, quvvati 50,0 kW bo'lgan avtomobil yo'lining gorizontal qismi bo'ylab harakatlanmoqda. Shina va yo'l orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,500 ga teng. Qanday minimal vaqt oralig'ida

avtomobilning tezligi 54 km/soatga yetishi mumkin?

27. Ikkita bir xil sharchalardan biri / uzunlikli vaznsiz ipga, ikkinchisi esa xuddi shunday uzunlikli vaznsiz qattiq sterjenga osib qo'yilgan. Sharchalar vertikal tekislikda / radiusli aylana bo'yicha harakatlana boshlashi uchun ularga qanday minimal tezliklar berish kerak? Trayektoriyaning pastki nuqtasida sharchalarning vazni qanchaga teng?

28. 225 m uzunlikli, doimiy tezlik bilan harakatlanayotgan poyezd telegraf ustuni yonidan 15 s davomida o'tadi. Teplovozning uzunligi 450 m bo'lgan tunnelga kirish paytidan oxirgi vagonning tunneldan chiqish paytigacha qancha vaqt o'tadi? Bu poyezd haydovchisining yonidan qarama-qarshi yo'nalishda 10 m/s tezlik bilan kelayotgan 300 m uzunlikli poyezd qancha vaqtda o'tadi?

29. Daryoning oqizib ketish masofasi 30 m dan ko'p bo'lmasligi uchun suzuvchi 40 m kenglikli daryoni qanday minimal tezlik bilan suzib o'tishi kerak? Bu tezlikning yo'nalishi oqim yo'nalishi bilan qanday burchak tashkil etadi? Daryo oqimining tezligi 2,0 m/s.

30. 1100 kg massali aerostat pastga tekis tushmoqda. Unga ta'sir qilayotgan Arximed kuchi 9800 N. Aerostat o'sha tezlik bilan yuqoriga tekis ko'tarilishi uchun undan qanday massali yukni tashlab yuborish kerak? Havoning qarshilik kuchini ko'tarilishda va tushishda bir xil deb hisoblang.

II bob. MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

Asosiy formulalar

1. Modda massasi m , undagi molekularlar soni N , modda miqdori (mollar soni) ν , molyar massa (1 mol moddanning massasi) μ , molekula massasi m_0 va Avogadro soni $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ orasidagi munosabatlar:

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}; \quad N = \nu N_A = \frac{m}{m_0}; \quad \mu = \frac{m}{\nu} = m_0 N_A;$$

$$m = \nu \mu = m_0 N; \quad m_0 = \frac{\mu}{N_A} = \frac{m}{N}; \quad N_A = \frac{N}{\nu} = \frac{\mu}{m_0}.$$

2. Zarrachalar konsentratsiyasi — hajm birligidagi zarrachalar soni:

$$n = N / V,$$

bu yerda V — modda egallagan hajm.

3. Molekular-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \overline{v^2} = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \overline{E};$$

$$pV = \frac{1}{3} m \overline{v^2},$$

bu yerda: p , ρ , m va V — gazning bosimi, zichligi, massasi va hajmi, $\overline{v^2}$ — molekular tezligi kvadratining o'rtacha qiymati, $\overline{E} = m \overline{v^2} / 2$ — molekular ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi.

4. Absolut harorat T (Kelvin shkalasi bo'yicha o'lchangan) va Selsiy shkalasi bo'yicha o'lchangan harorat t orasidagi bog'lanish:

$$T = t + 273,15; \quad t = T - 273,15.$$

5. Ideal gaz molekularining o'rtacha arifmetik tezligi v_{or} , o'rtacha kvadratik tezligi v_{kv} va ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi:

$$v_{or} \equiv \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}};$$

$$v_{kv} \equiv \sqrt{\overline{v^2}} \equiv \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}};$$

$$\overline{E} = \frac{3}{2} kT;$$

bu yerda: $R = 8,3144 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ — universal gaz doimiysi, $k = R/N_A = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ — Bolsman doimiysi.

6. Ideal gazning absolut harorati, molekularining konsentratsiyasi va bosimi orasidagi bog'lanish:

$$p = nkT.$$

7. Shtern tajribasida polosaning siljish masofasi:

$$s = 2\pi n(R - r)R / v,$$

bu yerda: n — asbobning aylanish chastotasi, R va r — tashqi va ichki silindrlarning radiuslari, v — atomlarning tezligi.

8. Dalton qonuni: o'zaro reaksiyaga kirishmaydigan gazlar aralashmasining bosimi gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng:

$$p = \sum_{i=1}^N p_i = p_1 + p_2 + \dots + p_N.$$

9. Ideal gaz holatining tenglamasi (Mendeleyev — Klapayron tenglamasi):

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad \text{yoki} \quad pV = \nu RT.$$

Bu tenglamani muayyan gaz massasi uchun $\frac{pV}{T} = \text{const}$ ko'rishda ham yozish mumkin.

10. Muayyan gaz massasi ($m = \text{const}$) uchun izotermik ($T = \text{const}$) jarayonda Boyle—Mariott qonuni o'rinalidir:

$$pV = \text{const}.$$

11. Muayyan gaz massasi ($m = \text{const}$) uchun izobarik ($p = \text{const}$) jarayonda Gey-Lyussak qonuni o'rinalidir:

$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{yoki} \quad V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273,15} \right) = V_0 \frac{T}{273,15},$$

bu yerda V_0 — gazning $t = 0^\circ\text{C}$ yoki $T = 273,15$ K haroratdagi hajmi.

12. Muayyan gaz massasi ($m = \text{const}$) uchun izoxorik ($V = \text{const}$) jarayonda Sharl qonuni o'rinalidir:

$$\frac{p}{V} = \text{const} \quad \text{yoki} \quad p = p_0 \left(1 + \frac{t}{273,15} \right) = p_0 \frac{T}{273,15},$$

bu yerda: p_0 — gazning $t = 0^\circ\text{C}$ yoki $T = 273,15$ K haroratdagi bosimi.

13. Bir atomli gazning ichki energiyasi:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} kTN.$$

14. Bir atomli gazning harorati ΔT ga o'zgarganda uning ichki energiyasining o'zgarishi:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{3}{2} kN \Delta T.$$

15. Jismning issiqlik sig'imi, C_j , uning moddasining solishtirma issiqlik sig'imi c va molyar issiqlik sig'imi C orasidagi bog'lanish:

$$C_j = cm = \nu C; \quad C = c\mu; \quad c = \frac{C}{\mu} = \frac{C_j}{m}.$$

16. Solishtirma issiqlik sig'imi c bo'lgan m massali moddaning haroratini T_1 dan T_2 gacha o'zgartirish uchun talab qilinadigan issiqlik miqdori:

$$Q = cm(T_2 - T_1) = C_1(T_2 - T_1) = cm\Delta T.$$

17. Massasi m bo'lgan suyuqlikni bug'ga aylantirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdori:

$$Q_b = rm,$$

bu yerda r — suyuqlikning bug'lanish solishtirma issiqligi. m massali bug' kondensatsiyalanganida ham xuddi shuncha issiqlik ajralib chiqadi.

18. m massali kristall moddani eritish uchun zarur bo'ladigan issiqlik miqdori:

$$Q_e = \lambda m,$$

bu yerda λ — moddaning solishtirma erish issiqligi. m massali suyuq modda kristallanganida ham xuddi shuncha issiqlik ajralib chiqadi.

19. m massali yoqilg'ining to'la yonishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori:

$$Q_{yon} = qm,$$

bu yerda q — yoqilg'ining solishtirma yonish issiqligi.

20. Issiqlik balansi tenglamasi — issiqlik jarayonlari uchun energiyaning saqlanish qonuni:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0,$$

bu yerda $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$ — jismlar bergan yoki olgan issiqlik miqdorlari. Jismlar bergan issiqlik miqdorlari (masalan, bug' kondensatsiyalanganda, suyuqlik kristallanganda) manfiy ishora bilan olinadi. Bu tenglama issiqlik jihatidan izolatsiyalangan jismlar sistemasi uchun tashqi kuchlarning ishi nolga teng bo'lganda bajariladi.

21. Termodinamikaning 1- qonuni:

$$\Delta U = Q + A'; \quad \Delta U = Q - A; \quad Q = \Delta U + A; \quad A = -A',$$

bu yerda: Q — sistemaga berilgan issiqlik miqdori, A' — tashqi kuchlarning sistema ustida bajargan ishi, A — termodinamik sistemaning tashqi jismlar ustida bajargan ishi, ΔU — sistema ichki energiyasining o'zgarishi.

22. Gazning hajmi V_1 dan V_2 gacha o'zgarganda bajaradigan ishi:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV.$$

23. Izoxorik jarayonda gazning bajaradigan ishi va ichki energiyasining o'zgarishi:

$$A = 0; \quad \Delta U = Q.$$

24. Izobarik jarayonda gazning bajaradigan ishi va ichki energiyasining o'zgarishi:

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V = \nu R\Delta T = \frac{m}{\mu} R\Delta T; \quad \Delta U = Q - A.$$

25. Izotermik jarayonda gazning bajaradigan ishi va ichki energiyasining o'zgarishi:

$$A = Q; \quad A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{p_1}{p_2}; \quad \Delta U = 0.$$

26. Adiabatik jarayonda gaz ichki energiyasining o'zgarishi va bir atomli gazning bajaradigan ishi:

$$\Delta U = -A; \quad A = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R(T_1 - T_2) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_2).$$

27. Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti (FIK):

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

bu yerda: A — dvigatel bajargan foydali ish, Q_1 — isitgichdan olingan issiqlik miqdori, Q_2 — sovitgichga berilgan issiqlik miqdori.

28. Issiqlik mashinasining maksimal FIK:

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

bu yerda: T_1 — isitgichning harorati, T_2 — sovitgichning harorati. Bu formula Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasi uchun o'rinli. Real issiqlik mashinasi uchun

$$\eta \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

29. Havoning nisbiy namligi:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\% = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%,$$

bu yerda: p va ρ — suv bug‘ining berilgan haroratdagi bosimi va zichligi (absolut namlik), p_0 va ρ_0 — shu haroratdagi to‘yingan bug‘ning bosimi va zichligi.

30. Sirt taranglik koeffitsiyenti:

$$\sigma = \frac{F}{l},$$

bu yerda F — suyuqlik sirtida olingan l uzunlikli konturga tik yo‘nalishda suyuqlik sirti bo‘ylab ta’sir etuvchi kuch — sirt taranglik kuchi.

31. Kapillar nayda suyuqlikning ko‘tarilish balandligi:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r\rho g},$$

bu yerda: r — kapillarning radiusi, ρ — suyuqlikning zichligi, g — erkin tushish tezlanishi, θ — chegaraviy burchak.

32. Suyuqlik sirtining egrilanishi natijasida yuzaga keladigan qo‘shimcha bosim:

$$p_c = \frac{2\sigma}{r},$$

bu yerda r — suyuqlikning sferik sirti radiusi. Sfera markazi suyuqlik ichida yotsa, $r > 0$, suyuqlikdan tashqarida yotsa, $r < 0$.

Havodagi sferik sovun pufagi ichidagi qo‘shimcha bosim (sovun pufagining sirti ikkita bo‘lgani uchun):

$$p = \frac{4\sigma}{r}.$$

33. Suyuqlikning sirt energiyasi: $W = \sigma \cdot S$,

bu yerda S — suyuqlik erkin sirtining yuzi.

34. Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishi:

$$l_t = l_0(1 + \alpha t); \quad V_t = V_0(1 + \beta t),$$

bu yerda: l_t va V_t — qattiq jismning t haroratdagi, l_0 va V_0 — esa $t_0 = 0^\circ\text{C}$ haroratdagi chiziqli o‘lchamlari va hajmlari, α — chiziqli kengayishning termik koeffitsiyenti, β — hajmiy kengayishning termik koeffitsiyenti.

35. Chiziqli va hajmiy kengayishlarning termik koeffitsiyentlari orasidagi bog‘lanish. Izotrop jismlar uchun:

$$\beta = 3\alpha.$$

36. Sterjen uchun Guk qonuni:

$$\epsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0} = \frac{\sigma}{E}; \quad F = \frac{ES}{l_0} |\Delta l|,$$

bu yerda: ε — sterjenning nisbiy uzayishi, $\Delta l = l - l_0$ — sterjenning absolut uzayishi, E — sterjen moddasining elastiklik moduli, $\sigma = \frac{F}{S}$ — mexanik kuchlanish, F — sterjenni cho'zayotgan kuch, S — sterjenning ko'ndalang kesim yuzi.

Masala yechish namunalari

1. Suv tomchisining massasi 10^{-10} g. U nechta molekuladan tashkil topgan?

Berilgan:	Yechilishi
$m = 10^{-10}$ g, $\mu = 18$ g/mol. $N = ?$	Molekulalar soni N ni 1 moldagi molekulalar soni $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ molni (ya'ni Avogadro sonini) tomchidagi modda miqdori (mollar soni) $\nu = m/\mu$ ga ko'paytirib topish mumkin:

$$N = \nu N_A = \frac{m}{\mu} N_A = \frac{10^{-10}}{18} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \approx 3,3 \cdot 10^{12}.$$

Javob: tomchi $\sim 3,3 \cdot 10^{12}$ ta molekuladan tashkil topgan.

2. Agar kislorod molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi 400 m/s va konsentratsiyasi $2,7 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ bo'lsa, kislorodning idish devorlariga beradigan bosimini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$v_{kv} = 400$ m/s, $n = 2,7 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$, $\mu = 0,032$ kg/mol. $p = ?$	Molekular-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasiga binoan: $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}, \quad (1)$

bu yerda: $\overline{v^2} = v_{kv}^2$ — tezlik kvadratining o'rtacha qiymati, $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$ — kislorod molekulasining massasi. m_0 ning bu ifodasini (1) formulaga qo'yib, bosimni topamiz:

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{1}{3} \frac{\mu}{N_A} n v_{kv}^2 = \frac{0,032 \cdot 2,7 \cdot 10^{25} \cdot 400^2}{3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}} \text{ Pa} = \\
 &= 7,65 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 76,5 \text{ kPa}.
 \end{aligned}$$

Javob: $p = 76,5 \text{ kPa}$.

3. Ideal gazning harorati 87°C va konsentratsiyasi $1,0 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}$ bo'lsa, shu gazning bosimini va molekullari ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$T = (87 + 273) \text{ K} = 360 \text{ K},$ $n = 1,0 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}.$	Gaz molekullari xaotik ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi gazning absolut haroratiga to'g'ri proporsional:
$p = ? \quad \bar{E} = ?$	$\bar{E} = \frac{3}{2} kT,$

bu yerda $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ — Bolsman doimiysi. Demak,

$$\bar{E} = \frac{3}{2} 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 360 \text{ J} \approx 7,45 \cdot 10^{-21} \text{ J}.$$

Gazning bosimi molekular konsentratsiyasiga va haroratga to'g'ri proporsional:

$$p = nkT = 1,0 \cdot 10^{12} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 360 \text{ Pa} = 4,97 \cdot 10^{-9} \text{ Pa} \approx 5,0 \text{ nPa}.$$

Bosimning bu qiymatini molekular-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi $p = \frac{2}{3} n\bar{E}$ dan foydalanib topsa ham bo'lar edi.

$$\text{Javob: } p = 5,0 \text{ nPa; } \bar{E} = 7,45 \cdot 10^{-21} \text{ J}.$$

4. Shtern tajribasida atomlarning o'rtacha tezligi 300 m/s va asbobning aylanish chastotasi 20 ayl/s bo'lsa, metall polosaning siljishini toping. Katta silindrning radiusi 10 sm , kichik silindrning radiusini e'tiborga olmang.

Berilgan:	Yechilishi
$v = 300 \text{ m/s},$ $n = 20 \text{ ayl/s},$ $R = 0,10 \text{ m},$ $r = 0.$	Shtern tajribasida polosaning siljish masofasi:
$s = ?$	$s = 2\pi n(R - r)R / v$
	formuladan topiladi. Bu formulada $r = 0$ ekanini hisobga olib va son qiymatlarni qo'yib, quyidagini topamiz:

$$s = \frac{2\pi n R^2}{v} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 0,10^2}{300} \text{ m} = 4,19 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx 4,2 \text{ mm}.$$

$$\text{Javob: } s = 4,2 \text{ mm}.$$

5. Idishdagi gazning harorati 127°C va bosimi 200 kPa edi. Gazning yarmi idishdan chiqarilib yuborilgandan so'ng harorati 50°C pasaygan bo'lsa, bosimi qancha bo'lgan?

Berilgan:	Yechilishi
$T_1 = (127+273)\text{ K} = 400\text{ K},$ $p_1 = 200\text{ kPa},$ $\Delta T = -50\text{ K},$ $m_2 = m_1/2.$	Mendeleyev—Klapeyron tenglamasini gazning boshlang'ich va oxirgi holatlariga qo'llaymiz:
$p_2 = ?$	$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} R T_1; p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} R T_2.$

Bu tenglamalardan ikkinchisini birinchisiga hadma-had bo'lib, quyidagi tenglamaga kelimiz:

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{m_2 T_2}{m_1 T_1}.$$

Bundan: $V_1 = V_2$, $m_2/m_1 = 1/2$ va $T_2 = T_1 + \Delta T$ ekanini hisobga olgan holda

$$p_2 = p_1 \frac{T_1 + \Delta T}{2 T_1}$$

ifodani topamiz. Demak,

$$p_2 = 200 \cdot \frac{400-50}{2 \cdot 400} \text{ kPa} = 87,5 \text{ kPa}.$$

Javob: gazning bosimi $p_2 = 87,5\text{ kPa}$ gacha pasaygan.

6. Gaz aralashmasi 32 g kislorod (molyar massasi 32 g/mol) va 22 g karbonat angidrid (molyar massasi 44 g/mol) gazidan iborat. Shu aralashmaning normal sharoitdagi zichligini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$m_1 = 32\text{ g},$ $\mu_1 = 32\text{ g/mol},$ $m_2 = 22\text{ g},$ $\mu_2 = 44\text{ g/mol},$ $T = 273\text{ K},$ $p = 101,3\text{ kPa}.$	Zichlikning ta'rifiga ko'ra:
$\rho = ?$	$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$
	bu yerda: $m = m_1 + m_2$ — gaz aralashmasining massasi, V — hajmi. Dalton qonuniga binoan, gaz aralashmasining bosimi unga kirgan gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng:
	$p = p_1 + p_2. \quad (2)$

Parsial bosimlarni gaz holati tenglamasi (Mendeleyev—Klapeyron tenglamasi) dan foydalanib topish mumkin:

$$p_1 = \frac{m_1}{\mu_1} \frac{RT}{V}; \quad p_2 = \frac{m_2}{\mu_2} \frac{RT}{V}. \quad (3)$$

(3) ifodalarni (2) formulaga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$p = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) \frac{RT}{V}.$$

Bundan:

$$V = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) \frac{RT}{p}.$$

Bu ifodani (1) ga qo'yib, aralashmaning zichligini topamiz:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}} \frac{p}{RT} = \frac{(32+22) \cdot 10^{-3}}{\frac{32}{32} + \frac{22}{44}} \cdot \frac{101,3 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 273} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,61 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

$$\text{Javob: } \rho = 1,61 \text{ kg/m}^3.$$

7. 2900 l suvni qozonda isitish uchun 42 kg toshko'mir yoqilgan. Agar suvning boshlang'ich harorati 10°C va qozonning FIK 60 % bo'lsa, suv necha gradusgacha isigan? Toshko'mirning solishtirma yonish issiqligi 29 MJ/kg. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi 4,2 kJ/(kg·K).

Berilgan: $V = 2900 \text{ l} = 2,9 \text{ m}^3,$ $m = 42 \text{ kg},$ $t_1 = 10^\circ\text{C},$ $\eta = 0,60,$ $q = 29 \cdot 10^6 \text{ J/kg},$ $c = 4,2 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}.$ $t_2 = ?$	Yechilishi FIK ning ta'rifiga ko'ra: $\eta = Q_r / Q_s, \quad (1)$ bu yerda: $Q_s = qm$ — ko'mir yonganida ajralib chiqqan issiqlik miqdori, $Q_r = cM(t_2 - t_1)$ — suvni isitishga sarflangan foydali issiqlik miqdori, $M = \rho V$ — suvning massasi. (1) dan:
--	--

$$Q_r = \eta Q_s \quad \text{yoki} \quad c\rho V(t_2 - t_1) = \eta qm. \quad (2)$$

(2) ni t_2 ga nisbatan yechib va $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ekanini hisobga olib, quyidagini topamiz:

$$t_2 = t_1 + \frac{\eta qm}{c\rho V} = \left(10 + \frac{0,6 \cdot 29 \cdot 10^6 \cdot 42}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 2,9} \right) ^\circ\text{C} = (10 + 60) ^\circ\text{C} = 70^\circ\text{C}.$$

Javob: suv $t_2 = 70^\circ\text{C}$ haroratgacha isigan.

8. Haroratlari 50 va 0°C bo'lgan ikki miqdor suv aralashtirilganida yakuniy harorat 20°C bo'lishi uchun suvlarning massalari qanday nisbatda olinishi kerak?

Berilgan:	Yechilishi
$t_1 = 50^\circ\text{C},$ $t_2 = 0^\circ\text{C},$ $\theta = 20^\circ\text{C}.$	Issiqlik balansi tenglamasiga ko'ra: $Q_1 + Q_2 = 0, \quad (1)$
$m_1: m_2 = ?$	bu yerda: $Q_1 = cm_1(\theta - t_1)$ — birinchi miqdor suvning issiqlik almashuvi vaqtida olgan issiqlik miqdori ($Q_1 < 0$ ekanligi aslida issiqlik olinmagan, balki berilganligini bildiradi). $Q_2 = cm_2(\theta - t_2)$ — ikkinchi miqdor suvning issiqlik almashuvi vaqtida olgan issiqlik miqdori.

Q_1 va Q_2 larning ifodalarini (1) tenglamaga qo'yib, quyidagi tenglamaga kelamiz:

$$cm_2(\theta - t_2) = cm_1(t_1 - \theta).$$

Bundan:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\theta - t_2}{t_1 - \theta} = \frac{20 - 0}{50 - 20} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3}.$$

Javob: suvlarning massalari $m_1:m_2 = 2:3$ nisbatda olinishi kerak.

9. Bosimi 8,0 MPa bo'lgan gaz izobarik kengayib, hajmi 0,50 m³ ga ortdi. Bunda gazga 6,0 MJ issiqlik miqdori berilgan bo'lsa, gazning bajargan ishini va uning ichki energiyasining o'zgarishini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$p = 8,0 \text{ MPa},$ $\Delta V = 0,50 \text{ m}^3,$ $Q = 6,0 \text{ MJ}.$	Gazning izobarik kengayishda bajargan ishi: $A = p\Delta V = 8,0 \cdot 0,50 \text{ MJ} = 4,0 \text{ MJ}.$
$A = ? \Delta U = ?$	Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra gaz ichki energiyasining o'zgarishi: $\Delta U = Q - A = (6,0 - 4,0) \text{ MJ} = 2,0 \text{ MJ}.$

Javob: gaz $A = 4,0 \text{ MJ}$ ish bajargan, uning ichki energiyasi $\Delta U = 2,0 \text{ MJ}$ ortgan.

10. 1 mol ideal gaz 1 K ga izobarik isitilganda bajargan ishini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$\Delta T = 1 \text{ K},$ $\nu = 1 \text{ mol},$ $p = \text{const}.$	Izobarik kengayishda ideal gazning bajargan ishi: $A = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1 \quad (1)$
$A = ?$	

ifodadan topiladi. Gaz holati tenglamasiga ko'ra

$$pV_1 = \nu RT_1; \quad pV_2 = \nu RT_2.$$

Demak, $A = \nu RT_2 - \nu RT_1 = \nu R(T_2 - T_1) = \nu R \Delta T$. Bu ifodaga $\nu = 1$ mol, $\Delta T = 1$ K qiymatlarni qo'yib, bu holda bajarilgan ish son jihatidan universal gaz doimiysiga teng bo'lishini topamiz.

Javob: $A = 8,31$ J.

✓ 11. Ideal issiqlik dvigateli isitgichining harorati 150°C , sovitgichiniki esa 20°C . Agar ishchi jism isitgichdan 100 kJ issiqlik miqdori olgan bo'lsa, shu dvigatelnig bajarilgan ishini toping.

Berilgan:

$$\begin{aligned} T_1 &= (273+150)\text{K} = 423 \text{ K}, \\ T_2 &= (273+20)\text{K} = 293 \text{ K}, \\ Q &= 100 \text{ kJ}. \end{aligned}$$

$A = ?$

Yechilishi

Ideal issiqlik mashinasining

$$\text{FIK } \eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

ifodadan topiladi. Bundan:

$$A = Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 100 \frac{423 - 293}{423} \text{ kJ} = 30,7 \text{ kJ}.$$

Javob: $A = 30,7$ kJ.

12. 30°C haroratda havoning nisbiy namligi 60% . Havoning absolut namligini toping. Bu haroratda to'yingan bug'ning zichligi $30,3 \text{ g/m}^3$.

Berilgan:

$$\begin{aligned} \varphi &= 60 \%, \\ \rho_0 &= 30,3 \text{ g/m}^3. \end{aligned}$$

$\rho = ?$

Yechilishi

Nisbiy namlikning ta'rifiga ko'ra

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

bu yerda ρ — havoning absolut namligi (havodagi suv bug'ining zichligi). (1) dan:

$$\rho = \frac{\varphi \rho_0}{100} = \frac{60 \cdot 30,3}{100} \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 18,2 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}.$$

Javob: havoning absolut namligi $\rho = 18,2 \text{ g/m}^3$.

13. Sovun pufagini puflab diametrini 6 dan 12 sm ga yetkazish uchun qancha ish bajarish kerak? Sovun pufagi vakuumda

puflanyapti deb hisoblang. Sovunli suvning sirt taranglik koeffitsiyenti 40 mN/m.

Berilgan:	Yechilishi
$D_1 = 6 \text{ sm} = 0,06 \text{ m},$ $D_2 = 12 \text{ sm} = 0,12 \text{ m},$ $\sigma = 40 \text{ mH/m} = 0,040 \text{ N/m}.$	Sovun pufagini hosil qilishda bajarilgan ish pufakning sirt energiyasini oshirishga sarflanadi:
$A = ?$	

$$A = W_2 - W_1,$$

bu yerda: $W_1 = \sigma S_1$ va $W_2 = \sigma S_2$ — sovun pufagining boshlang'ich va oxirgi sirt energiyalari, σ — sovunli suvning sirt taranglik koeffitsiyenti. Sovun pufagining sirti ikkita bo'lgani uchun (ichki va tashqi sirtlar) $S_1 = 2 \cdot 4\pi R_1^2 = 2\pi D_1^2$ va $S_2 = 2\pi D_2^2$. Demak,

$$A = \sigma(S_2 - S_1) = 2\pi\sigma(D_2^2 - D_1^2) = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 \times \\ \times 10^{-3} (0,12^2 - 0,06^2) \text{ J} = 2,71 \cdot 10^{-3} \text{ J} \approx 2,7 \text{ mJ}.$$

Javob: $A \approx 2,7 \text{ mJ}$ ish bajarish kerak.

14. Ko'ndalang kesim yuzi 10 mm^2 bo'lgan po'lat simni $1,0^\circ\text{C}$ ga isitganda qanchaga uzaysa, shunchaga uzaytirish uchun bu simni qanday kuch bilan cho'zish kerak? Po'latning elastiklik moduli $2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$, chiziqli kengayishining termik koeffitsiyenti $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Berilgan:	Yechilishi
$S = 10 \text{ mm}^2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2,$ $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa},$ $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1},$ $\Delta t = 1,0^\circ\text{C}.$	Qattiq jism isitilganda uning uzayishi
$F = ?$	$\Delta l = \alpha l_0 \Delta t \quad (1)$
	formuladan aniqlanadi, bu yerda l_0 — jismning $t = 0^\circ\text{C}$ haroratdagi

uzunligi. Chiziqli kengayishning termik koeffitsiyenti kichik miqdor bo'lgani uchun jismning boshlang'ich ($t \neq 0^\circ\text{C}$) va $t = 0^\circ\text{C}$ haroratlardagi uzunliklari farqi juda kichik bo'ladi. Shuning uchun bu farqni e'tiborga olmay, l_0 sifatida jismning boshlang'ich uzunligini olish mumkin.

(1) dan isitilishdagi nisbiy uzayish uchun quyidagi ifodani topamiz:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \Delta t. \quad (2)$$

Cho'zishdagi nisbiy uzayish esa sterjen uchun Guk qonuni

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (3)$$

dan aniqlanadi, bu yerda $\sigma = \frac{F}{S}$ — sterjenning (simning) mexanik kuchlanishi. σ ning ifodasini hisobga olgan holda, (2) va (3) ifodalarni o'zaro tenglab, quyidagi tenglamaga kelimiz:

$$\alpha \Delta T = \frac{F}{SE}.$$

Bundan:

$$F = \alpha SE \Delta T = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,0 \text{ N} = 25,2 \text{ N}.$$

Javob: $F = 25,2 \text{ N}$ kuch bilan cho'zish kerak.

15. O'lchamlari $60 \times 20 \times 5,0 \text{ sm}^3$ bo'lgan po'lat taxtani qizdirish uchun 1680 kJ issiqlik sarflangan. Po'lat taxtaning hajmi qanchaga o'zgargan? Po'latning zichligi 7800 kg/m^3 , solishtirma issiqlik sig'imi $460 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$, chiziqli kengayishining termik koeffitsiyenti $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Berilgan:	Yechilishi
$V_0 = 60 \times 20 \times 5,0 \text{ sm}^3 =$ $= 6000 \text{ sm}^3 = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3,$ $Q = 1680 \text{ kJ} =$ $= 1,68 \cdot 10^6 \text{ J},$ $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3,$ $c = 460 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)},$ $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}.$	Qattiq jism qizdirilganda uning hajmining o'zgarishi $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$ formuladan aniqlanadi, bu yerda V_0 — jismning $t = 0^\circ \text{C}$ haroratdagi hajmi. Hajmiy kengayishning termik koeffitsiyenti kichik miqdor bo'lgani uchun
$\Delta V = ?$ jismning boshlang'ich ($t \neq 0^\circ \text{C}$) va $t = 0^\circ \text{C}$ haroratlardagi hajmlari farqini e'tiborga olmasa ham bo'ladi va V_0 sifatida boshlang'ich hajmni olish mumkin. Hajmiy kengayishning termik koeffitsiyenti β bilan chiziqli kengayishning termik koeffitsiyenti α orasidagi munosabat $\beta \approx 3\alpha$ ni e'tiborga olgan holda ΔV uchun	

$$\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T \quad (1)$$

formulaga kelimiz. Harorat orttirmasi ΔT

$$Q = cm \Delta T$$

tenglamadan aniqlanadi, bu yerda $m = \rho V_0$ — po'lat taxtaning massasi:

$$\Delta T = \frac{Q}{cm} = \frac{Q}{c\rho V_0}. \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yib, hajm orttirmasi uchun quyidagini olamiz:

$$\Delta V = \frac{3\alpha Q}{c\rho} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 1,68 \cdot 10^6}{460 \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 1,69 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \approx 16,9 \text{ sm}^3$$

Bu javob to'g'ri bo'lishi uchun po'lat taxta erib ketmagan bo'lishi kerak. Bunga ishonch hosil qilish uchun ΔT ni hisoblaymiz:

$$\Delta T = \frac{Q}{c\rho V_0} = \frac{1,68 \cdot 10^6}{460 \cdot 7,8 \cdot 10^3 \cdot 6,0 \cdot 10^{-1}} \quad \text{K} = 78 \text{ K}.$$

Demak, haroratning ortishi ΔT erish harorati ($\sim 1400^\circ\text{C}$) dan ancha kichik, ya'ni po'lat taxta erib ketmaydi.

Javob: po'lat taxtaning hajmi $\Delta V = 16,9 \text{ sm}^3$ ga ortgan.

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

II.1. Birinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Massasi $m = 135 \text{ g}$ bo'lgan aluminiy jismda qancha atom borligini toping. Aluminiyning molyar massasi $\mu = 27 \text{ g/mol}$.

2. Stakandagi $m = 100 \text{ g}$ massali suv $t = 10$ sutkada butunlay bug'lanib ketsa, har sekundda suv yuzidan o'rta hisobda nechta molekula uchib chiqadi? Suvning molyar massasi $\mu = 18 \text{ g/mol}$.

3. Agar $v = 10 \text{ mol}$ suvning hajmi $V = 180 \text{ sm}^3$ bo'lsa, bitta suv molekulasi hajmini toping.

4. Agar molekularining o'rtacha kvadratik tezligi $v_{kv} = 500 \text{ m/s}$, zichligi esa $\rho = 1,35 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, azot gazining bosimi p qancha?

5. Sig'imi $V = 20 \text{ l}$ bo'lgan ballondagi $m = 2,0 \text{ kg}$ massali havoning $t = -13^\circ\text{C}$ haroratdagi bosimi qancha? Havoning molyar massasi 29 g/mol .

6. Gaz $p = 200 \text{ kPa}$ bosimda va $t = 15^\circ\text{C}$ haroratda $V = 5,0 \text{ l}$ hajmga ega. Normal sharoitda shunday massali gazning hajmi qanday bo'ladi?

7. Vodorod molekulasi massasi $m_0 = 3,3 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Vodorodni ideal gaz deb hisoblab, uning bosimini toping. Molekularining konsentratsiyasi $n = 10^{25} \text{ m}^{-3}$, o'rtacha kvadratik tezligi esa $v_{kv} = 700 \text{ m/s}$.

8. $t = 20^\circ\text{C}$ haroratli havoning hajmi $n = 2$ marta ortishi uchun uni izobarik ravishda necha gradusga qizdirish kerak?

9. Harorati $t = 27^\circ\text{C}$ va bosimi $p = 49\text{ kPa}$ bo'lgan azotning massa birligiga to'g'ri keladigan hajmini, ya'ni solishtirma hajmini aniqlang. Azotning molyar massasi $\mu = 28\text{ g/mol}$.

10. Agar gazning bosimi $p = 200\text{ kPa}$, molekularining konsentratsiyasi $n = 3,0 \cdot 10^{26}\text{ m}^{-3}$ bo'lsa, gaz molekulari ilgarilanma harakat kinetik energiyasining o'rtacha qiymatini toping.

11. Agar idishdagi gaz molekularining soni $N = 2,0 \cdot 10^{27}$, gazning bosimi $p = 276\text{ kPa}$, harorati esa $t = 27^\circ\text{C}$ bo'lsa, shu idishning hajmini toping.

12. Qanday haroratda $m = 20\text{ kg}$ massali argonning ichki energiyasi $U = 1,25\text{ MJ}$ bo'ladi? Argonning molyar massasi $\mu = 40\text{ g/mol}$.

13. $p = 100\text{ kPa}$ bosimda hajmi $V = 60\text{ m}^3$ bo'lgan aerostatni to'ldirgan geliyning ichki energiyasini toping.

14. Harorati ΔT ga izobarik ko'tarilganda, ν mol gaz qancha ish bajaradi?

15. $t_1 = 15^\circ\text{C}$ haroratli $m_1 = 1,50\text{ kg}$ suvi bo'lgan idishga $t_2 = 100^\circ\text{C}$ haroratli $m_2 = 0,50\text{ kg}$ suv solinadi. Idishning issiqlik olishini hisobga olmagan holda, idishdagi suvning oxirgi haroratini toping.

16. $p = 110\text{ kW}$ quvvat bilan ishlaganda $t = 1,0$ soatda $m = 28\text{ kg}$ dizel yonilg'isi sarflaydigan traktor dvigatelining FIK ni toping. Dizel yonilg'isining solishtirma yonish issiqligi $Q = 42\text{ MJ/kg}$.

17. Sovitgichining harorati $T_2 = 300\text{ K}$ bo'lgan issiqlik mashinasining maksimal FIK 80% ($\eta = 0,80$) bo'lishi uchun uning isitgichi qanday T_1 haroratga ega bo'lishi kerak?

18. Issiqlik mashinasi isitgichdan $Q_1 = 800\text{ J}$ issiqlik olib, sovitgichga $Q_2 = 600\text{ J}$ issiqlik beradi. Mashinaning FIK ni aniqlang.

19. $t_1 = 0^\circ\text{C}$ da efir to'yingan bug'ining bosimi $p_1 = 24,7\text{ kPa}$, $t_2 = 40^\circ\text{C}$ da esa $p_2 = 123\text{ kPa}$. To'yingan bug'ning bu haroratlardagi zichliklarini taqqoslang.

20. Tomizg'ich bo'yin teshigining diametri $d = 1,2\text{ mm}$. Tomizg'ichdan oqib chiqayotgan suv tomchisining uzilish paytidagi massasi qancha? Suvning sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 73\text{ mN/m}$.

24. Uzunligi $l = 5,0\text{ m}$, ko'ndalang kesimi $S = 100\text{ sm}^2$ bo'lgan xoda uchlariga $F = 10\text{ kN}$ dan kuch qo'yilganda, u $\Delta l = 1,0\text{ sm}$ ga siqildi. Mexanik kuchlanish σ ni va shu xoda materiali uchun elastiklik moduli E ni toping.

II.2. Ikkinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Vodorod molekulasining diametri $d = 0,23\text{ nm}$ deb, $m = 1,0\text{ mg}$ shu gazdagi barcha molekular bir-biriga zich qilib bir

qatorga terilsa, qanday uzunlikdagi ip hosil bo'lishini toping. Vodorodning molyar massasi $\mu = 2,0$ g/mol.

2. $m = 6,0$ kg massali gaz $p = 200$ kPa bosimda $V = 5,0$ m³ hajmni egallasa, uning molekulari harakatining o'rtacha kvadratik tezligi qancha bo'ladi?

3. Havoda muallaq turgan $m_0 = 1,74 \cdot 10^{-12}$ kg massali chang zarrachasining o'rtacha kvadratik tezligi havo molekularining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik ekanini toping. Havoning molyar massasi $\mu = 29$ g/mol.

4. Neon lampa ballonidagi neonning zichligi $\rho = 50$ g/m³, bosimi esa $p = 5,0$ kPa bo'lsa, neonning haroratini toping. Neonning molyar massasi $\mu = 20$ g/mol.

5. Harorati $T_1 = 450$ K bo'lgan $m = 10$ g massali gazning dastlabki hajmi $V_1 = 3,0$ l bo'lgan. Qanday haroratda berilgan massali gazning zichligi $\rho_2 = 5,0$ kg/m³ bo'ladi? Gazning bosimi o'zgaras.

6. $t_1 = -13^\circ\text{C}$ haroratda avtomobil kameradagi havoning bosimi atmosfera bosimi ($p_0 = 100$ kPa) dan $\Delta p = 160$ kPa ga ortiq edi. Avtomobil uzoq vaqt harakatlanishi natijasida kameradagi havo $t_2 = 37^\circ\text{C}$ gacha isidi. Shunda kameradagi havoning bosimi p_2 qancha bo'lgan?

7. Odam bir sutkada $m = 1,0$ kg kislorod iste'mol qiladi. Normal sharoitda qanday hajmdagi havoda shuncha kislorod bor? Kislorodning molyar massasi $\mu = 32$ g/mol, havodagi parsial bosimi esa $p = 21$ kPa.

8. Ballondagi gazning bir qismi chiqib ketib, uning bosimi $p_1 = 120$ kPa dan $p_2 = 100$ kPa ga, harorati esa $t_1 = 27^\circ\text{C}$ dan $t_2 = -23^\circ\text{C}$ ga tushib qoldi. Ballonda gazning qanday qismi qolgan?

9. Hajmi $V = 110$ l bo'lgan idishda $m_1 = 0,80$ kg vodorod va $m_2 = 1,60$ kg kislorod bor. Agar aralashmaning harorati $t = 27^\circ\text{C}$ bo'lsa, uning bosimi qancha? Vodorodning molyar massasi $\mu_1 = 2,0$ g/mol, kislorodniki esa $\mu_2 = 32$ g/mol.

10. Ichidagi gazning bosimi $p_1 = 400$ kPa bo'lgan $V_1 = 3,0$ l hajmli idish havosi butunlay so'rib olingan $V_2 = 5,0$ l hajmli idish bilan tutashtirilsa, sistemada qanday bosim qaror topadi? Jarayon izotermik.

11. $V = 7,0$ sm³ hajmdagi barcha kislorod molekularining $t = 0^\circ\text{C}$ haroratdagi ilgarilanma harakat kinetik energiyasi topilsin. Molekulalarning konsentratsiyasi $n = 2,7 \cdot 10^{25}$ m⁻³, Bolsman doimiysi $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K.

12. $t = 27^\circ\text{C}$ haroratli vodorod molekularining o'rtacha kvadratik tezligini va shu tezlikdagi bitta molekulaning impulsini toping. Vodorodning molyar massasi $\mu = 2,0$ g/mol.

13. Harorati $t = 20^\circ\text{C}$ va bosimi $p = 100\text{ kPa}$ bo'lgan $V = 1,45\text{ m}^3$ havo suyuq holatga keltirildi. Agar suyuq havoning zichligi $\rho = 860\text{ kg/m}^3$ bo'lsa, u qanday V' hajmni egallaydi. Havoning molyar massasi $\mu = 29\text{ g/mol}$.

14. Berk idishdagi gazni $\Delta T = 140\text{ K}$ ga qizdirilganda uning bosimi $k = 1,5$ marta ortgan bo'lsa, gazning dastlabki harorati qancha bo'lgan?

15. Silindrdagi harorati $t_1 = 17^\circ\text{C}$ bo'lgan $m = 1,6\text{ kg}$ kislorod bor. Gaz izobarik kengayib, $A = 40\text{ kJ}$ ish bajarishi uchun uni qanday t_2 haroratgacha qizdirish kerak? Kislorodning molyar massasi $\mu = 32\text{ g/mol}$.

16. Silindrdagi gazning hajmi $V = 220\text{ l}$, bosimi $p = 400\text{ kPa}$ va harorati $t = 17^\circ\text{C}$. Gaz izobarik kengayib, $A = 40\text{ kJ}$ ish bajarishi uchun gazni necha gradusga qizdirish kerak?

17. Harorati $t = 7^\circ\text{C}$, hajmi $V = 8,0\text{ m}^3$ va bosimi $p = 100\text{ kPa}$ bo'lgan gaz $\Delta T = 70^\circ\text{C}$ ga izobarik qizdirilganda bajaradigan ishi topilsin.

18. $\nu = 400\text{ mol}$ gazni $\Delta T = 500\text{ K}$ ga izobarik qizdirishda unga $Q = 5,82\text{ MJ}$ issiqlik miqdori berilgan. Bunda gaz qancha A ish bajargan va uning ichki energiyasi qanchaga o'rgan?

19. $t_1 = 100^\circ\text{C}$ haroratli bug' suvga aylanib, $t_2 = 90^\circ\text{C}$ gacha soviganda ajralib chiqadigan energiya $Q = 23\text{ MJ}$ ga teng bo'lishi uchun qancha bug' olish kerak? Suvning solishtirma bug'lanish issiqligi $r = 2,26\text{ MJ/kg}$, solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2\text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$.

20. Massasi $M = 2,0\text{ kg}$ bo'lgan cho'yan dazmol gaz o'choqda $t_1 = 20^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 200^\circ\text{C}$ gacha qizdirildi. Gaz yonishida ajralgan barcha issiqlik dazmolga berilgan deb, yoqilgan gaz massasi m topilsin. Gazning solishtirma yonish issiqligi $q = 44\text{ MJ/kg}$, cho'yanning solishtirma issiqlik sig'imi esa $c = 540\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

21. Sirtining yuzi $S = 2,0\text{ m}^2$ bo'lgan ko'lmak suv 273 K haroratda $d = 2,0\text{ mm}$ qalinlikdagi muz bilan qoplangan. Bunda atrof-muhitga qancha Q issiqlik miqdori ajralgan? Muzning zichligi $\rho = 900\text{ kg/m}^3$, solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330\text{ kJ/kg}$.

22. Balandlikdan tushayotgan suvning harorati $\Delta T = 1,5\text{ K}$ ga ko'tarilishi uchun og'irlik kuchi bajargan ishning $\eta = 60\%$ i sarflangan bo'lsa, suv qanday balandlikdan tushgan? Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2\text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$.

23. Ideal issiqlik mashinasi isitgichining harorati $t_1 = 107^\circ\text{C}$, sovitgichiniki esa $t_2 = 12^\circ\text{C}$. Mashina isitgichdan $Q_1 = 60\text{ kJ}$ energiya olgan bo'lsa, mashinaning FIK η ni va uning sovitgichga bergan issiqlik miqdori Q_2 ni toping

24. Massasi $m = 6,4$ g bo'lgan efirdan $N = 980$ tomchi hosil qilish uchun tomizg'ichning diametri qanday bo'lishi kerak? Efirning sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 17$ mN/m.

25. Radiusi $r = 5,0$ sm bo'lgan sovunli suv pufagining sirt energiyasi W nimaga teng? Sovunli suvning sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 40$ mN/m.

26. Uzunligi $l = 2,0$ m va ko'ndalang kesim yuzi $S = 4,0$ mm² bo'lgan aluminiy simga yuk o'silganda uning uzunligi $\Delta l = 1,0$ mm ga ortgan. Agar aluminiyning elastiklik moduli $E = 71$ GPa bo'lsa, simda hosil bo'lgan elastiklik kuchining moduli F topilsin.

27. Agar g'ishtning siqilishdagi mustahkamlik chegarasi $\sigma = 15$ MPa, zichligi $\rho = 1800$ kg/m³ bo'lsa, mustahkamlik chegarasi $K = 6,0$ bo'lishi uchun g'isht devorning eng yuqori balandligi h qancha bo'lishi mumkin?

II.3. Uchinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Sirti $S = 20$ sm² bo'lgan buyumga $h = 1,0$ μ m qalinlikda kumush qatlami qoplandi. Qatlamda qancha kumush atomi bor? Kumushning molyar massasi $\mu = 108$ g/mol, zichligi esa $\rho = 10,5$ g/sm³.

2. Agar Shtern tajribasida asbobning aylanish chastotasi $n = 150$ s⁻¹ bo'lganda kumush molekulasi burchak siljishi $\alpha = 5,4^\circ$ ni tashkil etsa, u holda kumush molekulasi qanday tezlikka ega bo'ladi? Ichki va tashqi silindrlar orasidagi masofa $\Delta R = 2,0$ sm.

3. Normal sharoitda bo'lgan $V_0 = 1,0$ m³ tabiiy gaz yonganda $Q_0 = 36$ MJ issiqlik ajraldi. $p = 110$ kPa bosim va $t = 7^\circ\text{C}$ harorat ostidagi $V = 10$ m³ gaz yonganda qancha Q issiqlik ajraladi?

4. Ideal gazning absolut harorati $k = 2$ marta ortganda uning bosimi $\eta = 25\%$ ortdi. Bunda gazning hajmi necha marta o'zgargan?

5. Hajmi $V = 50,0$ m³ bo'lgan xonadagi havoning qishdagi ($t_1 = 0^\circ\text{C}$) va yozdagi ($t_2 = 40^\circ\text{C}$) massalarining farqi topilsin. Havoning bosimi o'zgarmas va uning $t_1 = 0^\circ\text{C}$ haroratdagi zichligi $\rho_1 = 1,29$ kg/m³.

6. Bir atomli gazning hajmi $k_1 = 3$ marta kamaytirilganda va molekulalarining o'rtacha kinetik energiyasi $k_2 = 2$ marta oshirilganda shu gazning bosimi necha marta o'zgaradi?

7. Sig'imi $V = 10$ l bo'lgan ballonda $t = 27^\circ\text{C}$ haroratli gaz bor. Gaz sizib chiqishi tufayli ballondagi gazning bosimi $\Delta p = 4,2$ kPa pasaydi. Agar harorat o'zgarishsiz saqlangan bo'lsa, ballondan qancha molekula chiqib ketgan? Bolsman doimiysi $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K.

8. Agar havo $\Delta T = 3,0$ K ga isitilganda, uning hajmi dastlabki hajmining $\eta = 1,0$ % i miqdorida ortsa, havoning boshlang'ich harorati T qanday bo'lgan? Jarayon izobarik deb hisoblansin.

9. Jo'mrakli nay bilan tutashtirilgan ikki idishning birida $p_1 = 400$ kPa bosim ostida $V_1 = 1,5$ l kislorod, ikkinchisida esa $p_2 = 250$ kPa bosim ostida $V_2 = 3,0$ l azot gazlari bor. Jo'mrak ochildub yuborilsa, bu idishlardagi bosim qancha bo'ladi? Gazlarning harorati o'zgarmas deb hisoblansin.

10. Qanday T haroratda ideal gaz molekulasini issiqlik harakatining o'rtacha kinetik energiyasi $h = 1,0$ m balandlikdan erkin tushgan $m = 1,0$ g massali sharchaning kinetik energiyasiga teng bo'ladi? Bolsman doimiysi $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K.

11. Hajmlari $V_1 = 20$ l va $V_2 = 10$ l bo'lgan ballonlar ingichka nay bilan tutashtirilgan va $\nu = 6,0$ mol vodorod (molyar massasi $\mu = 2,0$ g/mol) bilan to'ldirilgan. Birinchi ballonning harorati $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Ikkinchi ballondagi vodorodning massasi $m_2 = 9,0$ g bo'lsa, uning harorati qanday?

12. Bir atomli gazning hajmi $k = 3,6$ marta kamayganda, uning bosimi $\eta = 20$ % ortdi. Bunda gazning ichki energiyasi necha marta o'zgargan?

13. Sig'imi $V = 200$ l bo'lgan vannadan foydalanish uchun unga $t_1 = 10^\circ\text{C}$ li sovuq suv va $t_2 = 60^\circ\text{C}$ li issiq suv solib aralashtirildi. Suvning harorati $\theta = 40^\circ\text{C}$ bo'lishi uchun qanchadan hajmli sovuq suv va issiq suv olish lozim?

14. Massasi $m_1 = 400$ g bo'lgan aluminiy choynakda $t_1 = 10^\circ\text{C}$ haroratli $m_2 = 2,0$ kg suv bor. Bu choynak FIK $\eta = 40$ % bo'lgan gaz o'choqqa qo'yildi. Agar $\tau = 10$ minutda suv qaynab, uning $m_3 = 20$ grami bug'lanib ulgursa, o'choqning quvvati P qanday? Aluminiyning solishtirma issiqlik sig'imi $c_1 = 880$ J/(kg·K), suvniki $c_2 = 4,2$ kJ/(kg·K), suvning solishtirma bug'lanish issiqligi $r = 2,3$ MJ/kg deb olinsin.

15. Elektr choynakdagi $t = 10^\circ\text{C}$ haroratli suv $\tau_1 = 10$ minutda qaynadi. Choynakdagi suv yana qancha vaqtdan so'ng to'la bug'lanib ketadi? Issiqlikning yo'qolishi hisobga olinmasin. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2$ kJ/(kg·K), bug'lanishining solishtirma issiqligi $r = 2,3$ MJ/kg.

16. Kolbada 0°C haroratli suv bor edi. Kolbadagi havo va suv bug'lari nasos yordamida so'rilib, suv muzlatildi. Agar tashqaridan issiqlik berilmasa, suvning muzlashi uchun uning qancha qismi bug'lanishi kerak? 0°C haroratli suvning solishtirma bug'lanish issiqligi $p = 2,5$ MJ/kg, muzning solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330$ kJ/kg.

17. $t_1 = -10^\circ\text{C}$ haroratli $M = 200$ kg muzdan $t_2 = 20^\circ\text{C}$ haroratli suv olish uchun FIK $\eta = 40\%$ bo'lgan o'choqda qancha o'tin yoqish kerak? Muzning solishtirma issiqlik sig'imi $c_1 = 2,1$ kJ/(kg·K), suvniki esa $c_2 = 4,2$ kJ/(kg·K), muzning solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330$ kJ/kg, o'tinning solishtirma yonish issiqligi $q = 10$ MJ/kg.

18. Solishtirma issiqlik sig'imi c bo'lgan bir bo'lak metall h balandlikdan erkin tushmoqda. Agar uning K qism mexanik energiyasi ichki energiyaga aylansa, yerga urilganda uning harorati qancha oshadi?

19. Massalari bir xil bo'lgan ikkita qo'rg'oshin shart v va $2v$ tezlik bilan bir-biriga tomon harakatlanmoqda. Noelastik urilish natijasida sharlar haroratining ortishi Δt ni aniqlang. Qo'rg'oshinning solishtirma issiqlik sig'imi c ga teng.

20. Boshlang'ich tezligi qanday bo'lgan qo'rg'oshin o'q to'siqqa urilganda butunlay erib ketadi? O'qning boshlang'ich harorati $t_1 = 27^\circ\text{C}$, qo'rg'oshinning erish harorati $t_2 = 327^\circ\text{C}$, solishtirma erish issiqligi $\lambda = 25$ kJ/kg, solishtirma issiqlik sig'imi $c = 130$ J/(kg·K).

21. Agar dvigatelining FIK $\eta = 25\%$ bo'lgan mototsikl $v = 108$ km/soat tezlik bilan harakatlanib, $s = 100$ km yo'l bosganida $V = 3,7$ l benzin sarflasa, dvigatel erishgan o'rtacha quvvat qanday bo'ladi? Benzinning zichligi $\rho = 700$ kg/m³, solishtirma yonish issiqligi $q = 46$ MJ/kg.

22. Qo'zg'aluvcilar simining uzunligi $l = 5,0$ sm bo'lgan simli ramkadagi sovun pardasi $s = 10$ sm ga cho'zilgan bo'lsa, cho'zuvchi kuchning moduli va bajarish ishi topilsin. Sovun eritmasining sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 40$ mN/m.

23. Diametri $d = 0,50$ mm bo'lgan kapillar naychada ko'tarilgan suvning massasini toping. Suvning sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 73$ mN/m.

24. Diametri $d = 1,8$ mm bo'lgan naycha teshigidan kerosin tomchilayapti. $V = 1,0$ sm³ kerosindan necha tomchi hosil bo'ladi? Kerosinning zichligi $\rho = 800$ kg/m³, sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 24$ mN/m.

25. Sovun pufagining radiusini $r_1 = 1,0$ sm dan $r_2 = 6,0$ sm gacha kattalashtirishda sirt taranglik kuchlariga qarshi qancha ish bajarish kerak? Sovunli suvning sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 40$ mN/m.

26. $M = 8,54$ t massali bolg'a ishlov berilayotgan $m = 300$ kg massali temir detalga $v = 4,0$ m/s tezlik bilan urildi. Detal necha gradusga isigan? Detalni isitishga sarf bo'lgan issiqlik miqdori

bolg'aning urilishi natijasida ajralgan issiqlikning yarmiga teng deb hisoblansin. Temirning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 427 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

II.4. To'rtinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Gazning bosimi $\Delta p_1 = 800 \text{ kPa}$ ortganda uning hajmi $\Delta V_1 = 15 \text{ l}$ kamaydi, bosim $\Delta p_2 = 1,6 \text{ MPa}$ ortganda esa hajm $\Delta V_2 = 20 \text{ l}$ kamaydi. Agar jarayonlar izotermik bo'lsa, gazning dastlabki bosimi va hajmi topilsin.

2. Kompressor har sekunda atmosferadan $V_0 = 3,0 \text{ l}$ havo so'rib, uni sig'imi $V = 45 \text{ l}$ bo'lgan ballonga qamaydi. Qancha vaqtdan so'ng ballondagi bosim atmosfera bosimidan $k = 9,0$ marta ortiq bo'ladi? Ballondagi boshlang'ich bosim atmosfera bosimiga teng. Jarayon izotermik.

3. Silindrining hajmi V bo'lgan porshenli nasos yordamida V_0 hajmli idishga havo haydab kiritilmoqda. Nasos bilan n marta dam urilgandan keyin idishdagi havo bosimi qanday bo'ladi? Idishdagi dastlabki bosim tashqi bosim p_0 ga teng. Jarayon izotermik.

4. Gazning harorati $\Delta T_1 = 60 \text{ K}$ ga ortganda, uning hajmi $\Delta V_1 = 1,0 \text{ l}$ ortdi. Agar gazning harorati yana $\Delta T_2 = 30 \text{ K}$ ortsa, hajmi dastlabki hajmiga qaraganda qancha ortadi? Jarayon izobarik deb hisoblansin.

5. $m_1 = 0,50 \text{ g}$ vodorod va $m_2 = 32 \text{ g}$ kislorod aralashmasining bosimi $p = 93 \text{ kPa}$, harorati esa $T = 280 \text{ K}$ bo'lgandagi zichligi topilsin. Vodorodning va kislorodning molyar massalari mos ravishda $\mu_1 = 2,0 \text{ g/mol}$ va $\mu_2 = 32 \text{ g/mol}$.

6. Hajmi 50 l bo'lgan ballon $t_0 = 27^\circ\text{C}$ haroratda $p_0 = 10 \text{ MPa}$ bosimgacha havo bilan to'ldirilgan. Suvosti kemasining sisternasidan shu ballondagi havo yordamida qancha hajmdagi suvni siqib chiqarish mumkin? Suv $h = 40 \text{ m}$ chuqurlikda siqib chiqarilmoqda. Havoning kengayishdan keyingi harorati $t = 3^\circ\text{C}$. Atmosfera bosimi $p_a = 101 \text{ kPa}$.

7. Ko'ndalang kesim yuzi $S = 5,0 \text{ sm}^2$ bo'lgan quvurda $T = 280 \text{ K}$ haroratli karbonat angidrid gazi (molyar massasi $\mu = 44 \text{ g/mol}$) $p = 392 \text{ kPa}$ bosim ostida oqmoqda. Agar $\tau = 10$ minutda quvurdan $m = 20 \text{ kg}$ gaz oqib o'tsa, gazning harakat tezligi qancha?

8. Ballonda $t = 15^\circ\text{C}$ haroratli gaz bor. Agar gazning $\eta = 40 \%$ i chiqib ketsa va bunda harorat $\Delta t = 8^\circ\text{C}$ ga kamaysa, ballondagi gazning bosimi necha marta kamayadi?

9. Yupqa qog'ozdan qilingan, hajmi $V = 100 \text{ l}$ bo'lgan shar harorati $T_1 = 340 \text{ K}$ bo'lgan issiq havo bilan to'ldirildi. Atrofda

havoning harorati $T_1 = 290$ K. Shar ichidagi va tashqarisidagi havoning bosimi bir xil bo'lib, u $p = 100$ kPa. Shar ko'tarilishi uchun qog'oz qobiqning massasi ko'pi bilan qancha bo'lishi kerak? Havoning molyar massasi $\mu = 29$ g/mol.

10. Hajmi $V = 60$ m³ bo'lgan xonadagi havoning harorati normal bosimda $T_1 = 280$ K dan $T_2 = 300$ K gacha ko'tarilganda xonadan qanday massali havo chiqib ketadi? Normal sharoitda havoning zichligi $\rho_0 = 1,29$ kg/m³.

11. Silindrda porshen bosimi ostida $T_1 = 300$ K haroratli $\nu = 0,500$ mol geliy gazi bor. Agar unga $Q = 13,1$ kJ issiqlik miqdori berilsa, uning hajmi necha marta ortadi?

12. Quvvati $N = 1,0$ kW bo'lgan elektr choynakda suv qaynamoqda. Agar choynak jo'mragining ko'ndalang kesimi $S = 1,0$ sm² bo'lsa, undan chiqayotgan suv bug'ining o'rtacha tezligini toping. Jo'mrakning uchidagi bosim $p = 100$ kPa va issiqlik isrof bo'lmaydi deb hisoblang. Suvning molyar massasi $\mu = 18$ g/mol, solishtirma bug'lanish issiqligi $r = 2,26$ MJ/kg.

13. Massasi $m_1 = 300$ g bo'lgan po'lat idishga $t_1 = 17^\circ\text{C}$ li $V = 1,5$ l suv quyildi. Suvga $m_2 = 200$ g massali ho'l qor solindi. Qor eriganda idishdagi harorat $\theta = 7^\circ\text{C}$ bo'ldi. Qorda qancha miqdor suv bo'lgan? Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c_2 = 4,2$ kJ/(kg·K), po'latniki esa $c_1 = 460$ kJ/(kg·K), qorning solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330$ kJ/kg.

14. Sovitgich qurilmasining FIK $\eta = 50,0$ %. Bu qurilmada $m = 120$ g ammiak bug'langanda $t = 20^\circ\text{C}$ haroratli qancha suvni muzga aylantirish mumkin? Ammiakning solishtirma bug'lanish issiqligi $r = 1,25$ MJ/kg, suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2$ kJ/(kg·K), muzning solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330$ kJ/kg.

15. Qo'rg'oshin o'qning to'siqqa urilish paytidagi tezligi $v = 300$ m/s. Agar urilishda ajralgan energiya o'qni isitishga sarf bo'lsa, o'qning qanday qismi erib ketadi? O'qning urilishdan avvalgi harorati $t_1 = 27^\circ\text{C}$, qo'rg'oshinning erish harorati $t_2 = 327^\circ\text{C}$, solishtirma issiqlik sig'imi $c = 125,7$ J/(kg·K) va solishtirma erish issiqligi $r = 26,4$ kJ/kg.

16. To'siqni teshib o'tish jarayonida $v_1 = 300$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan qo'rg'oshin o'qning harorati $\Delta T = 60$ K ga ko'tarilgan. O'q energiyasi kamayishining $\eta = 30$ % i o'qning isishiga sarflangan. O'qning to'siqni teshib o'tgandan keyingi tezligi aniqlansin. Qo'rg'oshinning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 130$ J/(kg·K).

17. Uzunligi l bo'lgan ip yordamida vertikal devorga osilgan sharcha ip gorizontal vaziyatga kelguncha ko'tarildi va qo'yib

yuborildi. Sharcha devorga urilgandan keyin α burchakka og'ldi. Yo'qolgan mexanik energiyaning k qismi sharchaning ichki energiyasiga aylansa, sharcha necha gradusga isiydi? Sharcha moddasining solishtirma issiqlik sig'imi c ga teng.

18. Avtomobil $v = 36$ km/soat tezlik bilan yurganda har $s = 100$ km yo'lga $V = 40$ l benzin sarf qiladi. Avtomobil dvigatelinining FIK $\eta = 22,5$ % bo'lsa, uning quvvatini toping. Benzinning zichligi $\rho = 800$ kg/m³, solishtirma yonish issiqligi $q = 46$ MJ/kg.

19. Avtomobilning massasi $m = 1,5$ t, benzin bakining sig'imi $V = 55$ l, dvigatelinining FIK esa $\eta = 17$ %. Avtomobil tekis harakatlanganda uning yoqilg'isi necha kilometr ga yetadi? Harakatga qarshilik koeffitsiyenti $k = 0,040$. Benzinning zichligi $\rho = 800$ kg/m³, solishtirma yonish issiqligi $q = 46$ MJ/kg.

20. Agar 100°C da suvning solishtirma bug'lanish issiqligi $r = 2,26$ MJ/kg va bug'ning solishtirma hajmi (ya'ni massa birligiga to'g'ri keluvchi hajm) $V_g = 1,65$ m³/kg bo'lsa, bug'lanish jarayonida energiyaning qancha qismi bug'ning ish bajarishiga sarf bo'ladi? 100°C da bug'ning bosimi atmosfera bosimi ($p = 101$ kPa) ga teng.

21. Qiyaligi $\alpha = 30^{\circ}$ bo'lgan tekislikdan massasi $m = 1,0$ kg bo'lgan jism boshlang'ich tezliksiz sirpanib tushib, $v = 4,1$ m/s tezlikka ega bo'ldi. Agar qiya tekislikning uzunligi $l = 21$ m bo'lsa, ishqalanish natijasida ajralib chiqqan issiqlik miqdori topilsin.

22. 0°C haroratda shisha idishga $m_1 = 100$ g simob ketadi, $t = 20^{\circ}\text{C}$ da esa $m_2 = 99,7$ g simob ketadi. Agar simob hajmiy kengayishining termik koeffitsiyenti $\beta = 18 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bo'lsa, shisha chiziqli kengayishining termik koeffitsiyenti α ni toping.

II.5. Beshinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Havosi qisman so'rib olingan va ikki tomoni kavsharlangan $L = 1,0$ m uzunlikdagi gorizontal shisha nayning o'rta qismida $h = 20$ sm uzunlikdagi simob ustuni bor. Shisha nay vertikal vaziyatga keltirilganda simob ustuni $\Delta l = 10$ sm pastga siljigan. Shisha naydagi dastlabki bosim topilsin. Jarayon izotermik. Simobning zichligi $\rho = 13,6$ g/sm³.

2. Massasi $m = 320$ g bo'lgan kislorodning boshlang'ich bosimi $p_1 = 83$ kPa edi. Harorati $\Delta T = 100$ K ga ortganda uning hajmi $\Delta V = 50$ l ga ortdi va bosimi $p_2 = 99,6$ kPa bo'ldi. Gazning boshlang'ich hajmini va haroratini toping. Kislorodning molyar massasi $\mu = 32$ g/mol.

3. Hajmi $V = 2,0$ l bo'lgan idish uglerod IV oksidi (CO_2) va azot II oksidi (NO) gazlari bilan to'ldirilgan. Harorati $T = 400$ K

bo'lganda idishdagi bosim $p = 415 \text{ kPa}$ bo'lgan. Agar aralashmaning molyar massasi $\mu = 37 \text{ g/mol}$ bo'lsa, har bir gazning massasini aniqlang.

4. Silindrdagi gazning hajmini n marta kamaytirish uchun porshen ustiga M massali yuk qo'yildi. Gazning hajmi izotermik jarayonda yana k marta kamayishi uchun porshenga yana qancha yuk qo'yish kerak?

5. $m = 1,0 \text{ kg}$ noma'lum gazni $\Delta T = 1,0 \text{ K}$ ga isitish uchun doimiy bosimda $Q_p = 910 \text{ J}$, doimiy hajmda esa $Q_v = 650 \text{ J}$ issiqlik miqdori sarflansa, bu qanday gazligini toping.

6. Bosimi $p_1 = 800 \text{ kPa}$ va hajmi $V_1 = 2,0 \text{ l}$ bo'lgan havo izotermik kengayib, $V_2 = 10 \text{ l}$ hajmga ega bo'ldi. Havo bajargan ishini toping.

7. Harorati $t_1 = 10^\circ\text{C}$ bo'lgan suv orqali $t_2 = 100^\circ\text{C}$ li bug' o'tkaziladi. Suvning harorati $\theta = 50^\circ\text{C}$ bo'lgan paytda bug'dan hosil bo'lgan suv massasi idishdagi butun suv massasining necha foizini tashkil qiladi? Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ va solishtirma bug'lanish issiqligi $r = 2,3 \text{ MJ/kg}$.

8. Izolatsiyalangan idishda $t_1 = 0^\circ\text{C}$ haroratli $m_s = 1,0 \text{ kg}$ suv va $m_m = 100 \text{ g}$ muz bor. Agar idishga $t_2 = 100^\circ\text{C}$ li $m_b = 50 \text{ g}$ bug' yuborilsa, idishda qanday θ harorat qaror topadi? Muzning solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330 \text{ kJ/kg}$, suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, solishtirma bug'lanish issiqligi $r = 2,3 \text{ MJ/kg}$. Idishning olgan issiqlik miqdori hisobga olinmasin.

9. $m = 4,6 \text{ t}$ massali avtomobil boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakat qilib, qiyaligi $\sin \alpha = 0,025$ bo'lgan tepalikka chiqmoqda. U $t = 40 \text{ s}$ da $s = 200 \text{ m}$ masofa o'tadi. Agar qarshilik koeffitsiyenti $\mu = 0,020$, FIK $\eta = 20 \%$ bo'lsa, shu yo'lga necha litr benzin sarflanadi? Benzinning zichligi $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$, solishtirma yonish issiqligi $q = 46 \text{ MJ/kg}$.

10. Radiusi $r = 0,50 \mu\text{m}$ bo'lgan tomchilar qo'shilib, $m = 1,0 \text{ kg}$ suv hosil bo'lganda ajralgan issiqlik miqdori va bunda suv haroratining ortishi topilsin. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 73 \text{ mN/m}$.

11. Geliy gazi ($\mu = 4,0 \text{ g/mol}$) Yerning tortish kuchini yengib, atmosferadan chiqib ketishi uchun uni qanday haroratgacha qizdirish kerak? Yerning radiusi $r = 6370 \text{ km}$.

12. Idishda vodorod va geliy gazlari aralashmasi bor. Harorat T bo'lganda, vodorod molekullari atomlarga ajralmaydi va idishdagi bosim p bo'ladi. Harorat $2T$ bo'lganda esa vodorod molekullari atomlarga butunlay ajralib ketadi va idishdagi bosim $3p$ bo'lib qoladi. Aralashmadagi vodorod va geliy atomlari sonlarining nisbatini toping.

13. Massasi $m = 100$ g bo'lgan po'lat sharcha ipga bog'lanib, kerosinga tushirilgan. Agar sistemani $t_1 = 20^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 50^\circ\text{C}$ gacha isitilsa, ipning tarangligi qanday o'zgaradi? Po'latning 0°C dagi zichligi $\rho_{\text{po}} = 7,9$ g/sm³, kerosinniki $\rho_{\text{nk}} = 800$ kg/m³. Po'lat chiziqli kengayishining termik koeffitsiyenti $\alpha_p = 1,1 \cdot 10^{-5}$ K⁻¹, kerosin hajmiy kengayishining termik koeffitsiyenti esa $\beta_k = 0,0010$ K⁻¹.

III bob. ELEKTR VA MAGNETIZM

Asosiy formulalar

1. Elektr zaryadining saqlanish qonuni:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_N = \text{const},$$

bu yerda $q_1, q_2, q_3, \dots, q_N$ — yopiq sistemadagi barcha jismlarning zaryadlari.

2. Kulon qonuni — oralaridagi masofa r bo'lgan ikkita q_1 va q_2 qo'zg'almas nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2},$$

bu yerda: k — birliklar sistemasiga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, SGS birliklar sistemasi uchun $k = 1$, SI

birliklar sistemasi uchun $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,9876 \cdot 10^9$ m/F = $9 \cdot 10^9$ m/F,

$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}$ F/m — elektr doimiysi, ϵ — zaryadlar joylashgan muhitning dielektrik singdiruvchanligi; vakuum uchun $\epsilon = 1$.

3. Elektr maydon kuchlanganligi:

a) ta'rifi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q},$$

bu yerda: $\vec{F}$ — elektr maydon tomonidan q zaryadga ta'sir etuvchi kuch;

b) q nuqtaviy zaryadniki (zaryaddan r masofadagi nuqtada):

$$E = k \frac{|q|}{\epsilon r^2}.$$

Tekis zaryadlangan sfera va sharning elektr maydon kuchlanganligi ham sferadan tashqaridagi nuqtalarda shu ifoda bilan aniqlanadi. Bu holda r — sfera yoki sharning markazidan berilgan nuqtagaacha bo'lgan masofa. Sfera ichida $E = 0$;

d) σ sirt zichlik bilan tekis zaryadlangan cheksiz tekislikniki (ixtiyoriy nuqtada):

$$E = \frac{|\sigma|}{2\epsilon\epsilon_0};$$

e) sirti bo'ylab λ chiziqli zichlik bilan tekis zaryadlangan cheksiz uzun silindrniki (silindrdan tashqaridagi silindr o'qidan r masofadagi nuqtalarda); xususan, cheksiz uzun to'g'ri ipniki:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}.$$

Silindr ichidagi nuqtalarda $E = 0$.

4. Bir necha zaryadning birgalikda hosil qilgan elektr maydoni kuchlanganligi (superpozitsiya prinsipi):

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N,$$

bu yerda $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots, \vec{E}_N$ — mos ravishda 1-, 2-, $\dots$, N - zaryadlar elektr maydonining berilgan nuqtadagi kuchlanganliklari. Xususan, ikkita zaryad holdida

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha},$$

bu yerda α — $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ vektorlar orasidagi burchak.

5. q zaryadni kuchlanganligi $\vec{E}$ bo'lgan bir jinsli elektr maydonda $\Delta\vec{r}$ masofaga ko'chirishda maydonning bajargan ishi:

$$A = q\vec{E}\Delta\vec{r} = qE\Delta r \cos \alpha,$$

bu yerda: α — $\Delta\vec{r}$ vektor bilan $\vec{E}$ vektor orasidagi burchak.

6. Elektr maydon potentsiali:

a) ta'rifi:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}; \quad \varphi = \frac{A_\infty}{q},$$

bu yerda: W_p — q zaryadning elektr maydondagi potentsial energiyasi, A_∞ — q zaryadni potentsiali aniqlanayotgan nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda elektr maydonning bajargan ishi;

b) q nuqtaviy zaryadniki (zaryaddan r masofadagi nuqtada):

$$\varphi = k \frac{q}{\epsilon r}.$$

Tekis zaryadlangan sfera va sharning tashqarisidagi nuqtalardagi elektr maydon potentsiali ham shu ifoda bilan aniqlanadi. Bu holda r — sfera yoki sharning markazidan berilgan nuqttagacha bo'lgan masofa. Sferaning ichidagi potentsial uning sirtidagi potentsialga teng.

7. Elektr maydonda joylashgan q zaryadning potensial energiyasi:

$$W_p = q\varphi.$$

8. q zaryadni 1 - nuqtadan 2 - nuqtaga ko'chirishda elektr maydonning bajargan ishi:

$$A = W_{p1} - W_{p2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU,$$

bu yerda $U = \varphi_1 - \varphi_2$ — potentsiallar farqi (kuchlanish).

9. Elektrostatik maydon kuchlanganligi bilan potentsiallar farqi orasidagi bog'lanish:

$$E_l = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta l} = -\frac{d\varphi}{dl},$$

bu yerda: Δl — bir-biriga yaqin joylashgan ikki nuqta orasidagi masofa, $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ — shu nuqtalardagi potentsiallar farqi,

E_l — $\vec{E}$ ning 1-nuqtadan 2-nuqtaga yo'nalishga proyeksiyasi. Bir jinsli maydon uchun:

$$E = \frac{U}{l} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l}; \quad U = E_l l.$$

10. Bir necha zaryadning birgalikda hosil qilgan elektr maydoni potentsiali:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_N,$$

bu yerda $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_N$ — mos ravishda 1-, 2-, ..., N -zaryadlar elektr maydonining berilgan nuqtadagi potentsiallari.

11. Ikkita q_1 va q_2 zaryadlarning o'zaro ta'sir potentsial energiyasi:

$$W_p = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}.$$

12. Yakkalangan o'tkazgichning zaryadi q , potentsiali φ va elektr sig'imi C orasidagi bog'lanish:

$$C = \frac{q}{\varphi}; \quad \varphi = \frac{q}{C}; \quad q = C\varphi.$$

13. q zaryadli yakkalangan o'tkazgichning potentsial energiyasi:

$$W_p = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{C\varphi^2}{2}.$$

14. R radiusli yakkalangan sharning elektr sig'imi:

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R,$$

bu yerda ε — shar joylashgan muhitning dielektrik singdiruvchanligi.

15. Kondensatorning zaryadi q , kuchlanishi $U = \varphi_1 - \varphi_2$ va elektr sig'imi C orasidagi bog'lanish:

$$C = \frac{q}{U}; \quad U = \frac{q}{C}; \quad q = CU.$$

16. Zaryadlangan kondensatorning potensial energiyasi:

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}.$$

17. Yassi kondensatorning sig'imi:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d},$$

bu yerda: C — kondensator qoplamalaridan birining yuzi, d — qoplamalar orasidagi masofa, ε — qoplamalar orasini to'ldirgan dielektrikning singdiruvchanligi.

18. O'zaro parallel ulangan kondensatorlar batareyasining sig'imi:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_N.$$

19. O'zaro ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasining sig'imi

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N}$$

munosabatdan aniqlanadi.

20. Elektr maydon energiyasi zichligi

$$w_{\Delta V \rightarrow 0} = \frac{\Delta W}{\Delta V} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2}.$$

21. Elektr tokining kuchi:

$$I_{\Delta t \rightarrow 0} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (\text{o'zgarmas tok uchun } I = \frac{q}{t}),$$

bu yerda Δq (q) — o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan Δt (t) vaqtda o'tgan zaryad.

22. Elektr tokining zichligi:

$$j = \frac{I}{S},$$

bu yerda S — o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi.

23. Elektr toki zichligining tok tashuvchi zarrachalar konsentratsiyasi n ga bog'lanishi:

$$j = q_0 n v; \quad v = \frac{j}{q_0 n} = \frac{I}{q_0 n S},$$

bu yerda: q_0 — har bir zarrachaning zaryadi, n — zarrachalar tartibli harakatining tezligi.

24. Om qonuni:

a) zanjirning bir qismi uchun:

$$I = \frac{U}{R}; \quad U = IR; \quad R = \frac{U}{I},$$

bu yerda: R — zanjirning qaralayotgan qismining qarshiligi, I — undan o'tayotgan tok kuchi, U — zanjirning shu qismidagi kuchlanish bo'lib, agar bu qism bir jinsli bo'lsa, ya'ni unda tok manbayi bo'lmasa, uning uchlaridagi potentsiallar farqiga teng:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

Agar zanjirning bu qismi bir jinsli bo'lmasa, ya'ni unda EYK ε bo'lgan tok manbayi bo'lsa,

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon.$$

EYK ε algebraik kattalik bo'lib, φ_1 potentsialli nuqtadan φ_2 potentsialli nuqtaga borishda manbaning manfiy qutbidan musbatiga o'tilsa, $\varepsilon > 0$, aks holda $\varepsilon < 0$ bo'ladi;

b) berk zanjir uchun:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}; \quad \varepsilon = I(R+r),$$

bu yerda: ε va r — tok manbayining elektr yurituvchi kuchi va ichki qarshiligi, R — elektr zanjirning tashqi qismi qarshiligi.

25. Bir jinsli silindrik o'tkazgichning qarshiligi:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

bu yerda ρ , l va S — mos ravishda o'tkazgichning solishtirma elektr qarshiligi, uzunligi va ko'ndalang kesim yuzi.

26. Metallar solishtirma elektr qarshiligining haroratga bog'lanishi:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

bu yerda: ρ — t haroratdagi solishtirma elektr qarshilik, ρ_0 — 0°C haroratdagi solishtirma elektr qarshilik, α — har bir metallning o'zi uchun xos bo'lgan qarshilikning termik koeffitsiyenti.

27. O'zaro ketma-ket ulangan rezistorlarning umumiy qarshiligi:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N.$$

Hamma rezistorlarning qarshiliklari o'zaro teng bo'lgan holda $R = NR_1$.

28. O'zaro parallel ulangan rezistorlarning umumiy qarshiligi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

munosabatdan aniqlanadi. Hamma rezistorlarning qarshiliklari teng bo'lgan holda $R = R_1/N$.

29. Manbaning elektr yurituvchi kuchi (EYK):

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{chet}}}{q},$$

bu yerda: A_{chet} — chet kuchlarning q zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'chirishda bajaragan ishi (manbadan q zaryad o'tganda butun zanjir bo'ylab bajarilgan ish).

30. Manba qisqichlaridagi kuchlanish:

$$U = \mathcal{E} - Ir = IR,$$

bu yerda: r — tok manbayining ichki qarshiligi, R — elektr zanjirning tashqi qismi qarshiligi.

31. O'zaro ketma-ket ulangan tok manbalari batareyasining EYK va ichki qarshiligi:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_N; \quad r = r_1 + r_2 + \dots + r_N.$$

Tok manbalari bir xil bo'lgan holda:

$$\mathcal{E} = N\mathcal{E}_1; \quad r = Nr_1.$$

32. O'zaro parallel ulangan bir xil tok manbalari batareyasining EYK i va ichki qarshiligi:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1; \quad r = \frac{r_1}{N}.$$

33. O'zgarmas elektr tokining elektr zanjirning bir qismida Δt vaqtda bajaradigan ishi A va quvvati P :

$$A = qU = I U \Delta t; \quad P = \frac{A}{\Delta t} = IU,$$

bu yerda: I — tok kuchi, U — zanjirning qaralayotgan qismidagi kuchlanish, q — ish bajarish vaqtida zanjirdan o'tgan zaryad. Bu formulalar hamma hollarda ham to'g'ri.

Agar zanjirning qaralayotgan qismi mexanik ish bajarmayotgan bo'lsa va unda kimyoviy reaksiyalar bormayotgan bo'lsa, quyidagi formulalar ham o'rinni:

$$A = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t; \quad P = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

34. O'zgarmas elektr tokining berk elektr zanjirning hamma qismida Δt vaqtda bajaradigan ishi va quvvati:

$$A = q\varphi = I\varphi\Delta t; \quad P = \frac{A}{\Delta t} = I\varphi.$$

Agar zanjirda mexanik ish bajaruvchi qurilma (masalan, motor) va kimyoviy reaksiya boruvchi qism (masalan, zaryadlanishga qo'yilgan akkumulator) bo'lmasa, quyidagi formulalar ham o'rinli:

$$A = I^2 (R + r) \Delta t = \frac{\varphi^2}{R + r} \Delta t; \quad P = I^2 (R + r) = \frac{\varphi^2}{R + r},$$

bu yerda φ va r — zanjirdagi tok manbayining EYK va ichki qarshiligi.

35. Joule — Lens qonuni:

a) elektr zanjirning R qarshilikli qismida Δt vaqtda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori:

$$Q = I^2 R \Delta t;$$

b) elektr zanjirning hamma qismida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori:

$$Q = I^2 (R + r) \Delta t.$$

36. Elektrolitdagi elektr tokining zichligi:

$$j = n_+ q_+ v_+ + n_- q_- v_- ,$$

bu yerda: n_+ va n_- , q_+ va q_- , v_+ va v_- — musbat va manfiy ionlarning mos ravishda konsentratsiyalari, zaryadlari va tartibli harakatining tezliklari.

37. Elektroliz uchun Faradeyning birinchi qonuni:

$$m = kq = kI\Delta t,$$

bu yerda: m — elektroliz vaqtida elektrodda ajralib chiqqan modda miqdori, I — tok kuchi, Δt — tokning o'tish vaqti, k — moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti.

38. Elektroliz uchun Faradeyning ikkinchi qonuni:

$$k = \frac{1}{F} \frac{\mu}{n}; \quad F = eN_A = 96485 \frac{C}{mol},$$

bu yerda: F — Faradey doimiysi, e — elektron zaryadi, N_A — Avogadro doimiysi, μ — moddaning molyar massasi, n — valentligi.

39. Amper qonuni — tokli o'tkazgichning Δl uzunlikli to'g'ri qismiga magnit maydon tomonidan ta'sir qiluvchi kuch:

$$F = BI\Delta/\sin\alpha,$$

bu yerda: I — tok kuchi, B — magnit maydonning o'tkazgichning Δ /uzunlikli qismi joylashgan joyidagi induksiya, α — tok yo'nalishi bilan magnit induksiya vektori $\vec{B}$ orasidagi burchak.

40. Tokli yassi konturning magnit momenti:

$$\vec{p}_m = IS\vec{n}; \quad \bar{p}_m = IS,$$

bu yerda: I — konturdagi tokning kuchi, S — kontur yuzi, $\vec{n}$ — kontur tekisligi normalining birlik vektori. $\vec{n}$ ning yo'nalishi tok-nig yo'nalishi bilan o'ng parma qoidasi orqali bog'langan.

41. Bir jinsli magnit maydondagi tokli yassi konturga ta'sir etuvchi kuch momenti:

$$\vec{M} = IS[\vec{n}\vec{B}] = p_m[\vec{n}\vec{B}]; \quad M = ISB \sin \alpha = p_m B \sin \alpha,$$

bu yerda α — $\vec{n}$ va $\vec{B}$ vektorlar orasidagi burchak.

42. Lorens kuchi — harakatlanayotgan q zaryadli zarrachaga magnit maydon tomonidan ta'sir qiladigan kuch:

$$F_L = |q|\vec{v}B \sin \alpha,$$

bu yerda α — tezlik vektori $\vec{v}$ bilan magnit induksiya vektori $\vec{B}$ orasidagi burchak.

43*. Induksiya $\vec{B}$ bo'lgan bir jinsli magnit maydonda induksiya chiziqlariga tik ravishda $\vec{v}$ tezlik bilan harakatlanayotgan q zaryadli va m massali zarracha trayektoriyasining egrilik radiusi r va zarra-chaning aylanish davri T :

$$r = \frac{mv}{|q|B}; \quad T = \frac{2\pi m}{|q|B}.$$

44. Bir jinsli muhitdagi magnit induksiya

$$B = \mu B_0,$$

bu yerda: B_0 — vakuumda o'sha nuqtadagi magnit induksiya, μ — muhitning magnit singdiruvchanligi.

45. Amper qonuni — ikkita parallel, cheksiz uzun tokli o'tkazgichlarning Δ /uzunligiga to'g'ri keladigan o'zaro ta'sir kuchi:

$$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi r} \Delta l,$$

bu yerda: I_1 va I_2 — o'tkazgichlardagi tok kuchlari, r — o'tkazgichlar orasidagi masofa, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A² — magnit doimiysi. (Bu formula SI birliklar sistemasida o'rinli.)

46. To'g'ri tok maydonining magnit induksiyasi:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r},$$

bu yerda R — berilgan nuqtadan tokli o'tkazgichgacha bo'lgan masofa.

47. Tokli doiraviy o'tkazgichning markazidagi magnit induksiya:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R},$$

bu yerda R — o'tkazgich hosil qilgan aylananing radiusi.

48. N o'ramga ega bo'lgan tokli g'altak markazidagi magnit induksiya:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R} N.$$

49. Bir necha tokning birgalikda hosil qiladigan maydonining magnit induksiyasi (superpozitsiya prinsipi):

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_N,$$

bu yerda $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2, \dots, \vec{B}_N$ — mos ravishda 1, 2, ..., N - toklar magnit maydonlarining induksiyalari.

50. Magnit maydon induksiyasi B bilan kuchlanganligi H orasidagi munosabat:

$$B = \mu_0 \mu H; \quad H = B / \mu_0 \mu.$$

51. S sirt orqali magnit oqim (magnit induksiya vektori oqimi):

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

bu yerda α — magnit induksiya vektori $\vec{B}$ bilan sirtning musbat normali orasidagi burchak.

52. O'zgarmas I tokli kontur tashqi magnit maydonda ko'chirilganda Amper kuchlari tomonidan bajariladigan ish:

$$A = I(\Phi_2 - \Phi_1) = I\Delta\Phi,$$

bu yerda: Φ_1 va Φ_2 — kontur orqali ko'chishning boshidagi va oxiridagi magnit oqimlari, $\Delta\Phi$ — magnit oqimining o'zgarishi.

53. Elektromagnit induksiya qonuni: berk konturda induksiya-
langan EYK modul jihatidan kontur bilan chegaralangan sirt orqali magnit oqimning o'zgarish tezligiga teng, ishorasi esa qarama-qarshi:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

54. O'ramlari soni N ta bo'lgan g'altakda vujudga keluvchi elektromagnit induksiya EYK:

$$\mathcal{E}_i = N \mathcal{E}_{i1} = -N \frac{d\Phi}{dt},$$

bu yerda Φ — bitta o'ram yuzi orqali o'tayotgan magnit oqimi.

55. Induksiyasi B bo'lgan bir jinsli magnit maydonda v tezlik bilan harakatlanayotgan l uzunlikdagi o'tkazgichda induksiya-lanadigan EYK

$$\mathcal{E}_i = vBl \sin \alpha,$$

bu yerda: α — tezlik vektori $\vec{v}$ bilan magnit induksiya vektori $\vec{B}$ orasidagi burchak; $\vec{B}$ — o'tkazgichga perpendikular.

56. Konturning o'zinduksiya magnit oqimi — konturdan tok o'tayotganda hosil bo'ladigan magnit oqim:

$$\Phi_{oi} = LI,$$

bu yerda: I — konturdan o'tayotgan tokning kuchi, L — konturning induktivligi.

57. O'zinduksiya EYK:

$$\mathcal{E}_{oi} = -\frac{d\Phi_{oi}}{dt} \quad (L = \text{const holda} \quad \mathcal{E}_{oi} = -L \frac{dI}{dt}),$$

bu yerda $\frac{dI}{dt}$ — konturdagi tokning o'zgarish tezligi.

58. Uzunligi l , kesim yuzi S , o'ramlar soni N bo'lgan uzun g'altak (solenoid)ning induktivligi

$$L = \mu_0 \mu N^2 S / l = \mu_0 \mu n^2 V,$$

bu yerda: n — solenoidning uzunlik birligidagi o'ramlar soni, V — solenoidning hajmi, μ — solenoid o'zagining magnit singdiruvchanligi.

59. Tokli g'altak magnit maydonining energiyasi

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2.$$

60. Magnit maydon energiyasi zichligi:

$$w_{\Delta V \rightarrow 0} \equiv \frac{\Delta W_m}{\Delta V} = \frac{dW_m}{dV} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}.$$

Masala yechish namunalari

1. Tomonlari 10 sm dan bo'lgan kvadratning uchta uchida har biri 30 nC (nanokulon) dan bo'lgan uchta bir xil zaryad joylashgan.

Bu zaryadlar tomonidan kvadratning to'rtinchi uchida joylashgan 20 nC zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

Berilgan:	Yechilishi
$a = 10 \text{ sm} = 0,10 \text{ m},$ $q_1 = q_2 = q_3 = q = 30 \text{ nC} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ C},$ $q_4 = 20 \text{ nC} = 20 \cdot 10^{-9} \text{ C}.$	q_4 zaryadga ta'sir etayotgan natijaviy $\vec{F}$ kuch har bir zaryad tomonidan ta'sir etayotgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ va $\vec{F}_3$ kuchlarning geometrik yig'indisiga teng (III. 1-rasm):
$F = ?$	

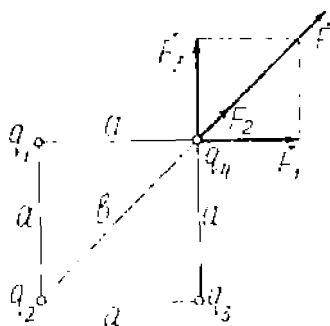
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3.$$

$\vec{F}_1$ va $\vec{F}_3$ kuchlar moduli jihatidan o'zaro teng va bir-biriga tik.

Shuning uchun ularning yig'indisi moduli jihatidan $\sqrt{F_1^2 + F_3^2} = \sqrt{2} F_1$ ga teng va kvadratning diagonal bo'ylab yo'nalgan. $\vec{F}_2$ kuch ham diagonal bo'ylab yo'nalgan bo'lgani uchun natijaviy $\vec{F}$ kuch ham diagonal bo'ylab yo'nalgan bo'lib, moduli quyidagiga teng:

$$F = \sqrt{2} F_1 + F_2.$$

Kulon qonunidan foydalanib va $b = \sqrt{2}a$ ekanini hisobga olib,



III.1- rasm.

$$F_1 = k \frac{qq_4}{a^2}; \quad F_2 = k \frac{qq_4}{b^2} = k \frac{qq_4}{2a^2} \quad \text{va} \quad F = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) k \frac{qq_4}{a^2}$$

ekanini topamiz. Oxirgi ifodaga son qiymatlarni qo'yib va $k = 9,0 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ ekanini hisobga olib, quyidagini topamiz:

$$F = (1,41 + 0,5) \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{30 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 10^{-9}}{0,1^2} \text{ N} = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 1,03 \text{ mN}.$$

Javob: $F = 1,03 \text{ mN}$ itarish kuchi diagonal bo'ylab yo'nalgan.

2. Protodan $5,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ masofadagi nuqtalar uchun proton elektr maydonining kuchlanganligi topilsin. Protonning zaryadi $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (kulon) ga teng.

Berilgan:	Yechilishi
$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$ $r = 5,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}.$ $E = ?$	Proton nuqtaviy zaryad bo'lgani uchun uning elektr maydoni kuchlanganligi $E = k \frac{q}{r^2}$ ifoda bo'yicha hisoblanadi. $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ekanini hisobga olib,

$$E = 9 \cdot 10^9 \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{(5 \cdot 10^{-11})^2} \frac{\text{V}}{\text{m}} = 5,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{V}}{\text{m}} = 576 \frac{\text{GV}}{\text{m}}$$

ekanini topamiz.

Javob: $E = 576 \text{ GV/m}.$

3. $q_1 = + 600 \text{ pC}$ (pikokulon) va $q_2 = -200 \text{ pC}$ nuqtaviy zaryadlar birgalikda hosil qilgan elektr maydonning q_1 zaryaddan $3,0 \text{ sm}$ va q_2 zaryaddan $2,0 \text{ sm}$ masofada yotgan nuqtalardagi potentsiali topilsin.

Berilgan:	Yechilishi
$q_1 = +600 \text{ pC} = 6 \cdot 10^{-10} \text{ C},$ $q_2 = -200 \text{ pC} = -2 \cdot 10^{-10} \text{ C},$ $r_1 = 3,0 \text{ sm} = 0,030 \text{ m},$ $r_2 = 2,0 \text{ sm} = 0,020 \text{ m}.$ $\varphi = ?$	Elektr maydon potentsiali skalar kattalik bo'lgani uchun natijaviy maydonning potentsialini topishda har bir maydonning potentsiallarini algebraik qo'shish kerak. Nuqtaviy zaryad maydo-

ning potentsiali formulasi $\varphi = k \frac{q}{r}$ dan foydalanib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = k \frac{q_1}{r_1} + k \frac{q_2}{r_2} = k \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right). \quad (1)$$

$k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ekanini hisobga olib va (1) ifodaga son qiymatlarni qo'yib, quyidagi qiymatni topamiz:

$$\varphi = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{6 \cdot 10^{-10}}{0,03} + \frac{-2 \cdot 10^{-10}}{0,02} \right) \text{ V} = 90 \text{ V}.$$

Javob: $\varphi = 90 \text{ V}.$

4. Televizor kineskopidagi 30 kV kuchlanish ta'sirida elektron qanday tezlikka erishadi? Elektronning zaryadi $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (kulon) ga, massasi esa $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ga teng.

Berilgan:	Yechilishi
$U = -30 \text{ kV} = -3 \cdot 10^4 \text{ V},$ $e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C},$ $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$	q zaryadni bir nuqtadan boshqa nuqtaga ko'chirishda elektr maydon $A = qU$ ish bajaradi, bu yerda U — boshlang'ich va oxirgi nuqtalar orasidagi kuchlanish. Bu ish zar-rachaning kinetik energiyasini oshirishga sarflanadi: $A = \Delta E_k =$ $= \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}.$ Boshlang'ich tezlik $v_0 \ll v$ bo'lgan holda v_0 ni e'tiborga olmasak ham bo'ladi. Demak, $qU = \frac{mv^2}{2}.$ Bundan: $v = \sqrt{2qU/m}.$ Bu formulani bizning masala uchun tatbiq qilamiz:

$$v = \sqrt{2eU/m} = \sqrt{2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (-3 \cdot 10^4) / (9,11 \cdot 10^{-31})} \text{ m/s} = 1,03 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Javob: elektron $v = 1,03 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ tezlikka erishadi.

5. Qoplamalari orasi 0,10 mm qalinlikdagi sluda qatlami bilan to'ldirilgan yassi kondensatorning elektr sig'imi 1,0 mF bo'lishi uchun qoplamalarning yuzi qanday bo'lishi kerak? Sludaning dielektrik singdiruvchanligi 7,0 ga teng.

Berilgan:	Yechilishi
$d = 0,10 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m},$ $C = 1,0 \text{ } \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F},$ $\epsilon = 7.$	Yassi kondensatorning sig'imi $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$ ifoda bilan aniqlanadi. Bundan $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ekani-ni hisobga olsak,

$$S = \frac{Cd}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{10^{-6} \cdot 10^{-4}}{7 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \text{ m}^2 = 1,6 \text{ m}^2.$$

Javob: har bir qoplamaning yuzi $S = 1,6 \text{ m}^2$ bo'lishi kerak.

6. Manbaning EYK va ichki qarshiligini topish uchun avval uning qisqichlariga $R_1 = 2,0 \text{ } \Omega$ (Om) qarshilik, so'ngra esa $R_2 = 4,0 \text{ } \Omega$ qarshilik ulandi. Birinchi holda tok kuchi $I_1 = 0,50 \text{ A}$, ikkinchi holda esa $I_2 = 0,30 \text{ A}$ bo'lgan. Manbaning EYK va ichki qarshiligi topilsin.

Berilgan:	Yechilishi
$R_1 = 2,0 \text{ } \Omega \text{ (Om)},$ $R_2 = 4,0 \text{ } \Omega,$ $I_1 = 0,50 \text{ A},$ $I_2 = 0,30 \text{ A}.$	Berk zanjir uchun Om qonunini ikkala hol uchun ishlatamiz: $\varepsilon = I_1(R_1 + r) = I_2(R_2 + r).$
$\varepsilon = ? \quad r = ?$	Ikkinchi tenglamani r ga nisbatan yechamiz:

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = \frac{0,3 \cdot 4 - 0,5 \cdot 2}{0,5 - 0,3} \text{ } \Omega = 1,0 \text{ } \Omega.$$

Endi $\varepsilon = I_1(R_1 + r)$ ifodadan manbaning EYK ini topamiz:

$$\varepsilon = 0,5(2+1) \text{ V} = 1,5 \text{ V}.$$

Javob: $\varepsilon = 1,5 \text{ V}$, $p = 1,0 \text{ } \Omega \text{ (Om)}$.

7. Sulfat kislota eritmasidan 0,10 A tok o'tkazib, 1,0 g vodorod olish uchun qancha vaqt kerak? Vodorodning (atom holidagi) molyar massasi 1,0 g/mol, valentligi 1.

Berilgan:	Yechilishi
$m = 1,0 \text{ g},$ $\mu = 1,0 \text{ g/mol},$ $I = 0,10 \text{ A},$ $n = 1.$	Elektroliz vaqtida ajraladigan moddaning massasi elektroliz uchun Faradeyning 1-qonunidan topiladi: $m = kq, \quad (1)$
$t = ?$	bu yerda: $q = It$ — elektrolitdan o'tgan zaryad miqdori, $k = \frac{1}{eN_A} \frac{\mu}{n}$ — moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti, $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ — elektronning zaryadi, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ — Avogadro soni. Bularni hisobga olgan holda (1) ni t ga nisbatan yechib, quyidagini olamiz:

$$t = \frac{eN_A m}{\mu I} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1 \cdot 1,0}{1,0 \cdot 0,10} \text{ s} = 9,63 \cdot 10^5 \text{ s} \approx 268 \text{ soat}.$$

Javob: $t = 268 \text{ soat}$.

8. Radiusi 10 sm bo'lgan o'ram bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan. Undan 2,0 A tok o'tganda unga ta'sir etuvchi mexanik momentning maksimal qiymati $6,3 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$ ga teng bo'lgan. Magnit maydonning induksiyasi va kuchlanganligi topilsin.

Berilgan:	Yechilishi
$R = 10 \text{ sm} = 0,10 \text{ m},$ $I = 2,0 \text{ A},$ $M_{\max} = 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}.$	Bir jinsli magnit maydondagi tokli yassi konturga ta'sir etuvchi mexanik moment $M = ISB$ sina formuladan aniqlanadi. Bu yerda: S — konturning yuzi, a — kontur tekisligining normali bilan $\vec{B}$ vektor orasidagi burchak. M ning mak-

simal qiymati $\alpha = 90^\circ$ holiga to'g'ri keladi: $M_{\max} = ISB$.

Bundan:

$$B = \frac{M_{\max}}{IS} = \frac{M_{\max}}{\pi R^2 I} = \frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot (0,1)^2 \cdot 2} \text{ T} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ T} = 0,10 \text{ mT}.$$

Magnit maydon kuchlanganligi H magnit induksiyasi B bilan quyidagicha bog'langan: $H = \frac{B}{\mu \mu_0}$, $\mu = 1$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ekanini hisobga olsak:

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{10^{-4}}{4,314 \cdot 10^{-7}} \frac{\text{A}}{\text{m}} = 79,6 \frac{\text{A}}{\text{m}} \approx 80 \frac{\text{A}}{\text{m}}.$$

Javob: $B = 0,10 \text{ mT}$ (millitesla); $H = 80 \text{ A/m}$.

9. Elektron 2000 km/s tezlik bilan kuchlanganligi 2400 A/m bo'lgan magnit maydonga induksiya chiziqlariga tik ravishda uchib kirdi. Unga ta'sir etuvchi kuch va uning trayektoriyasining egrilik radiusini aniqlang. Elektronning massasi $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, zaryadi esa $-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (kulon).

Berilgan:	Yechilishi
$v = 2000 \text{ km/s} = 2,00 \cdot 10^6 \text{ m/s},$ $H = 2400 \text{ A/m},$ $\alpha = 90^\circ,$ $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$ $e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C (kulon)}.$	Harakatlanayotgan elektronga (zaryadga) magnit maydonda Lorens kuchi ta'sir etadi. Bu kuchning moduli $F_L = e vB \sin \alpha$ formuladan aniqlanadi. Magnit induksiyasi B ni kuchlanganlik H orqali ifodalab ($B = \mu \mu_0 H$),
$F_L = ? \quad r = ?$	

va $\mu = 1$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ekanini hisobga olgan holda quyidagini topamiz ($\sin \alpha = 1$):

$$F_L = |e|v\mu_0 H \sin \alpha = 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 2,00 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \times \\ \times 2400 \text{ N} = 9,65 \cdot 10^{-16} \text{ N}.$$

Lorens kuchi zarrachaning tezligiga tik yo'nalgani uchun uning trayektoriyasini egrilab, markazga intilma tezlanish beradi. Nyutonning 2-qonuniga binoan, $F_L = ma = mv^2/r$. Bu formulaga Lorens kuchining ifodasini qo'yib, r ga nisbatan tenglama olamiz:

$$|e|v\mu_0 H = mv^2/r.$$

Bundan:

$$r = \frac{mv}{|e|\mu_0 H} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 2400} \text{ m} = 3,78 \text{ mm}.$$

Javob: $F_L = 9,65 \cdot 10^{-16} \text{ N}$; $p = 3,78 \text{ mm}$.

10. Kichik diametrli va 30 sm uzunlikli solenoid ichida magnit maydon energiyasining hajmiy zichligi $1,75 \text{ J/m}^3$ ga teng bo'lishi uchun solenoidning amper o'ramlar soni qancha bo'lishi kerak?

Berilgan:	Yechilishi
$l = 30 \text{ sm} = 0,30 \text{ m},$ $w = 1,75 \text{ J/m}^3.$	Cheksiz uzun solenoidning ichidagi maydon bir jinsli bo'lgani uchun energiya zichligini topishda $w = W/V$ formuladan foydalanish mumkin, bu yerda:
$IN = ?$	

$W = LI^2/2$ — magnit maydon energiyasi, $L = \mu\mu_0 \left(\frac{N}{l}\right)^2 V$ — solenoidning induktivligi, V — solenoidning hajmi, N — solenoiddagi o'ramlar soni.

W ning ifodasini w ning ifodasiga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$w = \frac{LI^2}{2V} = \mu\mu_0 \frac{(NI)^2}{2l^2}.$$

Bundan: $\mu = 1$ (chunki solenoidning o'zagi yo'q) ekanini hisobga olgan holda, amper o'ramlar soni uchun quyidagini olamiz:

$$IN = l \sqrt{\frac{2w}{\mu_0}} = 0,30 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,75}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}}} \quad \text{amper-o'ram} = 500 \quad \text{amper-o'ram}.$$

Javob: $IN = 500 \text{ amper-o'ram}$.

11. Aerobus qanotlarining uchlari orasidagi masofa 60 m. U Yerning magnit maydoni induksiyasining vertikal tashkil etuvchisi $60 \mu\text{T}$ bo'lgan balandlikda 900 km/soat tezlik bilan uchmoqda. Aerobus qanotlarining uchlari orasidagi potentsiallar farqi topilsin.

Berilgan:	Yechilishi
$l = 60 \text{ m},$ $B_v = 60 \text{ } \mu\text{T} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T (tesla)},$ $v = 900 \text{ km/soat} = 250 \text{ m/s}.$	Induksiyasi B bo'lgan bir jinsli magnit maydonda v tezlik bilan harakatlanayotgan l uzunlikdagi o'tkazgichda induksiyalangan EYK yoki uning uchlari orasidagi potentsiallar farqi
$\Delta\varphi = ?$	

$$\Delta\varphi = \mathcal{E}_i = vBl \sin \alpha \quad (1)$$

formula bilan aniqlanadi, bu yerda α — tezlik vektori bilan magnit induksiya vektori $\vec{B}$ orasidagi burchak. $\vec{B}$ ning vertikal tashkil etuvchisi $B_v = B \sin \alpha$. Bu ifodani (1) formulada qo'llab, quyidagini olamiz:

$$\Delta\varphi = vB_v l = 250 \cdot 6,0 \cdot 10^{-5} \cdot 60 \text{ V} = 0,90 \text{ V}.$$

Javob: $\Delta\varphi = 0,90 \text{ V}.$

✓ 12. Qarshiligi $0,50 \text{ } \Omega$ bo'lgan o'tkazgichdan yasalgan yopiq kontur bilan chegaralangan sirtidan o'tuvchi magnit oqim $0,20 \text{ mWb}$ dan $1,0 \text{ mWb}$ gacha tekis ortdi. O'tkazgichning kesimidan qancha zaryad o'tgan?

Berilgan:	Yechilishi
$R = 0,50 \text{ } \Omega \text{ (Om)},$ $\Phi_1 = 0,20 \text{ mWb},$ $\Phi_2 = 1,0 \text{ mWb}.$	Elektromagnit induksiya qonuniga asosan berk konturda induksiyalangan EYK modul jihatidan kontur bilan chegaralangan sirt orqali magnit oqimining o'zgarish tezligiga teng:
$q = ?$	$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$ (1)

Magnit oqimi tekis o'zgargani uchun $\mathcal{E}_i$ o'zgarmas, demak, induksion tok ham o'zgarmas. O'tkazgichning kesimidan o'tgan zaryad tok o'zgarmas bo'lgan holda $q = I\Delta t = \frac{\mathcal{E}_i}{R} \Delta t$ formuladan topiladi. Bu

formulaga $\mathcal{E}_i$ ning (1) ifodasini qo'yib, quyidagini olamiz:

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{R} = \frac{1,0 - 0,2}{0,50} \text{ mC} = 1,6 \text{ mC}.$$

Javob: $q = 1,6 \text{ mC}.$

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

III. 1. Birinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

① $q_1 = 200 \text{ nC}$ va $q_2 = 450 \text{ nC}$ zaryadga ega bo'lgan ikkita kichik sharcha $F = 0,10 \text{ N}$ kuch bilan ta'sirlashadi. Sharchalar orasidagi masofa qancha?

2. Maydonning bir nuqtasida $q = 2,0 \text{ nC}$ zaryadga $F = 400 \text{ nN}$ kuch ta'sir qiladi. Shu nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligini toping.

3. Elektr maydon kuchlanganligi $E = 2,0 \text{ kV/m}$ bo'lgan nuqtaga joylashgan $q = 12 \text{ nC}$ zaryadga qanday kuch ta'sir qiladi?

4. Ikkita zaryad suvda bir-biri bilan $r_1 = 3,0 \text{ sm}$ masofada qanday kuch bilan o'zaro ta'sirlashsa, vakuumda $r_2 = 27 \text{ sm}$ masofada ham shunday kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi. Suvning dielektrik singdiruvchanligi qancha?

5. Diametri $D = 18 \text{ sm}$ ga teng bo'lgan metalli shar $\varphi = 10 \text{ kV}$ potensialgacha zaryadlangan. Shar zaryadining kattaligini aniqlang.

6. Elektron kuchlanganligi $E = 10 \text{ kV/m}$ bo'lgan maydonda qanday tezlanish bilan harakatlanadi? Elektronning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, massasi $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

7. Zaryadni yerdan ($\varphi_1 = 0$) elektr maydonning potentsiali $\varphi_2 = 1000 \text{ V}$ bo'lgan nuqtasiga ko'chirishda $A = 10 \text{ mJ}$ ish bajarilgan. Zaryad miqdori topilsin.

8. Agar kondensator $U = 1,4 \text{ kV}$ kuchlanishgacha zaryadlanganda $q = 28 \text{ nC}$ zaryad olsa, shu kondensatorning sig'imi qancha?

9. Maktab kondensatorining eng katta sig'imi $C = 58 \text{ }\mu\text{F}$. Shu kondensator doimiy kuchlanishi $U = 50 \text{ V}$ bo'lgan manbaning qutblariga ulansa, u qancha zaryad to'playdi?

10. Sig'imi $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$ bo'lgan kondensatorga $q = 4,0 \text{ }\mu\text{C}$ zaryad berildi. Bu kondensatorning energiyasi qancha bo'ldi?

11. Bir kondensatorning sig'imi $C_1 = 200 \text{ pF}$, ikkinchisidiki $C_2 = 1,0 \text{ }\mu\text{F}$. Shu kondensatorlar ayni bir doimiy kuchlanish manbayining qutblariga ulanganda, ularda to'planadigan zaryadlarni taqqoslab ko'ring.

12. Sharning sig'imi $C = 1,0 \text{ F}$ ga teng bo'lishi uchun uning radiusi qanday bo'lishi kerak?

13. Elektr sig'imi $C = 1400 \text{ pF}$ bo'lgan yassi kondensatorning har bir plastinkasi yuzi $S = 14 \text{ sm}^2$. Dielektrik — sluda (dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 6,0$). Sludaning qalinligi topilsin.

14. Tok kuchi $I = 32 \text{ }\mu\text{A}$ bo'lganda $t = 1,0 \text{ ns}$ vaqt ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan qancha elektron o'tadi? Elektronning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

15. $U = 12$ mV kuchlanish berilgan uzunligi $l = 10$ m va kesimi $S = 2,0$ mm² bo'lgan po'lat simdagi tok kuchini toping. Po'latning solishtirma qarshiligi $\rho = 12 \cdot 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$.

16. EYK $\mathcal{E} = 12$ V va ichki qarshiligi $r = 1,0$ Ω bo'lgan manbaga qarshiligi $R = 5,0$ Ω bo'lgan reostat ulangan. Zanjirdagi tok kuchini va manba qisqichlaridagi kuchlanishni toping.

17. Ichki qarshiligi $r = 1,0$ Ω , EYK i esa $\mathcal{E} \approx 4,5$ V bo'lgan batareyaga $R = 8,0$ Ω qarshilikli rezistor ulangan. Zanjirdagi tok kuchi qancha? Tashqi qarshilikdagi kuchlanish qanchaga teng?

18. $t = 10$ s vaqt ichida o'tkazgichdan $q = 24$ C zaryad o'tdi. O'tkazgichdagi kuchlanish $U = 12$ V. Tok bajargan ishni, tokning quvvatini, o'tkazgichning qarshiligini aniqlang.

19. Agar buyumga $m = 1,8$ g nikel qatlami o'tirgan bo'lsa, nikellash qancha vaqt davom etgan? Tok kuchi $I = 2,0$ A. Nikelning elektrokimyoviy ekvivalenti $k = 0,30$ mg/C.

20. Magnit maydon yo'nalishiga tik joylashtirilgan $l = 20$ sm uzunlikdagi to'g'ri o'tkazgichga $F = 8,0$ N kuch ta'sir etadi. O'tkazgichdan $I = 40$ A tok o'tayotgan bo'lsa, magnit maydon induksiyasi qanchaga teng?

21. Tokli o'tkazgich induksiyasi $B = 20$ mT bo'lgan bir jinsli magnit maydonda joylashgan. Agar o'tkazgichning uzunligi $l = 10$ sm, tok kuchi $I = 3,0$ A, tokning yo'nalishi va magnit induksiyasi vektori orasidagi burchak $\alpha = 45^\circ$ bo'lsa, o'tkazgichga ta'sir etayotgan kuch qancha?

22. Induksiyasi $B = 200$ mT bo'lgan magnit maydonda induksiya chiziqlariga tik yo'nalishda $v = 10$ Mm/s tezlik bilan harakatlanayotgan protonga qanday kuch ta'sir qilishini toping. Protonning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

23. Ikki simli o'zgarmas elektr toki uzatish liniyasi simlarining har bir metr uzunligiga to'g'ri keluvchi o'zaro ta'sir kuchini toping. Simlar orasidagi masofa $r = 2,0$ m, tok kuchi $I = 100$ A. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

24. Yuzi $S = 60$ sm² bo'lgan kontur ichidagi magnit oqimi $\Phi = 300$ μ Wb. Maydonni bir jinsli va kontur tekisligiga tik yo'nalgan deb hisoblab, magnit maydon induksiyasini toping.

25. Tok kuchi $I = 10$ A bo'lganda induktivligi $L = 20$ mH bo'lgan g'altakda qanday magnit oqimi paydo bo'ladi?

26. Solenoiddagi tok kuchi $I = 5,0$ A bo'lganda unda $\Phi = 50$ mWb magnit oqimi hosil bo'lsa, solenoidning induktivligi qancha?

27. $N = 2000$ o'ramli solenoidda $\mathcal{E} = 120$ V induksiya EYK uyg'otadigan magnit oqimning o'zgarish tezligi topilsin.

28. Induktivligi $L = 2,0$ H bo'lgan elektromagnit g'altagida o'zinduksiya EYK ining qiymati $\mathcal{E} = 20$ V bo'lishi uchun g'altakdan o'tayotgan tokning o'zgarish tezligi qanday bo'lishi kerak?

29. Maydonining energiyasi $W = 1,0$ J bo'lishi uchun induktivligi $L = 0,50$ H bo'lgan drossel chulg'amidagi tok kuchi qancha bo'lishi lozim?

III.2. Ikkinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Ikki elektron orasidagi elektr itarish kuchi ularning bir-biriga gravitatsion tortilish kuchidan necha marta katta? Elektronning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, massasi $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, gravitatsiya doimiysi $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg².

2. Zaryadlarning biri $n = 4$ marta orttirilganda ularning o'zaro ta'sir kuchlari avvalgidek qolishi uchun ular orasidagi masofani qanday o'zgartirish kerak?

3. Ikkita bir xil sharcha bir-biridan $r = 10$ sm masofada turibdi. Ular bir xil miqdorda manfiy zaryadga ega bo'lib, $F = 0,23$ mN kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi. Har qaysi sharchadagi „ortiqcha“ elektronlar sonini toping. Elektronning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

4. Ikkita bir xil zaryad suvga botirilganda ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi havoda qanday bo'lsa, xuddi o'shanday qolishi uchun har qaysi zaryad miqdorini qanday o'zgartirish lozim? Ikkala holda ham zaryadlar orasidagi masofa bir xil. Suvning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 81$.

5. Ikkita zaryad kerosinga botirilganda ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi zaryadlar xuddi havoda turgandagidek bo'lishi uchun ular orasidagi masofani qanday o'zgartirish kerak? Kerosinning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 2,1$.

6. Ikkita zaryad havoda bir-biridan r_1 masofada turibdi. Ular orasidagi ta'sir kuchi o'zgarmasdan qolishi uchun ularni dielektrik singdiruvchanligi ϵ_2 bo'lgan boshqa muhitda qanday r_2 masofada joylashtirish kerak?

7. Har qaysisi $q = 1,0$ nC dan bo'lgan ikkita bir xil ismli zaryad bir-biridan muayyan masofada joylashgan. Zaryadlarning har biridan $r = 9,0$ sm masofada yotgan nuqtalardagi elektr maydon potensialini aniqlang. Agar zaryadlar joylashgan fazo kerosin bilan to'ldirilsa, bu potensial qanday o'zgaradi? Kerosinning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 2,1$.

8. Kondensatorning kuchlanishi $n = 4$ marta ortsa, uning energiyasi necha marta o'zgaradi?

9. Bir kondensatorning sig'imi ikkinchisidan $n = 9$ marta katta. Bu kondensatorlarning energiyasi bir xil bo'lishi uchun qaysi kondensatorga ko'proq kuchlanish berish lozim? Necha marta ko'p?

10. Qalinligi $d = 1,0$ mm bo'lgan parafin qatlami bilan bir-biridan ajratilgan, diametrlari $D = 20$ sm dan bo'lgan ikkita doiraviy plastinkadan iborat yassi kondensatorning sig'imini toping. Parafinning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 2,1$.

11. Birinchi kondensatorning sig'imi $C_1 = 0,50 \mu\text{F}$, ikkinchisniki $C_2 = 5000 \text{ pF}$. Ikkala kondensatorda bir xil zaryad to'plash uchun kondensatorlarga berish lozim bo'ladigan kuchlanishlarni taqqoslang.

12. Havo kondensatori orasidagi fazoga qattiq dielektrik kiritilganda kondensatordagi kuchlanish $U_1 = 400 \text{ V}$ dan $U_2 = 50 \text{ V}$ gacha kamaydi. Dielektrikning singdiruvchanligini toping.

13. Yer sharining elektr sig'imini hisoblang. $q = 1,0 \text{ C}$ zaryad Yer potensialini qanchaga oshiradi? Yerning radiusi $R = 6370 \text{ km}$.

14. Yassi kondensator bir-biridan $d = 2,0 \text{ mm}$ masofada joylashgan, har birining yuzi $S = 200 \text{ sm}^2$ dan bo'lgan ikkita plastinkadan iborat bo'lib, ular orasida sluda qatlami bor. Agar ruxsat etiladigan kuchlanish $U_m = 3,0 \text{ kV}$ bo'lsa, kondensatorga eng ko'pi bilan qancha q_m zaryad berish mumkin? Sludaning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 6,0$.

15. O'tkazgich orqali $I = 10 \text{ A}$ tok oqmoqda. Xuddi shu o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan $t = 1,0$ soat davomida oqib o'tadigan elektronlarning umumiy massasini toping. Elektronning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, massasi $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

16. Har birining qarshiligi $R = 60 \Omega$ dan bo'lgan uchta rezistorga ega bo'lgan holda, qanday qarshiliklarni hosil qilish mumkin?

17. EYK $\mathcal{E} = 1,1 \text{ V}$ bo'lgan elementga ulangan qarshiligi $R = 2,0 \Omega$ li o'tkazgichdan $I = 0,50 \text{ A}$ tok o'tmoqda. Element qisqa tutashtirilganda tok kuchi qancha bo'ladi?

18. EYK $\mathcal{E} = 3,0 \text{ V}$ bo'lgan batareyaga $R = 20 \Omega$ qarshilikli rezistor ulandi. Rezistordagi kuchlanish $U = 2,0 \text{ V}$. Qisqa tutashuv toki topilsin.

19. EYK $\mathcal{E} = 4,5 \text{ V}$ bo'lgan elementlar batareyasiga chiroqcha ulanganda voltmetr $U = 4,0 \text{ V}$ kuchlanishni, ampermetr esa $I = 0,25 \text{ A}$ tok kuchini ko'rsatdi. Batareyaning ichki qarshiligini toping.

20. $U = 110 \text{ V}$ kuchlanishga mo'ljallangan chiroq tarmoqdagi kuchlanish $U_1 = 127 \text{ V}$ bo'lganda normal rejimda ishlashi uchun unga qanday qo'shimcha qarshilik ulash kerak? Chiroqning quvvati $P = 300 \text{ W}$.

21. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlashga doir tajriba o'tkazishda quyidagi ma'lumotlar olindi: tok o'tib turish vaqti $t = 20$ min, tok kuchi $I = 0,50$ A, katodning tajribagacha bo'lgan massasi $M_0 = 70,40$ g, tajribadan keyingi massasi $M = 70,58$ g. Bu ma'lumotlarga ko'ra misning elektrokimyoviy ekvivalenti uchun qanday qiymat olingan?

22. CuSO_4 eritmasidan $U = 8,0$ V kuchlanishda mis ajratib olinadi. $m = 1,0$ kg mis ajratib olish uchun sarf bo'lgan energiyani toping. Misning elektrokimyoviy ekvivalenti $k = 0,33$ mg/C.

23. Aliminiy elektrolitik usulda olishda $I = 40$ kA tok kuchida $U = 5,0$ V kuchlanish ostida ishlaydigan vannadan foydalaniladi. $m = 1,0$ t aliminiy olish uchun qancha t vaqt kerak va bunda qancha W energiya sarf bo'ladi? Aliminiyning elektrokimyoviy ekvivalenti $k = 93$ $\mu\text{g/C}$.

24. Induksiyasi $B = 0,10$ T bo'lgan bir jinsli magnit maydonga yuzi $S = 400$ sm^2 bo'lgan ramka shunday joylashtirilganki, ramkaga o'tkazilgan normal induksiya chiziqlariga tik joylashadi. Tok kuchi qancha bo'lganda ramkaga $M = 20$ $\text{mN}\cdot\text{m}$ aylantiruvchi moment ta'sir qiladi?

25. Agar $I = 1,0$ A tok kuchida $S = 1,0$ sm^2 yuzli ramkaga ta'sir qilayotgan aylantiruvchi momentning maksimal qiymati $M_m = 0,50$ $\text{mN}\cdot\text{m}$ bo'lsa, magnit maydon induksiyasini aniqlang. Ramkada $N = 100$ o'ram sim bor.

III.3. Uchinchi daraja qiyinlikdagi masalalar

1. Bir xil ishorali q va $4q$ zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita bir xil metall sharcha bir-biridan r masofada turibdi. Sharchalar bir-biriga tekkiziladi. O'zaro ta'sir kuchi avvalgidек qolishi uchun ularni bir-biridan qanday x masofaga uzoqlashtirish kerak?

2. Bir xil ishorali $q_1 = 0,36$ μC va $q_2 = 0,16$ μC zaryadlar bir-biridan $r = 20$ sm masofada joylashgan. Zaryadlar orasidagi to'g'ri chiziqning qaysi nuqtasida maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lishini aniqlang.

3. $q = 1,7$ nC dan bo'lgan uchta bir xil zaryad tomonlari $a = 3,0$ sm dan bo'lgan uchburchakning uchlariga joylashtirilgan. Bu zaryadlarning har qaysisiga qanday kuch ta'sir etadi?

4. $q_1 = 10$ va $q_2 = 16$ nC zaryadlar bir-biridan $a = 7,0$ mm masofada joylashgan. Kichik zaryaddan $r_1 = 3,0$ mm va katta zaryaddan $r_2 = 4,0$ mm masofada bo'lgan nuqtaga joylashtirilgan $q = 2,0$ nC zaryadga qanday kuch ta'sir qiladi?

5. Bir nuqtaga bog'langan, uzunliklari bir xil ikkita ipga massalari $m = 400$ mg dan bo'lgan ikkita bir xil sharcha osilgan. Ular bir xil zaryadlar bilan zaryadlandi. Bunda sharchalar bir-biridan $r = 15,0$ sm ga qochib, iplar to'g'ri burchak hosil qildi. Har qaysi sharchaning zaryadini toping.

6. Diametri $D = 18,0$ sm bo'lgan metall sfera $\varphi = 300$ V potensialgacha zaryadlangan. Zaryad sfera sirtida qanday σ zichlik bilan taqsimlangan?

7. Elektron kuchlanganligi $E = 120$ V/m bo'lgan bir jinsli elektr maydonning kuch chiziqlari yo'nalishida harakatlanmoqda. Agar elektronning boshlang'ich tezligi $v_1 = 1000$ km/s bo'lsa, u vakuumda tezligini to'la yo'qotishi uchun qanday l masofani uchib o'tishi kerak? Bu uchish qancha vaqt davom etadi? Elektronning zaryadi $e = -1,60 \cdot 10^{-19}$ C, massasi esa $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.

8. Elektron potentsiali $\varphi_1 = 450$ V bo'lgan nuqtadan $v_1 = 470$ km/s tezlik bilan uchib chiqdi. U $\varphi_2 = 475$ V potentsialli nuqtada qanday v_2 tezlikka ega bo'ladi? Elektronning zaryadi $e = -1,60 \cdot 10^{-19}$ C, massasi esa $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.

9. Diametri $d = 1,0$ mm, massasi $m = 300$ g bo'lgan po'lat sim o'ramining qarshiligini aniqlang. Po'latning zichligi $\rho_0 = 7,8$ g/sm³, solishtirma qarshiligi $\rho = 0,12$ $\mu\Omega \cdot m$.

10. Mis simdan qilingan elektromagnit chulg'amining qarshiligi $t_1 = 20^\circ\text{C}$ da $R_1 = 2,0$ Ω edi, uzoq muddat ishlagandan so'ng $R_2 = 2,4$ Ω bo'lib qoldi. Bunda chulg'am qanday t_2 haroratgacha qizigan? Mis qarshiligining termik koeffitsiyenti $\alpha = 0,0043$ K⁻¹.

11. Harorat $t_1 = 0^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 30^\circ\text{C}$ gacha o'zgarganda chulg'ami mis simdan qilingan elektromagnit iste'mol qiladigan quvvat necha foiz o'zgaradi? Mis qarshiligining termik koeffitsiyenti $\alpha = 0,0043$ K⁻¹.

12. Tok manbayiga $R_1 = 5,0$ Ω qarshilikli rezistor ulanganda, tok kuchi $I_1 = 1,0$ A bo'lgan, $R_2 = 15$ Ω qarshilikli rezistor ulanganda esa tok kuchi $I_2 = 0,50$ A bo'lgan. Tok manbayining EYK ini va ichki qarshiligini aniqlang.

13. Qarshiliklari $R_1 = 180$ Ω va $R_2 = 360$ Ω bo'lgan ikkita chiroq $U = 120$ V kuchlanishli tarmoqqa parallel ulandi. Chiroqlarning har birida qanday quvvat ajraladi? Agar chiroqlar tarmoqqa ketma-ket ulansa, ularda qanday quvvat ajraladi?

14. $U = 220$ V kuchlanishga mo'ljallangan elektr plitkada ikkita spiral bo'lib, har birining ish rejimidagi qarshiligi $R = 80,7$ Ω . Elektr tarmoqqa uzgich-ulagich yordamida bitta spiralni, ikkala spiralni ketma-ket yoki parallel holda ulash mumkin. Har qaysi hol uchun quvvat qancha bo'lishini toping.

15. Tok manbayining EYK $\mathcal{E} = 2,0$ V, ichki qarshiligi $r = 1,0$ Ω . Agar tashqi zanjirda $P = 0,75$ W quvvat ajralayotgan bo'lsa, uning qarshiligi qancha?

16. Ichki qarshiligi $r = 2,0$ Ω , EYK $\mathcal{E} = 3,5$ V bo'lgan akkumulator $U = 12$ V kuchlanishli tarmoqdan zaryadlanadi. Zanjirdagi tok kuchi $I = 1,0$ A dan ortmasligi uchun qanday cheklovchi qarshilik ulash lozim? Bunda akkumulator klemmlarida qanday U_1 kuchlanish bo'ladi?

17. $U = 120$ V kuchlanishga mo'ljallangan va qarshiligi $R = 240$ Ω bo'lgan elektr chiroqni $U_1 = 220$ V kuchlanishli tarmoqqa ulash lozim. Buning uchun kesimi $S = 0,55$ mm² bo'lgan nixrom simdan necha metrini chiroqqa ketma-ket qilib ulash kerak? Nixromning solishtirma qarshiligi $\rho = 1,1$ $\mu\Omega \cdot m$.

18. $l = 30$ sm uzunlikka ega bo'lgan o'tkazgich $B = 0,40$ T induksiyali bir jinsli magnit maydonga $\alpha = 30^\circ$ burchak ostida joylashgan. O'tkazgich orqali $I = 20$ A tok oqmoqda. O'tkazgichni o'ziga va magnit maydonga tik ravishda $x = 25$ sm masofaga ko'chirishda bajarilgan ishini aniqlang.

19. Magnit kuch chiziqlariga tik joylashgan $l = 30$ sm uzunlikdagi to'g'ri o'tkazgich o'ziga tik yo'nalishda $v = 6,0$ m/s tezlik bilan harakatlanib, magnit maydonni $\alpha = 60^\circ$ burchak ostida kesib o'tadi. O'tkazgichda induksiyalanuvchi EYK $\mathcal{E} = 3,2$ V bo'lsa, maydonning magnit induksiyasi qanchaga teng?

20. Aktiv qismining uzunligi $l = 8,0$ sm bo'lgan o'tkazgichdagi tok kuchi $I = 50$ A ga teng. U induksiyasi $B = 20$ mT bo'lgan bir jinsli magnit maydonda turibdi. O'tkazgich kuch chiziqlariga tik ravishda $x = 10$ sm siljiganda bajarilgan ishini toping.

21. Ko'ndalang kesimi $S = 50$ sm² bo'lgan o'zakda nechta o'ram bo'lganda undagi magnit induksiyasini $\tau = 5,0$ ms davomida $B_1 = 0,10$ dan $B_2 = 1,10$ T gacha o'zgartirib, $\mathcal{E} = 100$ V induksiya EYK hosil qilish mumkin?

22. Induktivligi $L = 400$ μH va ko'ndalang kesim yuzi $S = 10$ sm² bo'lgan uzun solenoid orqali $I = 0,50$ A tok o'tmoqda. Agar solenoid $N = 100$ o'ramdan tashkil topgan bo'lsa, uning ichidagi magnit maydon induksiyasi qanday?

23. $I = 5,0$ A tok kuchida $\Phi = 0,50$ Wb magnit oqimi hosil qiladigan solenoid magnit maydonining energiyasini aniqlang.

24. Induktivligi $L = 0,50$ H bo'lgan g'altak orqali o'tayotgan tok kuchi $n = 2$ marta orttirilganda magnit maydon energiyasi $\Delta W = 3,0$ J ga ortdi. Tok kuchining va maydon energiyasining boshlang'ich qiymatlari topilsin.

III.4. To'rtinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Tomoni a bo'lgan teng tomonli uchburchakning uchlarida $+q$, $+q$ va $-q$ zaryadlar bor. Elektr maydonning uchburchak markazidagi kuchlanganligini toping.

2. $q_1 = 90$ va $q_2 = 10$ nC zaryadlar bir-biridan $a = 4,0$ sm masofada joylashgan. Uchinchi zaryad muvozanatda turishi uchun uni qayerga joylashtirish lozim?

3. Radiusi $R = 3,0$ sm bo'lgan metall sharga $q = 16$ nC zaryad berildi. Zaryadning sirt zichligini va shar markazidan $r_1 = 2,0$ sm va $r_2 = 4,0$ sm narida joylashgan nuqtalardagi elektr maydon kuchlanganligini toping.

4. Bir-biridan $l = 1,0$ m masofada turgan va radiuslari $r_1 = 1,0$ va $r_2 = 2,0$ sm bo'lgan ikkita metall sharcha EYKi $\epsilon = 3000$ V bo'lgan batareyaga ulandi. Sharlarning o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.

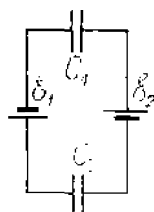
5. $v = 1000$ km/s tezlik bilan harakatlanayotgan elektronlar dastasi radiusi $r = 5,0$ sm bo'lgan metall sharga tushadi. Sharda to'planadigan elektronlar soni N ko'pi bilan qancha bo'lishi mumkin? Elektronning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, massasi esa $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

6. Zaryadlangan yassi kondensatorning qoplamalari orasiga dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan dielektrik shunday kiritilganki, u plastinalar yuzlarining yarimlari orasidagi hajmni butunlay to'ldirdi. Bunda kondensatorning sig'imi, qoplamalardagi zaryad va ular orasidagi kuchlanish necha marta o'zgargan?

7. Yassi kondensatorning har qaysi qoplamasi yuzi $S = 200$ sm², ular orasidagi masofa esa $d = 1,0$ sm. Agar kondensatordagi elektr maydon kuchlanganligi $E = 500$ kV/m bo'lsa, kondensatorda qancha energiya mujassamlashgan? Qoplamalar orasidagi masofa $\Delta d = 2,0$ sm orttirilsa, bu energiya qanchaga o'zgaradi?

8. Bir-biridan juda uzoqda joylashgan o'tkazgichlardan C_1 sig'imlisi ϕ_1 potensialgacha, C_2 sig'imlisi esa ϕ_2 potensialgacha zaryadlandi. Agar o'tkazgichlar sim bilan tutashtirilsa, ularning potentsiali qancha bo'ladi?

9. Agar chizmasi III.2-rasmda keltirilgan zanjirda $\mathcal{E}_1 = 12$ kV, $\mathcal{E}_2 = 13$ kV, $C_1 = 3,0$ μ F, $C_2 = 7,0$ μ F bo'lsa, kondensatorlardagi U_1 va U_2 kuchlanishlar aniqlansin. Dielektriklarning o'tkazuvchanligi hisobga olinmasin.



III.2- rasm.

10. $U = 24 \text{ V}$ kuchlanishli tarmoqqa o'zaro ketma-ket ikkita rezistor ulandi. Bunda tok kuchi $I_1 = 0,60 \text{ A}$ bo'ldi. Rezistorlar o'zaro parallel ulanganda esa yig'indi tok kuchi $I_2 = 3,2 \text{ A}$ bo'ldi. Rezistorlarning qarshiliklarini aniqlang.

11. Maktab demonstratsiya galvanometrda asbobning qarshiligi $r = 385 \Omega$ va strelkani bir bo'limga og'dirish uchun kerak bo'ladigan tok kuchi $I = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ A}$ /bo'l ekanligi ko'rsatilgan. Shkala $N = 10$ ta bo'limga ega. Asbobni o'lchash chegarasi $I_1 = 3 \text{ A}$ va $I_2 = 10 \text{ A}$ bo'lgan ampermetrga aylantirish uchun unga ulanadigan ikki shuntning qarshiliklari qanday bo'lishi kerak?

12. Maktab galvanometrda asbobning qarshiligi $r = 2,3 \Omega$ va strelkani bir bo'limga og'dirish uchun kerak bo'ladigan kuchlanish $V_0 = 1,4 \text{ mV}$ /bo'l ekanligi ko'rsatilgan. Shkala $N = 10$ bo'limga ega. Asbobni o'lchash chegarasi $U = 5 \text{ V}$; 15 V bo'lgan voltmetr sifatida foydalanish uchun unga ulanadigan qo'shimcha rezistorning qarshiligi qanday bo'lishi kerak?

13. Kesimi $S = 0,84 \text{ mm}^2$ bo'lgan nikelin simdan $U = 220 \text{ V}$ ga mo'ljallangan qizdiruvchi element tayyorlash va uning yordamida $t_0 = 20^\circ\text{C}$ haroratli $V = 2,0 \text{ l}$ suvni $\tau = 10$ minutda qaynatish uchun nikelin simdan necha metr olish lozim? FIK $\eta = 80 \%$. Nikelinning solishtirma qarshiligi $\rho = 0,42 \mu\Omega \cdot \text{m}$. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

14. EYK i $\mathcal{E} = 10 \text{ V}$ va ichki qarshiligi $r = 1,0 \Omega$ bo'lgan akkumulator tashqi qarshilikka ulangan va unda $P = 9,0 \text{ W}$ quvvat hosil qiladi. Akkumulator qisqichlaridagi potentsiallar farqini toping.

15. EYK i $\mathcal{E} = 120 \text{ V}$ va ichki qarshiligi $r = 10 \Omega$ bo'lgan akkumulatorlar batareyasiga har biri $U = 100 \text{ V}$ ga mo'ljallangan va $P = 50 \text{ W}$ quvvat iste'mol qiluvchi chiroqlardan nechitasi parallel ulanganda ular normal yonadi?

16. Agar elektroliz $U = 5,0 \text{ V}$ kuchlanishda va qurilmaning FIK $\eta = 74 \%$ bo'lganda olib borilayotgan bo'lsa, $t = 27^\circ\text{C}$ haroratda va $p = 100 \text{ kPa}$ bosimda $V = 2,5 \text{ l}$ vodorod olish uchun qancha elektr energiya sarf bo'ladi? Vodorodning elektrokimyoviy ekvivalenti $k = 10,4 \mu\text{g}/\text{C}$, molyar massasi $\mu = 2,0 \text{ g/mol}$.

17. Induksiyasi $B = 10 \text{ mT}$ bo'lgan magnit maydonda proton $r = 10 \text{ sm}$ radiusli aylana chizadi. Protonning tezligini toping. Protonning massasi $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, zaryadi esa $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

18. Induksiyasi $B = 10 \text{ mT}$ bo'lgan bir jinsli magnit maydonda induksiya chiziqlariga tik ravishda elektron $W_k = 30 \text{ keV}$ kinetik energiya bilan uchib kiradi. Maydonda elektron harakat

trayektoriyasining egrilik radiusini toping. Elektronning zaryadi $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C, massasi esa $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.

III.5. Beshinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Birining radiusi $r_1 = 5,0$ sm va zaryadi $q_1 = 0,80$ nC, ikkinchisining radiusi $r_2 = 10,0$ sm va zaryadi $q_2 = -2,0$ nC bo'lgan va bir-biridan uzoqda joylashgan ikkita shar ingichka sim bilan tutashtirildi. Sim bo'ylab qancha Δq zaryad ko'chadi? Tutashtirilgandan keyin sharlarning umumiy potentsiali qanday bo'ladi?

2. Radiuslari $r_1 = 5,0$ sm va $r_2 = 10,0$ sm bo'lgan va bir-biridan uzoqda joylashgan ikkita A va B sharlar bir xil $q = 6,7$ nC zaryadlarga ega. Agar sharlar ingichka sim bilan tutashtirilsa, simda zaryadlar qaysi yo'nalishda harakatlanadi? Bir shardan ikkinchisiga qancha Δq zaryad o'tadi? Tutashtirilgandan so'ng sharlarning potentsiallari va zaryadlari qanday bo'ladi?

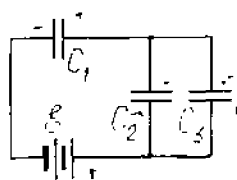
3. Uzunliklari bir xil bo'lgan va bir nuqtaga bog'langan iplarga bir xil sharchalar osildi va bir xil ishorali zaryadlar bilan zaryadlandi. Sharchalar bir-biridan itarishib, iplar orasidagi burchak $\alpha = 60^\circ$ bo'ldi. Sharchalar suyuq dielektrikka botirilgandan keyin iplar orasidagi burchak $\beta = 50^\circ$ gacha kamaydi. Muhitning dielektrik singdiruvchanligini toping. Itarib chiqaruvchi kuchni hisobga olmang.

4. N ta bir xil sharsimon simob tomchilari bir xil ϕ potentsialga ega. Agar shu simob tomchilari qo'shilib, bitta katta sharsimon simob tomchisini hosil qilsa, uning potentsiali qanchaga teng bo'ladi?

5. Chizmasi III.3-rasmda ko'rsatilgandek zanjirga ulangan kondensatorlarning har biridagi zaryad aniqlansin. Manbaning EYKi $\mathcal{E}$ ga teng.

6. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi fazo ikki qatlam dielektrik: $d_1 = 1,0$ sm qalinlikdagi chinni ($\epsilon_1 = 6,0$) va $d_2 = 2,0$ sm qalinlikdagi parafin ($\epsilon_2 = 2,0$) bilan to'ldirilgan. Qoplamalar orasidagi potentsiallar farqi $U = 2,1$ kV ga teng. Dielektrik qatlamlarning har biridagi maydon kuchlanganligi va potentsial tushuvi aniqlansin.

7. Yuzi $S = 100$ sm² bo'lgan yassi kondensator qoplamalari qanday F kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi? Ular orasidagi potentsiallar farqi $U = 500$ V, masofa esa $d = 3,0$ mm. Qoplamalar orasi vakuum.



III.3- rasm.

8. Ikki ta bir xil zaryadlangan kondensatorlar bir xil qutblari bilan o'zaro tutashtirilgan. Kondensator qoplamalarining yuzi S va ularning umumiy zaryadi q ga teng. Kondensator qoplamalari orasidagi masofa birinchi kondensator uchun $d_1 = d_0 + \eta t$, ikkinchi kondensator uchun esa $d_2 = d_0 - \eta t$ qonuniyatlar bo'yicha o'zgarsa, zanjirdan o'tuvchi tokning kuchi topilsin.

9. Agar tok kuchi $I_1 = 30$ A bo'lganda tashqi zanjirdagi quvvat $P_1 = 180$ W, tok kuchi $I_2 = 10$ A bo'lganda esa quvvat $P_2 = 100$ W bo'lsa, tok manbayining ichki qarshiligi va EYKi qancha?

10. EYKi $\mathcal{E} = 45$ V bo'lgan akkumulatorga $R_1 = 16 \Omega$ qarshilik ulangan. Agar shu qarshilikka ketma-ket $R_2 = 9,0 \Omega$ qarshilik ulansa, tashqi zanjirdagi quvvat o'zgarmaydi. Shu quvvatni toping.

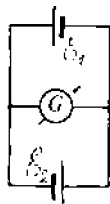
11. EYKi $\mathcal{E} = 250$ V va ichki qarshiligi $r = 0,10 \Omega$ bo'lgan generatordan iste'molchiga ikki simli liniya tortish lozim. Liniyaning uzunligi $l = 100$ m. Agar iste'molchining maksimal quvvati $P = 22$ kW bo'lib, u $U = 220$ V kuchlanishga mo'ljallangan bo'lsa, tok keltiruvchi simlar yasash uchun qancha aluminij kerak? Aluminijning zichligi $\rho_0 = 2,7$ g/sm³, solishtirma qarshiligi $\rho = 28$ nΩ · m.

12. Elektr choynak ikki isitkichga ega. Ulardan biri ulansa, choynakdagi suv $\tau_1 = 15$ minutda, ikkinchisi ulansa, $\tau_2 = 30$ minutda qaynaydi. Ikkala isitkich: a) ketma-ket; b) parallel ulansa, choynakdagi suv necha minutda qaynaydi?

13. EYK lari $\mathcal{E}_1$ va $\mathcal{E}_2$, ichki qarshiliklari r_1 va r_2 bo'lgan tok manbalari III.4-rasmda ko'rsatilgandek ulangan. Ichki qarshiliklarning qanday nisbatida galvanometrda tok o'tmaydi?

14. Kinetik energiyalari $W_k = 1,00$ MeV dan bo'lgan protonlar qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanmoqda (bir chiziq bo'ylab). Ularning maksimal o'zaro ta'sir kuchi qanchaga teng? Protonning zaryadi $q = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C.

15. Oraligi $l = 60$ sm bo'lgan gorizontall relslarda ularga tik ravishda sterjen yotibdi. Sterjenni harakatlantirish uchun undan o'tishi kerak bo'lgan eng kichik tok kuchini aniqlang. Relslar va sterjen $B = 60$ mT induksiya bir jinsli vertikal magnit maydonda joylashgan. Sterjenning massasi $m = 0,50$ kg, uning relslarga ishqalanish koeffitsiyenti $\mu = 0,10$.



III.4- rasm.

16. Eni a , ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan yupqa metall lentadan I tok o'tmoqda. Agar lenta uning yuzasiga tik bo'lgan B induksiya bir jinsli magnit maydonga kiritilsa, uning qirralari orasida paydo bo'ladigan potensiallar farqini aniqlang. Lentadagi erkin elektronlar konsentratsiyasi n ga teng.

IV b o b. MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO'LOQLAR. ELEKTR TEBRANISHLAR VA TO'LOQLAR

Asosiy formulalar

1. Prujinali mayatnik harakatining tenglamasi:

$$a = -\frac{k}{m}x,$$

bu yerda: a — tezlanishning X o'qidagi proyeksiyasi, x — mayatnikning siljishi, k — prujina bikrligi, m — unga osilgan yukning massasi.

2. Matematik mayatnikning harakat tenglamasi:

$$a = -\frac{g}{l}x,$$

bu yerda l — matematik mayatnikning uzunligi.

3. Matematik mayatnikni muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kvazi elastik kuch:

$$F = mg \sin \alpha,$$

bu yerda: m — matematik mayatnikka osilgan sharning massasi, α — matematik mayatnikni muvozanat vaziyatidan og'ish burchagi.

4. Garmonik tebranishlar:

a) mayatnikning muvozanat vaziyatidan siljishi:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad \text{yoki} \quad x = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

bu yerda: A — amplituda (eng katta siljish), t — vaqt, ω — siklik doiraviy chastota, φ_0 — boshlang'ich faza, $\varphi = \omega t + \varphi_0$ — faza;

b) mayatnik tezligining X o'qidagi proyeksiyasi:

$$v = \frac{dx}{dt} = x' = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0) \quad \text{yoki}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = x' = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0),$$

$$v_{\max} = A\omega,$$

bu yerda $v_{\max}$ — tezlikning amplitudaviy (eng katta) qiymati;

d) mayatnik tezlanishining X o'qidagi proyeksiyasi:

$$a = \frac{dv}{dt} = v' = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) \quad \text{yoki}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = v' = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

$$a_{\max} = A\omega^2,$$

bu yerda $a_{\max}$ — tevlanishning amplitudaviy (eng katta) qiymati.

5. Tevlanishlar chastotasi ν va davri T :

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}, \quad T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega},$$

bu yerda N — tevlanishlar soni.

6. Prujinali mayatnikning tevlanish davri, chastotasi va siklik chastotasi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

7. Matematik mayatnikning tevlanish davri, chastotasi va siklik chastotasi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

8. Fizik mayatnikning tevlanish davri va chastotasi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l^*}{g}}, \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l^*}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l^*}},$$

bu yerda l^* — fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi.

9. Ilgarilanma harakat qilayotgan mayatnikning kinetik va potensial energiyalari:

$$W_k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0), \quad W_p = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0),$$

$$W_k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0), \quad W_p = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0).$$

10. Ilgarilanma harakat qilayotgan mayatnikning to'liq mexanik energiyasi:

$$W = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = 2\pi m \nu^2 A^2.$$

11. To'liq in uzunligi λ , chastotasi ν , tevlanish davri T va tarqalish tezligi v orasidagi bog'lanish:

$$\lambda = \nu T, \quad \nu = \frac{v}{\lambda}, \quad v = \lambda \nu = \frac{\lambda}{T}.$$

12. Yuguruvchi to'liq in tenglamasi:

$$x = A \sin(\omega t - kd) = A \sin 2\pi\left(\nu t - \frac{d}{\lambda}\right)$$

yoki

$$x = A \cos(\omega t - kd) = A \cos 2\pi\left(\nu t - \frac{d}{\lambda}\right),$$

bu yerda: x — to'liqin siljishi, A — amplitudasi, ω — siklik chastotasi, d — to'liqin tarqalayotgan nuqtadan u yetib borgan nuqttagacha bo'lgan masofa, $k = 2\pi/\lambda$ — to'liqin soni.

13. Turg'un to'liqin:

a) tenglamasi: $x = 2A \cos 2\pi d/\lambda \sin \omega t$, $x = 2A \times \cos 2\pi d/\lambda \cos \omega t$;

b) amplitudasi: $A_T = 2A \cos \frac{2\pi d}{\lambda}$;

d) to'liqin uzunligi: $\lambda_T = \frac{\lambda}{2}$.

14. Tovushning havodagi tarqalish tezligi v ning havoning temperaturasi T ga bog'lanishi:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}},$$

bu yerda: $\gamma = 1,4$; R — universal gaz doimiysi, μ — havoning molyar massasi.

15. Tebranish konturidagi zaryad va tokning vaqtga bog'lanishi:

$$q = q_0 \cos \omega_0 t, \quad i = -q_0 \omega_0 \sin \omega_0 t = I_0 \cos(\omega_0 t + \pi/2) \quad \text{yoki}$$

$$q = q_0 \sin \omega_0 t, \quad i = q_0 \omega_0 \cos \omega_0 t = I_0 \cos \omega_0 t,$$

bu yerda: q_0 — konturdagi zaryadning amplitudaviy qiymati, $I_0 = q_0 \omega_0$ — konturdagi tok kuchining amplitudaviy qiymati.

16. Tebranish konturidagi elektromagnit tebranishlarning davri, chastotasi va siklik chastotasi:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \quad \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

bu yerda L va C — tebranish konturining induktivligi va sig'imi.

17. O'zgaruvchan tok va kuchlanish:

$$i = I_0 \sin(\omega t + \varphi), \quad u = U_0 \sin \omega t$$

yoki

$$i = I_0 \cos(\omega t + \varphi), \quad u = U_0 \cos \omega t,$$

bu yerda: i — tok kuchining, u — kuchlanishning oniy qiymatlari, I_0 — tok kuchi, U_0 — kuchlanishning amplitudaviy (eng katta) qiymati; ω — o'zgaruvchan tokning siklik chastotasi, φ — tok kuchi bilan kuchlanish tebranishlarining fazalari farqi.

18. Tok kuchi va kuchlanishning ta'sir etuvchi (effektiv) qiymatlari:

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}.$$

19. O'zgaruvchan tok generatori hosil qilgan tok chastotasi:

$$\nu = N \frac{\omega}{60},$$

bu yerda: N — generator qutb juftliklarining soni, ω — generator rotorining ayl/min da o'Ichangan aylanish chastotasi.

20. Magnit maydonda ω siklik chastota bilan aylanayotgan ramkada (generator) hosil bo'ladigan o'zgaruvchan EYK:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t,$$

bu yerda: $\mathcal{E}_0 = NSB\omega$ — o'zgaruvchan EYK amplitudasi, N — ramkadagi o'ramlar soni, S — o'ramning yuzi, B — magnit maydon induksiyasi.

21. Faqat aktiv qarshilik R dan iborat o'zgaruvchan tok zanjiridagi kuchlanish U , tok i va quvvat P larning oniy qiymatlari va ular orasidagi munosabatlar:

$$u = U_0 \cos \omega t; \quad i = I_0 \cos \omega t; \quad p = I_0 U_0 \sin^2 \omega t;$$

$$\frac{u}{i} = \frac{U_0}{I_0} = R, \quad p = Ui = i^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

$$\text{Quvvatning o'rtacha qiymati: } \langle p \rangle = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{I^2 R}{2} = \frac{U_0^2}{R}.$$

O'zgaruvchan tok zanjirining aktiv qarshilikli qismidagi quvvat:

$$P = \langle p \rangle = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

22. O'zgaruvchan tok zanjiridagi sig'im:

a) tok kuchi, kuchlanish va quvvatning oniy qiymatlari:

$$u = U_0 \cos \omega t, \quad i = U_0 C \omega \cos(\omega t + \pi/2), \quad p = I_0 U_0 / 2 \times \\ \times \sin 2\omega t, \quad \langle p \rangle = 0;$$

b) sig'im qarshilik: $R_C = X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C};$

d) tok kuchining amplitudaviy va ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_C} = U_0 \omega C = U_0 2\pi\nu C, \quad I = \frac{U}{R_C} = U \omega C = U 2\pi\nu C.$$

23. O'zgaruvchan tok zanjiridagi induktivlik:

a) tok kuchi, kuchlanish va quvvatning oniy qiymatlari:

$$u = I_0 \cos \omega t; \quad u = I_0 \omega L \cos(\omega t + \pi/2), \quad p = I_0 U_0 / 2 \times \\ \times \sin 2\omega t, \quad \langle p \rangle = 0;$$

b) induktiv qarshilik: $R_L = X_L = \omega L = 2\pi\nu L$;

d) tok kuchining amplitudaviy va ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_L} = \frac{U_0}{\omega L} = \frac{U_0}{2\pi\nu L}, \quad I = \frac{U}{R_L} = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{2\pi\nu L}.$$

24. O'zgaruvchan tok zanjiriga ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok elementlarining to'liq qarshiligi (impedans):

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

25. O'zgaruvchan tok zanjiriga ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok elementlaridagi umumiy kuchlanishning amplitudaviy va ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}, \quad U_0 = \sqrt{U_{0R}^2 + (U_{0L} - U_{0C})^2}.$$

26. O'zgaruvchan tok zanjiriga ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok elementlari uchun Om qonuni va tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi fazalar farqi:

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}};$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}};$$

$$\varphi = \arctg \frac{R_L - R_C}{R} = \arctg \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}.$$

27. O'zgaruvchan tok zanjiriga parallel ulangan o'zgaruvchan tok elementlaridagi tok kuchining amplitudaviy va ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$I_0 = \sqrt{I_{0R}^2 + (I_{0C} - I_{0L})^2}, \quad I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}.$$

28. O'zgaruvchan tok zanjiriga parallel ulangan o'zgaruvchan tok elementlarining umumiy qarshiligi (impedans):

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{R_L} - \frac{1}{R_C}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}.$$

29. O'zgaruvchan tok zanjiriga parallel ulangan o'zgaruvchan tok elementlari uchun Om qonuni va tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi fazalar farqi:

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{R_C} - \frac{1}{R_L}\right)^2}}, \quad I = \frac{U}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{R_C} - \frac{1}{R_L}\right)^2}}.$$

30. O'zgaruvchan tok zanjiridagi quvvat:

$$P = \frac{U_0 I_0}{2} \cos \varphi = UI \cos \varphi,$$

bu yerda $\cos \varphi = R/Z$ — quvvat koeffitsiyenti.

31. Elektr zanjiridagi rezonans:

a) rezonans chastota: $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$;

b) kondensator va g'altakdagi kuchlanish: $U_{\text{Crez}} = U_{\text{I.rez}} = I_r \sqrt{\frac{L}{C}}.$

32. Transformatsiya koeffitsiyenti:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1},$$

bu yerda: N_1 va N_2 — transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlaridagi o'ramlar soni, U_1 va U_2 — birlamchi va ikkilamchi chulg'amlaridagi kuchlanish, I_1 va I_2 — shu chulg'amlaridagi tok kuchlari.

33. Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} \cdot 100\%.$$

34. Elektromagnit to'lqinning sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan muhitda tarqalish tezligi:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}},$$

bu yerda: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s — elektromagnit to'lqinning vakuumdagi tarqalish tezligi, ϵ — to'lqin tarqalayotgan muhitning dielektrik

singdiruvchanligi, μ — to'liqin tarqalayotgan muhitning magnit singdiruvchanligi.

35. Elektromagnit to'liqin uzunligi:

$$\lambda = 2\pi c\sqrt{LC},$$

bu yerda L va C — elektromagnit to'liqin tarqatayotgan vibratorning induktivligi va sig'imi.

Masala yechish namunalari

1. Mayatnikning tebranishi $x = 10 \cos 6,28t$ qonunga bo'ysunadi. Tebranish amplitudasini, chastotasini va davrini aniqlang.

Berilgan:	Yechilishi
$x = 10 \cos 6,28t$	Mayatnikning tebranishi kosinuslar qoidasiga bo'ysunganligi uchun garmonik tebranish tenglamasini umumiy ravishda $x = A \cos \omega t$ deb yozish mumkin. Uni berilgan tenglama bilan taqqoslansa, $A = 10\text{m}$, $\omega = 6,28 \text{ rad/s}$ ekanligini topish mumkin. Undan $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = 1\text{Hz}$, $T = \frac{1}{\nu} = 1\text{s}$ ekanligini aniqlaymiz.
$A = ? \quad \nu = ? \quad T = ?$	

2. Mayatnikning tebranma harakat boshlang'ich fazasi $\frac{\pi}{6}$. Uning davrining $\frac{1}{12}$ ulushidagi tebranish fazasini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$\varphi_0 = \frac{\pi}{6},$	Mayatnikning tebranish fazasini $\varphi = \frac{2\pi}{T}t + \varphi_0$ ko'rinishida yozamiz. Bu yerdagi t va φ_0 larning yuqoridagi qiymatlari qo'yilsa, $\varphi = \frac{\pi}{6} +$
$t = \frac{1}{12}T.$	
$\varphi = ?$	

$+\frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$ ekanligi ma'lum bo'ladi.

3. Uzunligi 10 sm bo'lgan prujinaga osilgan yukning tebranish davrini hisoblang.

Berilgan:	Yechilishi
$x = 10 \text{ sm} = 0,1 \text{ m}.$	Prujinali mayatnikning tebranish davri $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ga teng. Bu ifodani $T = 2\pi\sqrt{\frac{m\lambda}{kx}}$ deb yozib olamiz. Bu mayatnik uchun
$T = ?$	

$kx = mg$. Shu tufayli $T = 2\pi\sqrt{\frac{m\Delta x}{kx}} = T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta x}{g}}$ bo'ladi. Demak, $T = 6,28\sqrt{10^{-2}}\text{ s} = 0,628\text{ s}$ ekan.

4. Matematik mayatnikning tebranish amplitudasi 20 sm, chastotasi 500 Hz. Mayatnik 0,1 s ichida qancha yo'l o'tadi?

Berilgan:	Yechilishi
$A = 20\text{ sm} = 0,2\text{ m},$ $\nu = 500\text{ Hz},$ $t = 0,1\text{ s}.$	Mayatnik bosib o'tgan yo'l $s = 4AN$ ga teng, bu yerda N — tebranishlar soni. U $N = \nu t$ ga teng. Shuning uchun $s = 4A\nu t = 4 \cdot 0,2 \cdot 500 \cdot 0,1 = 40\text{ m}$ bo'ladi.
$s = ?$	

5. Uzunligi 40 sm bo'lgan ipga bog'langan kichkina sharcha vagonning shiftiga osib qo'yilgan. Vagon relslar ulangan joydan o'tishda davriy ravishda majburiy tebranadi. Vagonning tezligi qanday bo'lganda sharcha kuchli vertikal tebranishni sezadi? Relsning uzunligi 12,56 m.

Berilgan:	Yechilishi
$l = 40\text{ sm} = 0,4\text{ m},$ $s = 12,56\text{ m}.$	Sharchaning chastotasi ν , vagonning relslar ulangan joydan o'tishda yuzaga keladigan majburiy tebranishlar chastotasiga teng bo'lganda majburiy tebranishi:
$\nu = ?$	$\nu = \frac{l}{s}.$

Sharchaning xususiy tebranish chastotasi $\nu_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$. Kuchli majburiy tebranish $\nu = \nu_0$ da sodir bo'lgani uchun

$$\frac{l}{s} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

deb yozish mumkin. Undan $\nu = \frac{s}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} = \frac{12,56}{6,28}\sqrt{\frac{10}{0,4}} = 10\text{ m/s}$ ekanligi kelib chiqadi.

6. Chastotasi 2 Hz bo'lgan to'lqin 3 m/s tezlik bilan tarqalmoqda. Bir-biridan 75 sm masofada bo'lgan nuqtalar qanday fazada tebranadi?

Berilgan:	Yechilishi
$\nu = 2\text{ Hz},$ $v = 3\text{ m/s},$ $d = 75\text{ sm} = 0,75\text{ m}.$	Birinci nuqtadagi to'lqin tenglamasini $x_1 = A \sin \omega t$, ikkinchi nuqtadagi to'lqin tenglamasini $x_2 = A \sin(\omega t - \omega d/v)$ deb yozish mumkin.
$\varphi = ?$	

Bundan fazalar farqi $\varphi = \frac{\omega d}{v} = \frac{2\pi v d}{v} = \frac{2\pi \cdot 2 \cdot 0,75}{3} = \pi$ ekanligini topish mumkin.

7. Tebranish konturi sig'imi 625 pF bo'lgan kondensatordan va induktivligi 10 mH bo'lgan g'altakdan iborat. Agar kuchlanish amplitudasi 400 V bo'lsa, tok kuchi amplitudasini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$C=625\text{mF}=625 \cdot 10^{-12}\text{F},$ $L=10 \text{ mH}=10 \cdot 10^{-2}\text{H},$ $U_0=400 \text{ V},$ $I_0 = ?$	Tebranish konturida elektr maydon energiyasi magnit maydon energiya-siga aylanadi. Shu tufayli $\frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$ deb yozish mumkin. Bundan

$$I_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} = 400 \sqrt{\frac{625 \cdot 10^{-12}}{10^{-2}}} = 0,1 \text{ A ekanligini aniqlaymiz.}$$

8. O'zgaruvchan tok kuchlanishi $u = U_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Davrning $\frac{1}{12}$ ulushidagi bu kuchlanishning oniy qiymati $u = 10\sqrt{3}\text{V}$ bo'lsa, uning amplitudaviy qiymatini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$t = \frac{T}{12},$ $u = 10\sqrt{3}\text{V},$ $u = U_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{6}).$ $U_0 = ?$	Kuchlanishning o'zgarish qonunini $u = U_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \frac{\pi}{6}\right)$ deb yozib olib, unga t ning va u ning qiymatlarini qo'yamiz:

$$10\sqrt{3} = U_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{12} + \frac{\pi}{6}\right), \quad 10\sqrt{3} = U_0 \sin \frac{\pi}{3}.$$

Bundan $U_0 = \frac{10}{\sin \frac{\pi}{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} = 20 \text{ V}$ ekanligini topamiz.

9. Rezistordan o'tayotgan tokning amplitudasi 2,0 A, rezistor uchlaridagi kuchlanishning amplitudasi 310 V bo'lsa, unda ajralayotgan quvvat qancha?

Berilgan:	Yechilishi
$I_0 = 2,0 \text{ A},$ $U_0 = 310 \text{ V},$ $P = ?$	O'zgaruvchan tok zanjirida ajraladigan quvvat (aniqrog'i uning o'rtacha qiymati) $P = \frac{I_0 U_0 \cos \varphi}{2}$ formuladan aniqlanadi. Bu yerda

φ — kuchlanish va tok tebranishlari orasidagi fazalar farqi bo'lib, aktiv qarshilik holda $\varphi = 0$ ($\cos 0 = 1$).

Shuning uchun, $P = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{2 \cdot 310}{2} = 310 \text{ W}$ ekanligi kelib chiqadi.

10. Elektromagnit to'liqlar qabul qiluvchi priyomnikning o'zgaruvchan kondensator sig'imi C_1 dan $C_2 = 9C_1$ oraliqda o'zgaradi. Agar C_1 sig'imiga 3 m to'liq uzunlik mos kelsa, C_2 sig'imiga qanday to'liq uzunlik mos keladi?

Berilgan:	Yechilishi
$C_2 = 9C_1$, $\lambda_1 = 3 \text{ m}$.	C_1 sig'imiga $\lambda_1 = 2\pi c \sqrt{LC_1}$, C_2 sig'imiga esa
$\lambda_2 = ?$	$\lambda_2 = 2\pi c \sqrt{LC_2}$ to'liq uzunliklari mos keladi.
	$C_2 = 9C_1$ hisobga olingan holda unga mos keluvchi to'liq uzunligini $\lambda_2 = 6\pi c \sqrt{LC_1} = 3\lambda_1$ deb yozsa bo'ladi. Demak, $\lambda_2 = 9 \text{ m}$ bo'lar ekan.

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

IV. 1. Birinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Moddiy nuqta 2 minutda 600 marta tebranadi. Tebranish davrini aniqlang.

2. Moddiy nuqta 2 minutda 600 marta tebranadi. Tebranish chastotasini aniqlang.

3. Parametrlari $A = 0,1 \text{ m}$, $\omega = 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $\varphi_0 = 0,2\pi$ bo'lgan garmonik tebranishlar tenglamasini yozing.

4. Parametrlari: $A = 0,05 \text{ m}$, $T = 2,0 \text{ s}$, $\varphi_0 = 0,5\pi$ bo'lgan garmonik tebranishlar tenglamasini yozing.

5. Temir sharchali matematik mayatnikning sharchasini shunday o'lchamli qo'rg'oshin mayatnikka almashtirilsa, uning tebranish davri qanday o'zgaradi?

6. Uzunligi 1 m bo'lgan mayatnik 1 sm amplituda bilan tebrannoqda. Agar mayatnikning amplitudasi 2 marta orttirilsa, uning tebranish davri qanday o'zgaradi?

7. Jismning tebranishi $x = 0,1 \sin \pi(t + 0,5)$ tenglama bilan ifodalanadi. Jism tebrana boshlaganidan 10 s o'tgan paytdagi muvozanat vaziyatidan siljishini toping.

8. Yuqoridagi masala shartidan jismning tezligini aniqlang.

9. Avvalgi masala sharti uchun jism tezlanishini toping.

10. Prujinaga osib qo'yilgan $m = 0,2$ kg massali sharcha $\nu = 10$ Hz chastota bilan tebranmoqda. Prujinaning elastiklik koeffitsiyentini toping.

11. Uzunligi 4 m bo'lgan mayatnikning tebranish davrini aniqlang.

12. Tebranish davri 1 s ga teng bo'lgan mayatnikning uzunligi qanday bo'lishi kerak? $g = 10$ m/s².

13. Sinusoidal garmonik tebranayotgan nuqtaning tebranish amplitudasi 20 sm, boshlang'ich fazasi $\varphi_0 = 0$, ayni paytdagi tebranish fazasi $\frac{\pi}{6}$ ga teng. Shu nuqtaning muvozanat vaziyatidan siljishini toping.

14. Ko'ldagi to'lqinning uzunligi 28 m ga, davri esa 14 s ga teng. Shu to'lqinning tarqalish tezligini toping.

15. Qayiq 5 m/s tezlik bilan tarqalayotgan to'lqin ustida chayqalib turibdi. To'lqinning bir-biriga eng yaqin do'ngliklari orasidagi masofa 12 m. Qayiqning tebranish davrini toping.

16. Ikki temiryo'l stansiyasi orasidagi masofa 22 km. Tovush bir stansiyadan ikkinchi stansiyaga rels orqali qancha vaqtda yetib boradi? Po'latda tovush tarqalishi tezligi 5500 m/s.

17. Chastotasi 2000 Hz bo'lgan tovush to'lqinining uzunligini aniqlang. Tovush tezligi 350 m/s ga teng.

18. Suvda tarqalayotgan tovush to'lqinining davri 0,02 s va to'lqin uzunligi 29 m bo'lsa, tovushning suvdagi tezligini toping.

19. To'lqinning harakat tenglamasi $x = 0,03\sin(20\pi t)$. Tebranish davri va to'lqin uzunligini aniqlang. Tovushning tarqalish tezligi 350 m/s.

20. Agar ultratovushning misda va po'latda tarqalish tezligi mos ravishda 3500 va 5500 m/s bo'lsa, ultratovush to'lqinlarining uzunligi po'latdan misga o'tganda necha marta o'zgaradi?

21. Sig'imi 800 pF bo'lgan kondensator va induktivligi 2 μ H bo'lgan g'altakdan iborat tebranish konturining davrini toping.

22. Burchak chastotasi 100π s⁻¹ ga teng bo'lgan o'zgaruvchan tokning davri va chastotasi topilsin.

23. Chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok generatori rotorining aylanish chastotasi qancha bo'lishi kerak? Juft qutblar soni 10.

24. Tarmoqning voltmetr bilan o'lchangandagi kuchlanishi 120 V bo'lsa, uning amplitudaviy qiymati qanday?

25. Zanjirdagi o'zgaruvchan tokning amplitudaviy qiymati 28,2 A bo'lsa, ampermetr qanday tokni ko'rsatadi?

26. O'zgaruvchan tok chastotasi 1 kHz bo'lganda sig'imi 10 μ F bo'lgan kondensatorning sig'im qarshiligini toping.

27. Induktivligi 1 H , o'zgaruvchan tok chastotasi 400 Hz bo'lgan g'altakning induktiv qarshiligini toping.

28. Elektr zanjiri bir-biriga ketma-ket ulangan $R = 4\ \Omega$, $R_L = 8\ \Omega$, $R_K = 5\ \Omega$ qarshiliklardan tuzilgan. Impedans hisoblansin.

29. O'zgaruvchan tok elementlari elektr zanjiriga ketma-ket ulangan. Kuchlanishning amplitudaviy qiymati aktiv qarshilikda 120 V , kondensatorida 30 V , g'altakda esa 80 V bo'lsa, butun zanjirdagi kuchlanishning amplitudaviy qiymati topilsin.

30. O'zgaruvchan tok elementlari elektr zanjiriga parallel ulangan. Tok kuchining ta'sir etuvchi qiymati qarshilikda 20 A , kondensatorida 24 A , g'altakda esa 9 A bo'lsa, zanjirdagi tok kuchining ta'sir etuvchi qiymati nimga teng?

31. Elektr dvigatel o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanganda voltmetr 200 V ni, ampermetr 7 A ni, vattmetr esa 700 W ni ko'rsatgan. Quvvat koeffitsiyentini toping.

32. Kondensator va g'altak ketma-ket ulangan. G'altakning induktivligi 10 mH . Kondensator sig'imi qanday bo'lganda 1 kHz chastotali tok eng ko'p bo'ladi?

33. Transformatorning birlamchi chulg'ami 20 o'ramdan iborat. Kuchlanishni 220 dan 11000 V gacha o'rttirish uchun transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi o'ramlar soni nechta bo'lishi kerak?

34. Uzunligi 450 m bo'lgan elektromagnit to'lqinlar vibratori-ning tebranish davrini toping.

35. Oyga yuborilgan radiosignal Oyga borib undan qaytgandan so'ng $2,5\text{ s}$ o'tgach Yerdan qabul qilindi. Oydan Yergacha bo'lgan masofani toping.

IV. 2. Ikkinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Yuqoriga a tezlanish bilan harakat qilayotgan lift-dagi matematik mayatnikning tebranish davrini toping.

2. Pastga a tezlanish bilan harakat qilayotgan lift-dagi matematik mayatnikning tebranish davrini toping.

3. Moddiy nuqta 10 kHz chastota bilan tebranmoqda. 1 minutdagi tebranishlar sonini aniqlang.

4. Moddiy nuqtaning garmonik tebranish tenglamasi $x = 0,04 \times \sin(4\pi t + \pi)$ bo'lsa, uning siklik chastotasi va chastotasini aniqlang.

5. Massasi $0,9\text{ kg}$ bo'lgan va elastik prujinaga osilgan yuk 1 minutda 120 marta tebranadi. Pujinaning elastiklik koeffitsiyentini aniqlang.

6. Birinchi mayatnik biror vaqtda 10 marta tebransa, ikkinchisi 40 marta tebrangan. Ularning uzunliklari nisbatini toping.

7. Uzunliklarining nisbati 1:4 bo'lgan mayatniklar tebranish chastotalarining nisbatini aniqlang.

8. Matematik mayatnikning Oydagi tebranish davri Yerdagiga nisbatan necha marta farq qiladi? $g_{Oy} = g_{Yer}/6$.

9. Fizik mayatnikning tebranish davri 6,28 s bo'lsa, uning keltirilgan uzunligini toping.

10. Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi 1,0 m bo'lsa, uning tebranish davrini toping.

11. Og'irligi 0,5 N bo'lgan matematik mayatnik muvozanat holatidan 30° burchakka og'dirilgan bo'lsa, mayatnikni muvozanat holatiga qaytaruvchi kuchni toping.

12. Uzunligi 2,0 m bo'lgan mayatnik 1 minutda 21 marta tebrandi. Erkin tushish tezlanishini toping.

13. Matematik mayatnikning tebranish amplitudasi $A = 10$ sm bo'lsa, bir marta to'la tebranish davomida sharchaning bosib o'tgan yo'lini aniqlang.

14. Okean qirg'og'ida turgan kuzatuvchi 80 s davomida o'z oldidan 17 ta do'nglik o'tganini sanadi. Do'ngliklar orasidagi masofa 15 m ga teng bo'lsa, to'liqning tarqalish tezligini aniqlang.

15. Turg'un to'liqning 5- va 8- tugunlari orasidagi masofa 24 sm. Harakatlanayotgan to'liqning uzunligini toping.

16. Odam ovozi chastotasi 64 Hz dan 1280 Hz gacha. Berilgan temperaturada tovush tarqalish tezligi 320 m/s bo'lsa, havodagi tovush to'liqlarining uzunligini toping.

17. To'liqning birinchi muhitdagi tezligi v_1 va to'liq uzunligi λ_1 , ikkinchi muhitdagi to'liq uzunligi esa λ_2 bo'lsa, uning shu muhitdagi tezligini toping.

18. To'liq tarqalish yo'nalishida bir xil fazada tebranayotgan eng yaqin 2 ta nuqta orasidagi masofani aniqlang. To'liqning chastotasi 1 kHz va tarqalish tezligi 5000 m/s.

19. Turg'un to'liqda bir xil amplitudada tebranuvchi nuqtalar orasidagi masofa 10 sm bo'lsa, to'liq uzunligini aniqlang.

20. To'liq uzunligi 1,0 m, tebranishlar chastotasi 300 Hz bo'lgan tovush tebranishlarida zarrachalar tebranish amplitudasi 0,2 mm bo'lsa, ularning maksimal tezligini aniqlang.

21. Tebranish konturidagi kondensator qoplamalaridagi zaryad vaqt o'tishi bilan $q = 2 \cdot 10^{-6} \cos 10^6 t$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Konturdagi tok kuchining amplitudaviy qiymatini toping.

22. Tebranish konturidagi kondensator qoplamalaridagi zaryad vaqt o'tishi bilan $q = 10^{-9} \sin 10^8 \pi t$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Konturdagi tok kuchining vaqtga bog'liqlik qonunini yozing.

23. Agar yuzi 500 sm^2 bo'lgan ramka induksiyasi $0,1 \text{ T}$ bo'lgan bir jinsli maydonda 20 rad/s burchak tezlik bilan aylanganda unda hosil bo'ladigan EYK ning amplitudaviy qiymati 70 V bo'lsa, shu ramkaning nechta chulg'ami bor?

24. Aktiv qarshiligi juda kichik bo'lgan g'altak chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan. $125,6 \text{ V}$ kuchlanishda tok kuchi 4 A ga teng bo'lsa, g'altakning induktivligi qanday?

25. Kuchlanishi 220 V bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga 550Ω li aktiv qarshilik ulangan. Tokning amplitudaviy qiymatini toping.

26. Zanjir ketma-ket ulangan 10Ω aktiv qarshilik va 16Ω sig'im qarshilikdan tuzilgan. Tok tebranishi bilan kuchlanish tebranishi orasidagi faza siljishini toping.

27. Induktivligi 2 H g'altakdan va tok chastotasi 50 Hz bo'lganda sig'imi 2 mF bo'lgan kondensatordan iborat zanjirning impedansini hisoblang.

28. Elektr zanjiri ketma-ket ulangan $R = 16 \Omega$, $R_1 = 25 \Omega$ va $R_2 = 13 \Omega$ qarshiliklardan tuzilgan. Zanjir uchlariga $U = 200 \text{ V}$ o'zgaruvchan kuchlanish berilgan. Zanjirdagi tok kuchini toping.

29. Elektr zanjiri ketma-ket ulangan $R = 50 \Omega$, $R_1 = 40 \Omega$ va $R_2 = 20 \Omega$ qarshiliklardan tuzilgan. Zanjir impedansini toping.

30. $220/6 \text{ V}$ transformatorning quvvati 24 W bo'lishi kerak. Yo'l qo'yilgan tok zichligi 2 A/mm^2 bo'lganda ikkinchi chulg'amning ko'ndalang kesim yuzini hisoblang.

31. Radiolokator 1 s da 1000 impuls yuboradi. Radiolokatorning mo'ljallangan ta'sir uzoqligini toping.

32. Tebranish konturi induktivligi $2 \mu\text{H}$ bo'lgan g'altak va sig'imi 1800 pF bo'lgan kondensatordan iborat. Kontur qanday to'lqin uzunlikka mo'ljallangan?

IV.3. Uchinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Mayatnikli soat Yer yuzasida aniq yuradi. Agar u 20 km balandlikka ko'tarilsa, u qanday yuradi va vaqt 1 sutkada qanchaga farq qiladi?

2. Gorizontaal a tezlanish bilan harakat qilayotgan sistemadagi mayatnikning tebranish davri nimaga teng?

3. Sinusoida qonuniyati bilan tebranayotgan moddiy nuqtaning $t = \frac{T}{2}$ muvozanat vaziyatidan siljishini aniqlang. Boshlang'ich faza $\varphi_0 = \frac{\pi}{6}$, tebranish amplitudasi A .

4. Massasi 1 kg bo'lgan va elastik prujinaga osilgan yukning tebranish davrini aniqlang.

5. Birinchi mayatnik biror vaqt ichida 50 marta, ikkinchisi esa 30 marta tebranadi. Agar ular uzunliklarining farqi 64 sm bo'lsa, ularning uzunliklarini aniqlang.

6. Metall mayatnikli soatning yurishi temperatura ortishi bilan qanday o'zgaradi?

7. Temir sharchali matematik mayatnik garmonik tebranma harakat qilmoqda. Agar uning past tomoniga magnit joylashtirilsa, ipning taranglik kuchi qanday o'zgaradi?

8. Yuqoriga tik harakat qilayotgan raketada matematik mayatnikning tebranish davri yerdagiga nisbatan 2 marta kamaygan bo'lsa, raketaning tezlanishini toping.

9. Massasi 25 kg bo'lgan mayatnik muvozanat vaziyatidan chiqarilgan. Agar ipning taranglik kuchi 0,2 N bo'lsa, mayatnikni muvozanat holatiga qaytaruvchi kuchni toping.

10. Massasi 0,2 kg sharchali matematik mayatnik muvozanat holatidan og'dirilganda sharcha og'irlik markazining muvozanat vaziyatidan eng yuqori ko'tarilishi 2,5 sm ga teng. Tebranuvchi sharchaning muvozanat vaziyatidan o'tish paytidagi tezligini toping.

11. Temiryo'l vagonining vertikal xususiy tebranish davri 2 s. Vagon relslar ulangan joydan o'tishda davriy ravishda majburiy tebranadi. Poyezdning tezligi qanday bo'lganda rezonans bo'lib, yo'lovchilar kuchli vertikal tebranish sezadilar? Relsning har bir ulanishi orasidagi masofa 25 m.

12. Massasi 1,5 t bo'lgan avtomobil notekis yo'lda ketayotib, vertikal yo'nalishda 15 sm amplituda va 0,5 s davr bilan garmonik tebranmoqda. Avtomobilning reszorlariga beruvchi maksimal bosim kuchini toping.

13. Platforma gorizontaal yo'nalishda $v = 0,25 \text{ s}^{-1}$ chastota bilan garmonik tebranmoqda. Platformada yuk bo'lib, uning yuza bilan ishqalanish koeffitsiyenti $\mu = 0,1$. Yuk platformadan tushib ketmasligi uchun platforma qanday maksimal amplituda bilan tebranishi mumkin?

14. Suvda ikkita to'lqin bir-biriga qarab tarqalmoqda. To'lqin yo'nalishi ayirmasi 1) 8 m va 2) 8,4 m bo'lganda to'lqinlar uchrashishi natijasida qanday hodisa kuzatiladi? To'lqin uzunligi 80 sm.

15. Tebranish manbayidan 16 va 20 m uzoqlikdagi ikki nuqta tebranishlarining tarqalish tezligi 8 m/s. Bu nuqtalar tebranish fazalarining ayirmasini toping.

16. Ikki temiryo'l stansiyalari orasidagi masofa 22 km. Tovush bir stansiyadan ikkinchi stansiyaga rels bo'yicha havodagiga nisbatan

qancha vaqt avval yetib boradi? Tovushning rels bo'yicha tarqalish tezligi 5500 m/s, havo bo'yicha — 350 m/s.

17. 50 kHz chastotada ishlayotgan generator 1/500 s davomida ultratovush impulsi chiqaradi. Bir impulsda nechta ultratovush to'liqin joylashgan?

18. To'liqin tarqalishi yo'nalishida manbayidan $l_1 = 12$ m va $l_2 = 15$ m masofada tebranayotgan nuqtalarning fazalar farqi $\frac{3}{2}\pi$ ga teng. Tebranishlarning davri $T = 1$ ms bo'lsa, shu muhitdagi to'liqin tezligini aniqlang.

19. Manbadan tarqalayotgan tebranishlarning tenglamasi $x = 0,03 \sin(20\pi t)$. Agar to'liqin tarqalish tezligi 200 m/s bo'lsa, tebranish boshlanganidan 0,1 s o'tgach, manbadan 10 m masofada tebranayotgan nuqtaning siljishini toping.

20. Uzunligi $l = 50$ sm va diametri $d = 1$ mm bo'lgan po'lat sim torning taranglik kuchi $F = 0,1$ N. Uning xususiy tebranish chastotasini aniqlang. Po'latning zichligi $\rho = 7,8$ g/sm³.

21. Sig'imi 10 μ F bo'lgan kondensator 400 V kuchlanishgacha zaryadlandi va g'altakka ulandi. Shundan keyin konturda so'nuvchi tebranishlar paydo bo'ldi. Kuchlanish amplitudasi 2 marta kamaygunga qadar konturda qancha miqdorda issiqlik ajraladi?

22. Zanjirdagi kuchlanish $U = 220\sqrt{2} \sin 90t$ qonuniga muvofiq o'zgaradi. Tarmoqqa ulangan aktiv qarshiligi 110 Ω bo'lgan elektr plitkada 1 minutda qancha issiqlik miqdori ajralib chiqadi?

23. O'zgaruvchan tok zanjiridagi kuchlanish $U = 380\sqrt{2} \sin 628t$, tok kuchi esa $i = 8\sqrt{2} \sin(628t + 60^\circ)$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Bu zanjirdagi quvvatni toping.

24. Zanjir 1,1 kV kuchlanish ostida turibdi. Zanjirning aktiv qarshiligi 100 Ω . Kuchlanishlar rezonansida $R_L = R_C = 1000 \Omega$. Zanjirdagi tok va reaktiv qarshiliklardagi kuchlanish qanday?

25. Televizion ko'rsatuvning eltuvchi chastotasi 50 Hz. 0,04 s da tasvirning $5 \cdot 10^5$ elementi uzatiladi. Tasvirning bitta elementi impulsini eltuvchi elektromagnit to'liqlar sonini aniqlang.

IV.4. To'rtinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Mayatnikli soat Yer yuzasida aniq yuradi. Agar u chuqurligi 2000 m bo'lgan shaxtaga tushirilsa, soat qanday yuradi va vaqt 1 sutkada qanchaga farq qiladi?

2. IV.1-rasmda ko'rsatilgan matematik mayatnikning to'la tebranish davrini toping. $CB = BO = l/2$.



IV.1- rasm.

3. Mayatnikli soat qutbda to'g'ri yuradi. Agar u ekvatorga olib o'tilsa, soat 1 sutkada qancha orqada qoladi? $g_q = 9,83 \text{ m/s}^2$, $g_{ekv} = 9,78 \text{ m/s}^2$.

4. Temir sharchali matematik mayatnik garmonik tebranma harakat qilmoqda. Agar unga pastdan magnit yaqinlashtirilsa, uning tebranish davri qanday o'zgaradi?

5. Garmonik tebranishlarning chastotasi 2 marta kamaytirilib, amplitudasi 2 marta orttirilsa, uning maksimal kinetik energiyasi qanday o'zgaradi?

6. Massasi 0,2 kg sharchali matematik mayatnik muvozanat vaziyatidan 30° ga og'dirib qo'yib yuborildi. Mayatnikning muvozanat vaziyatidan o'tish paytidagi tezligini toping. Ipnning uzunligi 0,5 m ga teng.

7. Massasi 0,2 kg sharchali matematik mayatnik muvozanat vaziyatidan 30° ga og'dirib qo'yib yuborildi. Mayatnikning muvozanat vaziyatidan o'tish paytidagi ipning taranglik kuchini toping.

8. Tebranish davri 12 s, boshlang'ich fazasi nolga teng bo'lgan va sinusoida bo'yicha tebranayotgan nuqtaning harakat boshlanganidan qancha vaqt o'tgandan keyingi siljishi tebranish amplitudasining yarmiga teng bo'ladi?

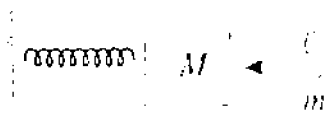
9. Tebranish davri 2 s, boshlang'ich fazasiz kosinus qonuni bilan tebrana boshlagan nuqtaning qancha vaqtdan keyingi siljishi tebranish amplitudasining yarmiga teng bo'ladi?

10. $x = 4 \sin 2t$ va $y = 3 \cos 2t$ tebranishlarning qo'shilishida hosil bo'lgan tebranishlar trayektoriya tenglamasini toping.

11. Gorizontal silliq yuzada $M = 10 \text{ kg}$ li yuk elastik prujinaga mahkamlangan (IV.2- rasm). Unga $m = 10 \text{ g}$ massali o'q $v = 500 \text{ m/s}$ gorizontal tezlik bilan urilib, qadalib qoladi. Yuk o'q bilan birgalikda gorizontal yo'nalishda $A = 10 \text{ sm}$ ga og'ib tebrana boshlaydi. Yukning tebranish davrini toping.

12. Pujinali mayatnikda elastiklik koeffitsiyentlari k_1 va k_2 bo'lgan prujinalar avval ketma-ket, so'ngra o'zaro parallel mahkamlangan. Yukning vertikal tebranishlarining davri bunday holda necha marta o'zgaradi?

13. Po'lat detal 1 MHz chastotada ishlaydigan ultratovush defektoskopi bilan tekshiriladi. Birinchi qaytgan signal yuborilgandan 10 μs keyin, ikkinchisi 20 μs keyin qabul qilingan.



IV.2- rasm.

Detaldagi nuqson qanday chuqurlikda bo'lgan? Detalning qalinligi qanday? Ultratovushning po'latdagi tezligi 5000 m/s.

14. Suyuqlik va gazlarning oqim tezligini o'lchash uchun ultratovushdan foydalaniladi. Ikki vibrator orasidagi $l = 200$ m masofani ultratovush bir yo'nalishda 0,5 s da, qarama-qarshi yo'nalishda 1,0 s da o'tadi. Oqim tezligini toping.

15. Tebranish amplitudalari bir xil, chastotalari mos ravishda 2 kHz va 2 MHz bo'lgan tovush va ultratovush to'lqinlarining energiyalarini solishtiring.

16. Ingichka tor simini shu moddadan yasalgan, lekin diametri 2 marta katta bo'lgan tor simi bilan almashtirildi. Torning tebranish chastotasi o'zgarmasligi uchun uning tarangligini necha marta o'zgartirish kerak?

17. Chuqurligi 1 m bo'lgan silindrsimon idish ustida xususiy chastotasi $\nu = 350$ Hz bo'lgan kamerton tebranmoqda. Idishga asta-sekin suv quyilmoqda. Suvning qanday sathida kamerton tovushi keskin ortadi? Tovush tezligi $v = 350$ m/s.

18. Reaktiv samolyot kuzatuvchidan 6 km masofada 600 m/s tezlik bilan uchib o'tdi. Kuzatuvchi samolyot dvigatellarining tovushini eshitganda, samolyot kuzatuvchidan qanday masofada bo'ladi? Tovush tezligi $v = 360$ m/s.

19. Havo bilan to'ldirilgan 1,0 m uzunlikdagi ochiq trubadagi havo tebranishi asosiy tonining chastotasini toping. Havoning tezligi 350 m/s.

20. Zanjir ketma-ket ulangan $R = 12 \Omega$ va $R_c = 16 \Omega$ qarshiliklardan iborat. Zanjirdagi kuchlanish $U = 240 \sin(314 t - 23^\circ)$ qonun bo'yicha o'zgarsa, undagi tok kuchi qaysi qonunga asosan o'zgaradi?

21. O'zgaruvchan tok zanjiriga aktiv qarshilik va g'altak ketma-ket ulangan. Tok chastotasi 50 Hz bo'lganda zanjirning to'la qarshiligi 5Ω . Shu zanjirning tok chastotasi 150 Hz bo'lganda, uning to'la qarshiligi nimaga teng? $R = 4 \Omega$.

22. Siklik chastotasi $80\sqrt{2}$ rad/s bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga induktivligi 4 H bo'lgan g'altak va rezistor ulangan. Tok chastotasi 2 marta ortganda, zanjirning to'la qarshiligi $\sqrt{3}$ marta ortgan. Rezistorning qarshiligini toping.

23. Ko'ndalang kesim yuzi 150 mm^2 bo'lgan 100 km uzunlikdagi aluminiy kabel yordamida 200 kV kuchlanishli elektr energiya uzatiladi. Bunda uzatiladigan quvvat 30 MW bo'lsa, kabelning foydali ish koeffitsiyenti (FIK)ni toping.

IV.5. Beshinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Massalari m_1 va m_2 bo'lgan yuklar elastikligi k bo'lgan prujina bilan bog'langan (IV.3-rasm). Boshlang'ich paytda prujina x kattalikka siqilgan. Birinchi yuk devorga tirilib turibdi, ikkinchisi esa tirgak yordamida ushlab turilibdi. Tirgak olib tashlansa, yuklar qanday davr bilan harakat qiladi?

2. Massalari m_1 va m_2 bo'lgan 2 ta yuk elastikligi k bo'lgan prujina bilan bog'langan (IV.4-rasm). Prujina ikkita ip yordamida siqilgan. Iplar yoqib yuborilsa, yuklar qanday davr bilan tebranadi?

3. Silindrsimon tutash idishga simob quyilgan. Agar quyilgan simobning massasi $m = 4,84 \text{ kg}$, idishlarning ko'ndalang kesim yuzasi $S = 3 \text{ sm}^2$ hamda simobning zichligi $13,6 \text{ g/sm}^3$ bo'lsa, simobning tebranish davrini aniqlang.

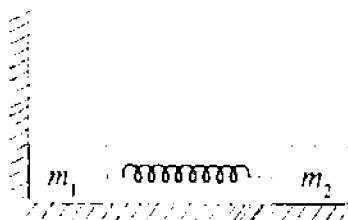
4. Pujinali mayatnik boshlang'ich fazasiz sinusoidal qonuniyat bo'yicha A tebranishlar amplitudasi bilan tebranmoqda. U muvozanat vaziyatidan qancha masofaga siljiganda uning kinetik energiyasi potensial energiyasiga teng bo'ladi?

5. Matematik mayatnik boshlang'ich fazasiz sinusoidal qonuniyat bo'yicha tebranmoqda. Muvozanat vaziyatidan qanday burchakka og'ganda uning kinetik energiyasi potensial energiyasiga teng bo'ladi?

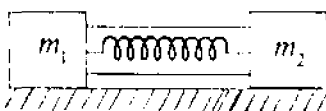
6. Tebranish amplitudalari mos ravishda 3 sm va 4 sm , davrlari va fazalari bir xil bo'lgan ikkita garmonik tebranma harakatni qo'shishda hosil bo'lgan tebranishlarning amplitudasini toping.

7. Fazalari $\pi/2$ ga farq qiluvchi va bir yo'nalishdagi ikkita garmonik tebranma harakatni qo'shing. Tebranish davrlari va amplitudalari bir xil.

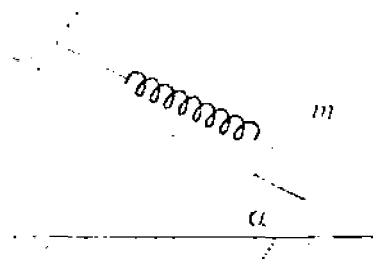
8. Fazalari $\pi/2$ ga farq qiluvchi va bir-biriga tik bo'lgan ikkita garmonik tebranma harakatning qo'shilishidan hosil bo'lgan tebranishlarning trayektoriyasini toping.



IV.3- rasm.



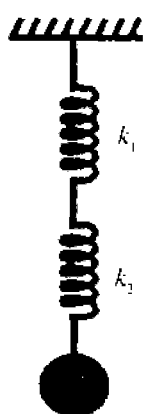
IV.4- rasm.



IV.5- rasm.

Teburanish chastotalari va amplitudalari bir xil.

9. Qiyalik burchagi 30° bo'lgan silliq sirt ustida elastiklik koeffitsiyenti $k = 5 \text{ kN/m}$ bo'lgan prujinaga massasi 1 kg bo'lgan yuk mahkamlangan (IV.5-rasm). Prujinaning deformatsiyalanmagan vaziyatida yuk boshlang'ich tezliksiz qo'yib yuborilgan. Uning: a) tebranish



IV.6- rasm.

davrini; b) tebranish amplitudasini toping; d) harakat tenglamasini tuzing.

10. m massali sharcha elastiklik koeffitsiyentlari k_1 va k_2 bo'lgan va bir-biriga mahkamlangan prujinalarga osilgan (IV.6- rasm). Vertikal tebranishlarning davrini toping.

11. Silliq gorizontaal tekislikda $m = 1 \text{ kg}$ li yuk chap tomonidan elastiklik koeffitsiyenti $k_1 = 400 \text{ N/m}$ va o'ng tomonidan elastiklik koeffitsiyenti $k_2 = 500 \text{ N/m}$ prujinaga mahkamlangan (IV.7- rasm). Agar boshlang'ich paytda yuk 4 sm siljitsa va unga 90 sm/s tezlik berilgan bo'lsa: a) uning tebranish davri; b) tebranish amplitudasi; d) harakat teng-lamasini yozing.



IV.7- rasm.

12. 84 V kuchlanishda yonib-o'chadigan neon lampasi ta'sir etuvchi qiymati 120 V bo'lgan 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan. Lampaning yonib turish vaqtini aniqlang.

13. Uzunligi $0,5 \text{ m}$ bo'lgan vibrator dielektrik singdiruvchanligi $2,25$ bo'lgan suyuqlikka tushirilgan. Vibrator chiqarayotgan elektromagnit to'lqinlarning uzunligini aniqlang.

V bob. OPTIKA

Asosiy formulalar

1. Muhitning absolut sindirish ko'rsatkichi:

$$n = c/v,$$

bu yerda: $c = 2,99792458 \cdot 10^8$ m/s = $\approx 3,00 \cdot 10^8$ m/s — yorug'likning bo'shliqdagi tezligi, v — yorug'likning muhitdagi tezligi.

2. Ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi:

$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_{21}},$$

bu yerda: v_1 va v_2 — yorug'likning mos ravishda birinchi va ikkinchi muhitdagi tezliklari, n_1 va n_2 — muhitlarning absolut sindirish ko'rsatkichlari, n_{21} — birinchi muhitning ikkinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi.

3. Qaytish qonuni:

$$\alpha' = \alpha,$$

bu yerda: α — tushish burchagi, α' — qaytish burchagi (V.1-rasm).

4. Sinish qonuni (Snellius qonuni):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{12}; \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}; \quad n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta,$$

bu yerda β — sinish burchagi (V.1-rasm).

5. To'la ichki qaytishning chegaraviy burchagi:

$$\alpha_0 = \arcsin n_{12} = \arcsin \frac{1}{n_{21}} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}; \quad \sin \alpha_0 = n_{12} = \frac{1}{n_{21}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

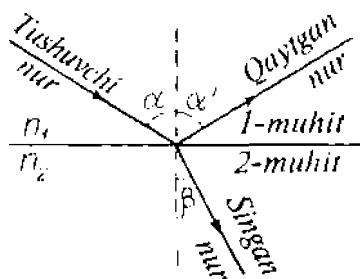
To'la ichki qaytish hodisasi nur optik zichligi kattaroq muhitdan optik zichligi kichikroq ($n_2 < n_1$) muhitga o'tishida sodir bo'ladi (teskarisi emas!).

6. Ikki muhitni ajratuvchi sferik chegaraning optik kuchi D va fokus masofalari F_1 va F_2 (paraksial — o'qqa yaqin nurlar uchun) (isboti 3-masalada keltirilgan):

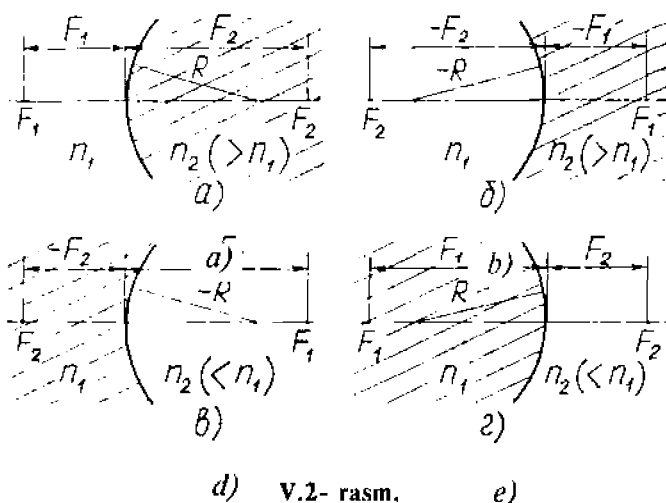
$$D = \frac{|n_2 - n_1|}{R} = \frac{n_1}{F_1} = \frac{n_2}{F_2};$$

$$F_1 = \frac{n_1}{D} = \frac{n_1 R}{|n_2 - n_1|}; \quad F_2 = \frac{n_2}{D} = \frac{n_2 R}{|n_2 - n_1|}; \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{n_2}{n_1}.$$

F_1 , F_2 , D kattaliklar va sferaning egrilik radiusi R algebraik kattaliklar bo'lib, sferaning qabariq tomoni optik zichligi kichikroq bo'lgan muhitga qaragan bo'lsa, $R > 0$, $F_1 > 0$, $F_2 > 0$ va $D > 0$ (V.2-



V.1- rasm.



d) V.2- rasm. e)

a, e rasmlarga qarang); aks holda, ya'ni sferaning qabariq tomoni optik zichligi kattaroq bo'lgan muhitga qaragan bo'lsa, $R < 0$, $F_1 < 0$, $F_2 < 0$ va $D < 0$ (V.2-b, d rasmlarga qarang).

7. Sindiruvchi sferik sirtning formulasi:

$$\frac{F_1}{a} + \frac{F_2}{b} = 1 \quad \text{yoki} \quad \frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{|n_2 - n_1|}{R} = D,$$

bu yerda: a — buyumdan sirtgacha bo'lgan masofa: buyum haqiqiy bo'lsa, $a > 0$, buyum mavhum bo'lsa (ya'ni u boshqa bir buyumning mavhum tasviri bo'lsa), $a < 0$; b — sirtidan buyumning tasvirigacha bo'lgan masofa: haqiqiy tasvir uchun $b > 0$, mavhum tasvir uchun $b < 0$ (V.3-rasm).

8. Linzaning optik kuchi:

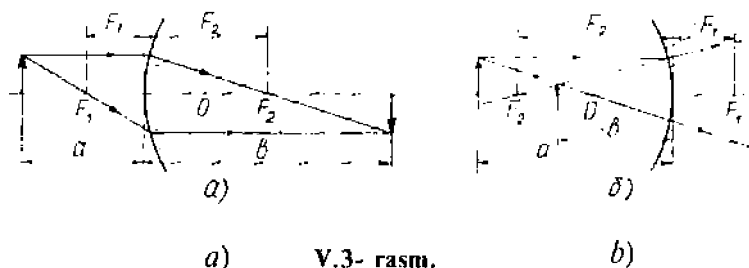
$$D = D_1 + D_2 - D_1 D_2 d / n_l; \quad D = n_m / F,$$

bu yerda: D_1 va D_2 — linza sferik sirtlarining optik kuchlari; d , F va n_l — linzaning qalinligi, fokus masofasi va moddasining absolut sindirish ko'rsatkichi; n_m — linza joylashgan muhitning absolut sindirish ko'rsatkichi. Yig'uvchi linzaning optik kuchi musbat, sochuvchilik manfiy.

Xususan, yupqa ($d \ll R_1, R_2$) linzaning optik kuchi:

$$D = D_1 + D_2 = (n_l - n_m) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = n_m (n - 1) \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} = \frac{n_m}{F},$$

bu yerda: $n = n_l / n_m$ — linza moddasining nisbiy sindirish ko'rsatkichi; R_1 va R_2 — linza sferik sirtlarining egrilik radiuslari. Linzaning



qabariq sirti (V.4-rasmdagi 1-, 2-, 4-, 6- va 8- sirtlar) radiusi musbat, botiq sirti (V.4-rasmdagi 5-, 7-, 9-, 11- va 12- sirtlar) radiusi esa manfiy hisoblanadi. Yassi sirtning radiusi esa cheksiz katta.

9. Yupqa linzaning fokus masofasi:

$$F = \frac{n_1}{n_1 - n_m} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{n-1} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{n_m}{D}.$$

Yig'uvchi linzaning fokus masofasi musbat, sochuvchi linzaniki esa manfiy hisoblanadi. $n_1 > n_m$ holida V.4-rasmda ko'rsatilgan a, b, d linzalar yig'uvchi, e, f, g linzalar esa sochuvchi, $n_1 < n_m$ holida esa buning aksi.

10. Sferik ko'zguning fokus masofasi (paraksial nurlar uchun):

$$F = \pm R/2,$$

bu yerda R — ko'zgu sferik sirtining egrilik radiusi. Musbat ishora botiq ko'zguga, manfiy ishora esa qabariq ko'zguga tegishli. Shunday qilib, botiq ko'zgu uchun $F > 0$, qabariq ko'zgu uchun esa $F < 0$.

11. Yupqa linza va sferik ko'zgu formulasi:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad (\text{shuningdek, ko'zgu uchun } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \pm \frac{2}{R}),$$

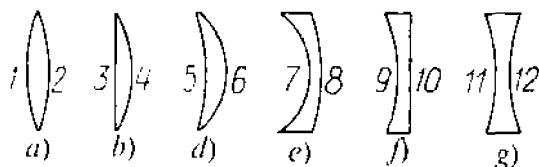
bu yerda: a — buyumdan linzagacha (ko'zgugacha) bo'lgan masofa, b — linzadan (ko'zgudan) tasvirgacha bo'lgan masofa. a va b — algebraik kattaliklar: ularning ishoralari 7-bandda aytilgandek aniqlanadi.

12. Linzaning va sferik ko'zguning ko'ndalang chiziqli kattalashtirishi:

a) ta'rifi

$$\Gamma = \pm H/h,$$

bu yerda h va H — mos ravishda, buyumning va tasvirning ko'ndalang chiziqli o'lchamlari. Musbat ishora tasvir to'g'ri bo'lgan holga tegishli (bu holda $F > 0$), manfiy ishora esa tasvir teskari



V.4- rasm.

bo'lgan holga tegishli (bu holda $F < 0$). Agar tasvir haqiqiy bo'lsa, u teskari bo'ladi ($F < 0$), agar tasvir mavhum bo'lsa, u to'g'ri bo'ladi ($F > 0$);

b) formulasi (isboti 7-masalada qilingan):

$$F = -\frac{b}{a} = -\frac{b-F}{F} = -\frac{F}{a-F}.$$

13. Sferik sirtning ko'ndalang chiziqli kattalashtirishi:

$$F = -\frac{n_1}{n_2} \frac{b}{a},$$

bu yerda: n_1 — buyum turgan muhitning, n_2 — sferik sirtning boshqa tomonidagi muhitning sindirish ko'rsatkichlari.

14. Linzalar, sferik sirtlar va sferik ko'zgular markazlashtirilgan sistemasining ko'ndalang chiziqli kattalashtirishi ularning har biri beradigan kattalashtirishlar ko'paytmasiga teng:

$$F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot \dots$$

15. Linzaning va sferik ko'zguning burchak kattalashtirishi:

$$\gamma = \frac{1}{F} = \frac{h}{H} = \frac{|a|}{|b|}.$$

16. Ikkita yupqa linzadan iborat sistemaning optik kuchi va fokus masofasi (isboti 9- masalada qilinadi):

$$D = D_1 + D_2 - D_1 D_2 l; \quad F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - l},$$

bu yerda: D_1 va D_2 — linzalarning optik kuchlari, l — ular orasidagi masofa. Agar linzalar bir-biriga taqab qo'yilgan bo'lsa ($l \ll F_1, F_2$):

$$D = D_1 + D_2.$$

17. Optik asbobning ko'rinma kattalashtirishi (ta'rifi):

$$N = \tan \varphi_2 / \tan \varphi_1,$$

bu yerda: φ_2 — buyumning asbob orqali qaralgandagi ko'rinish burchagi; φ_1 — buyumning qurollanmagan ko'z bilan qaralgandagi

ko'rinish burchagi. Agar N lupa yoki mikroskop uchun aniqlanayotgan bo'lsa, φ_1 ni o'lchashda buyum ko'zdan $L = 25$ sm masofada turishi kerak, agar N ko'rish trubasi (durbin) uchun aniqlanayotgan bo'lsa, φ_1 burchak buyumning optik asbobdan turgan masofasi uchun aniqlanadi.

18. Lupaning ko'rinma kattalashtirishi (isboti 11-masalada qilingan):

$$N_l = \frac{L}{F} + 1,$$

bu yerda: F — lupaning fokus masofasi, $L = 25$ sm — eng yaxshi ko'rish masofasi. Shuni aytish kerakki, keng tarqalgan $N_\lambda = L/F$ formula taqribiy bo'lib, $F \ll L$ holdagina o'rinli.

19. Mikroskopning ko'rinma kattalashtirishi (isboti 12- masalada qilingan):

$$N_m = F_{ob} \cdot N_{ok} = \frac{\Delta}{F_{ob}} \left(\frac{L}{F_{ok}} + 1 \right),$$

bu yerda: F_{ob} va F_{ok} — obyektivning fokus masofasi va ko'ndalang chiziqli kattalashtirishi; F_{ok} va N_{ok} — okularning (lupaning) fokus masofasi va ko'rinma kattalashtirishi, Δ — mikroskopning optik intervali — obyektivning orqa fokusi bilan okularning oldingi fokusi orasidagi masofa.

20. Ko'rish trubasining ko'rinma kattalashtirishi:

$$N_{tr} = F_{ob}/F_{ok}.$$

21. Yorug'likning to'lqin uzunligi λ , chastotasi ν , tebranish davri T va tarqalish tezligi v orasidagi bog'lanish:

$$v = \lambda \nu = \frac{\lambda}{T}; \quad \lambda = \frac{v}{\nu} = vT; \quad \nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{\lambda}{v} = \frac{1}{\nu}.$$

22. Yorug'lik to'lqinining biror muhitdagi va bo'shliqdagi parametrlari orasidagi bog'lanish:

$$v = c/n; \quad \lambda = \lambda_0/n; \quad \nu = \nu_0; \quad T = T_0,$$

bu yerda: n — muhitning sindirish ko'rsatkichi, c — yorug'likning bo'shliqda tarqalish tezligi, λ , ν , T — yorug'lik to'lqinining muhitdagi; λ_0 , ν_0 , T_0 esa bo'shliqdagi parametrlari.

23. Monoxromatik yorug'lik to'lqini tenglamasi ($\vec{E}$ vektori proeksiyasining vaqt t va o'tilgan yo'l s ga bog'lanishi):

$$E = E_0 \cos \left(2\pi \nu t - \frac{2\pi}{\lambda} s + \varphi \right),$$

bu yerda: E_0 — E ning amplitudasi (maksimal qiymati), φ — to'liqning boshlang'ich fazasi (to'liqin fazasi $2\pi vt - \frac{2\pi}{\lambda}s + \varphi$ ning $s = 0$ nuqtadagi va $t = 0$ paytdagi qiymati).

24. Kogerent va nokogerent to'liqlar.

Agar ikki to'liqning berilgan nuqtadagi fazalari farqi vaqtga bog'liq bo'lmasa (o'zgarmasa), bunday to'liqlar *kogerent* to'liqlar deb ataladi. Chastotasi bir xil bo'lgan ikkita monoxromatik to'liqin kogerentdir. Fazalari farqi vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan ikki to'liqin *nokogerent* to'liqlar deb ataladi. Har xil chastotali monoxromatik to'liqlar nokogerentdir. Shuningdek, bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda tasodifiy boshlang'ich fazalar bilan boshlanadigan bir qator to'liqlar tizmasining qo'shilishidan tashkil topgan to'liqlar ham nokogerentdir.

Ikkita kogerent to'liqin olish uchun, odatda, bir manbadan chiqayotgan to'liqin ikkiga bo'linadi.

25. Yo'lining optik uzunligi:

$$L = ns,$$

bu yerda: s — to'liqinining berilgan muhitda o'tgan yo'lining geometrik uzunligi. n — muhitning absolut sindirish ko'rsatkichi.

26. Biri n_1 sindirish ko'rsatkichli muhitda s_1 yo'l o'tgan, boshqasi esa n_2 sindirish ko'rsatkichli muhitda s_2 yo'l o'tgan ikki to'liqin yo'llarining optik uzunliklari farqi Δ va fazalari farqi θ :

$$\Delta = L_2 - L_1 = n_2 s_2 - n_1 s_1;$$

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{2\pi}{\lambda}(s_2 - s_1) + \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda_0}(L_2 - L_1) + \varphi_2 - \varphi_1 = \\ &= \frac{2\pi}{\lambda_0}\Delta + \varphi_2 - \varphi_1 = \delta + \varphi_2 - \varphi_1,\end{aligned}$$

bu yerda: λ va λ_0 — muhitdagi va bo'shliqdagi to'liqin uzunliklari, φ_1 va φ_2 — 1- va 2- to'liqlarning boshlang'ich fazalari, δ — yo'lining optik uzunliklari farqi tufayli hosil bo'ladigan fazalar farqi.

27. $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ vektorlari bir yo'nalishga ega bo'lgan ikki to'liqinining qo'shilishi natijasida hosil bo'ladigan to'liqinining amplitudasi:

$$E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02}\cos\theta.$$

28. To'liqinining intensivligi deb to'liqin tarqalishi yo'nalishiga tik bo'lgan birlik yuzadan vaqt birligida to'liqin olib o'tadigan

energiyaga son jihatidan teng bo'lgan kattalikka aytiladi. Intensivlik I to'liqin amplitudasi kvadratining vaqt bo'yicha o'rtacha qiymatiga proporsional:

$$I \sim \langle E_0^2 \rangle.$$

29. Intensivliklari I_1 va I_2 bo'lgan ikki kogerent to'liqinlarning qo'shilishidan hosil bo'ladigan to'liqinning intensivligi:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \theta.$$

Bir nuqtadan boshqasiga o'tishda fazalar farqi θ o'zgargani uchun intensivlik ham o'zgaradi, ya'ni turli nuqtalardagi intensivliklar turlicha bo'ladi. To'liqin intensivligining bunday qayta taqsimlanish hodisasi *i n t e r f e r e n s i y a* deb ataladi.

30. Intensivliklari I_1 va I_2 bo'lgan ikki *nokogerent* to'liqinlarning qo'shilishidan hosil bo'ladigan to'liqinning intensivligi:

$$I = I_1 + I_2,$$

chunki bu holda fazalar farqi θ tasodifan va tez o'zgarib turgani uchun $\cos \theta$ ning o'rtacha qiymati nolga teng: $\langle \cos \theta \rangle = 0$. Bu holda interferensiya kuzatilmaydi.

31. Interferensiya maksimumlari va minimumlarining hosil bo'lish shartlari. Qo'shilayotgan to'liqinlar bir manbadan chiqayotgan bo'lsin. Bu holda $\varphi_1 = \varphi_2$, $\theta = \delta = 2\pi\Delta / \lambda_0$, $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$.

a) maksimum sharti: $I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$ maksimal intensivlik $\cos \delta = 1$ bo'ladigan nuqtalarda kuzatiladi. Bunday nuqtalar uchun

$$\delta = 2m\pi \quad \text{yoki} \quad \Delta = m\lambda_0 \quad (m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots)$$

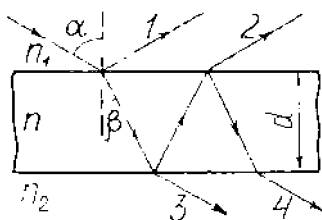
shart bajarilishi kerak;

b) minimum sharti. $I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$ minimal intensivlik $\cos \delta = -1$ bo'ladigan nuqtalarda kuzatiladi. Bunday nuqtalar uchun

$$\delta = (2m + 1)\pi \quad \text{yoki} \quad \Delta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_0 \quad (m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots)$$

shart bajarilishi kerak.

32. Qalinligi d bo'lgan yupqa yassi parallel plastinkaning sirtlaridan q a y t g a n 1- va 2- yorug'lik to'liqinidan hosil bo'ladigan



V.5- rasm.

interferensiyaning $n > n_1, n_2$ va $n < n_1, n_2$ (V.5-rasmga qarang) hollardagi:

a) maksimum sharti:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda_0$$

$$\text{yoki } \Delta = 2dn \cos \beta =$$

$$= \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda_0, \quad (m = 1; 2; \dots).$$

b) minimum sharti:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} = m\lambda_0 \quad \text{yoki} \quad \Delta = 2dn \cos \beta = m\lambda_0,$$

$$(m = 0; 1; 2; \dots).$$

(Bu shartlar 14- masalada keltirib chiqarilgan.)

$n_1 < n < n_2$ va $n_1 > n > n_2$ hollarda yuqoridagi shartlar o'rin almashadi.

Interferensiya faqat $\sin \alpha < n/n_1$ shartni qanoatlantiruvchi burchaklardagina kuzatilishi mumkin. $\sin \alpha > n/n_1$ shartni qanoatlantiruvchi burchaklar mavjud bo'lsa, bu burchaklarda to'la ichki qaytish hodisasi ro'y beradi.

33. Qalinligi d bo'lgan yupqa yassi parallel plastinkadan o'tgan 3- va 4- yorug'lik to'lqinlaridan hosil bo'ladigan interferensiyaning $n > n_1, n_2$ va $n < n_1, n_2$ hollardagi:

a) maksimum sharti:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} = m\lambda_0 \quad \text{yoki} \quad \Delta = 2dn \cos \beta = m\lambda_0$$

$$(m = 0; 1; 2; \dots);$$

b) minimum sharti:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda_0 \quad \text{yoki} \quad \Delta = 2dn \cos \beta =$$

$$= \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda_0 \quad (m = 1; 2; \dots).$$

$n_1 < n < n_2$ va $n_1 > n > n_2$ hollarda bu shartlar o'rin almashadi.

34. Qaytgan yorug'likda kuzatiladigan qorong'i va yorug' Nyuton halqalarining radiuslari (V.6-rasm):

a) $n < n_1, n_2$ va $n > n_1, n_2$ hollar:

$$r_q = \sqrt{mR\lambda} = \sqrt{mR\lambda_0/n}, \quad (m = 0; 1; 2; \dots),$$

$$r_{yo} = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) R\lambda} = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) R \frac{\lambda_0}{n}}; \quad (m = 1; 2; 3; \dots);$$

b) $n_1 < n < n_2$ va $n_1 > n > n_2$ hollar:

$$r_q = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) R \lambda} = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) R \frac{\lambda_0}{n}}; \quad (m = 1; 2; 3; \dots);$$

$$r_{y_0} = \sqrt{m R \lambda} = \sqrt{m R \lambda_0 / n}, \quad (m = 0; 1; 2; \dots),$$

bu yerda: R — sferik sirtning radiusi, λ_0 — yorug'likning bo'shliqdagi to'liq uzunligi, λ esa yassi sferik sirtlar orasini to'ldirgan muhitdagi to'liq uzunligi.

O'tgan yorug'likda kuzatiladigan halqalar uchun yuqoridagi ifodalar o'rin almashadi. (Yuqoridagi formulalar 16-masalada chiqarilgan.)

35. Tirqishda bo'ladigan difraksiyaning

a) minimum sharti:

$$b \sin \varphi_m = m \lambda \quad (m = \pm 1; \pm 2; \dots).$$

bu yerda: b — tirqishning kengligi, λ — tirqishga tik tushayotgan monoxromatik yorug'likning to'liq uzunligi, φ_m — intensivlik nolga teng bo'lgan m - yo'nalishni aniqlovchi burchak, m — minimum tartibi;

b) minimumning eng katta tartibi:

$$m_{\max} = [b / \lambda],$$

bu yerda $[x]$ — x sonining butun qismi.

(Bu formulalar 17- masalada keltirib chiqarilgan.)

36. Difraksion panjara.

a) m - bosh maksimumga yo'nalish burchagi φ_m ni aniqlovchi formula:

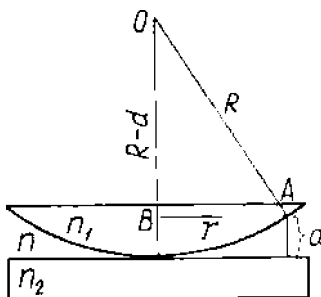
$$d \sin \varphi_m = m \lambda \quad (m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots),$$

bu yerda: d — panjara doimiysi, λ — panjaraga tik tushayotgan monoxromatik yorug'likning to'liq uzunligi, m — bosh maksimum tartibi;

b) bosh maksimumlarning eng katta tartibi:

$$m_{\max} = [d / \lambda].$$

Shunday qilib, λ to'liq uzunlikli yorug'lik doimiysi d bo'lgan difraksion



V.6- rasm.

panjaradan o'tganda $2[d/\lambda] + 1$ ta bosh maksimum hosil qiladi.

37. Malyus qonuni:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

bu yerda: I_0 va I — qutblantirgichga tushayotgan va undan o'tgan yassi qutblangan yorug'liklarning intensivligi, φ — qutblantirgich bosh tekisligi bilan unga tushayotgan yorug'likning qutblanish tekisligi orasidagi burchak.

38. Yoritilganlik:

$$E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta S},$$

bu yerda: ΔS — sirtning yuzi, $\Delta \Phi$ — unga tushayotgan yorug'lik oqimi.

39. Nuqtaviy yorug'lik manbayi hosil qiladigan yoritilganlik:

$$E = I \cos \alpha / R^2,$$

bu yerda: I — manbaning yorug'lik kuchi, R — manbadan yoritilayotgan sirtgacha bo'lgan masofa, α — yorug'likning sirtga tushish burchagi.

40. ν chastotali monoxromatik elektromagnit nurlanish fotonining energiyasi E , massasi m_f , impulsi p_f va impuls momenti M_f :

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}; \quad m_f = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}; \quad p_f = m_f c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c};$$

$$M_f = \frac{h}{2\pi},$$

bu yerda: $h = 6,626076 \cdot 10^{-34}$ J·s — Plank doimiysi, λ — nurlanishning bo'shliqdagi to'lqin uzunligi, c — yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

41. Fotoeffekt qonuni:

$$h\nu = A + \frac{mv_m^2}{2}; \quad E_k = h\nu - A,$$

bu yerda: A — elektronning moddadan chiqish ishi, m — elektronning massasi, v_m — uning maksimal tezligi, E_k — elektronning maksimal kinetik energiyasi.

42. Fotoeffektning qizil chegarasi:

$$\nu_{\min} = A/h; \quad \lambda_{\max} = ch/A,$$

bu yerda: $\nu_{\min}$ — yorug'likning fotoeffekt ro'y berishi mumkin bo'lgan eng kichik chastotasi, $\lambda_{\max}$ — uning eng katta to'lqin uzunligi.

Masala yechish namunalari

1. Qalinligi H va absolut sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan shisha plastinka sirtiga tik yo'nalishda qaraganda plastinkaning ko'rinma qalinligi h qanday bo'ladi? Tik yo'nalish bilan β burchak hosil qiluvchi yo'nalishda qaraganda-chi?

Yechilishi

Plastinkaning orqa sirtida yotgan S nuqtaga plastinka orqali qaraylik (V.7-rasm). Bu nuqtadan chiqqan nurlardan plastinkaning oldingi sirtiga α burchak ostida tushuvchi ikkita simmetrigini olaylik. Bu SA va SB nurlar oldingi sirtida singanidan so'ng sirt bilan qandaydir β burchak hosil qiluvchi AC va BD yo'nalishlarda ketadi. Sirtga shu β burchak ostida qarayotgan ko'zga bu nurlar shu AC va BD nurlarning davomi kesishadigan S' nuqtadan chiqayotgandek tuyuladi. Boshqacha aytganda, S nuqta S' nuqtada yotgandek, plastinka esa h qalinlikka egadek tuyuladi. S' nuqta S nuqtaning plastinkadagi mavhum tasviridir.

h ning H , n va β larga bog'lanishini topaylik. V.7-rasmdan ko'rinadiki,

$$\frac{h}{b} = \operatorname{ctg} \beta = \frac{\cos \beta}{\sin \beta}; \quad \frac{b}{H} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}.$$

Bu tenglamalarni o'zaro hadma-had ko'paytirib, quyidagini olamiz:

$$\frac{h}{H} = \frac{\cos \beta}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}. \quad (1)$$

Sinish qonuniga binoan

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n} \quad \text{va} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta}{n^2}}$$

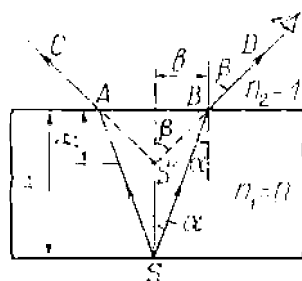
ekanini hisobga olsak, (1) dan

$$\frac{h}{H} = \frac{1}{n} \frac{\cos \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta / n^2}} = \frac{\cos \beta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}$$

ekani kelib chiqadi. Bundan,

$$h = \frac{H \cdot \cos \beta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}$$

Xususan, $\beta = 0$ bo'lgan holda (plastinka sirtiga tik qaralganda) $\cos \beta = 1$, $\sin \beta = 0$,



V.7- rasm.

$$h = H / n.$$

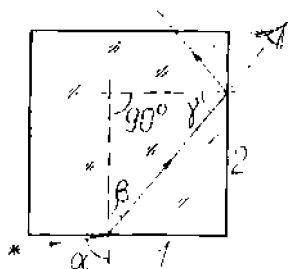
Demak, plastinka sirtiga tik qaralganda, uning qalinligi n marta kichikroq bo'lib tuyular ekan.

Javob: $h = \frac{H}{n}$ ($\beta = 0$ holda); $h = \frac{H \cos \beta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}.$

2. Absolut sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lgan shisha kubning qo'shni yoqlari orqali biror narsani ko'rib bo'ladimi? n ning qanday qiymatlarida ko'rish mumkin bo'lar edi?

Yechilishi

Shisha kubning 1- va 2-yoqlari orqali S yorug'lik manbayiga qaraylik (V.8-rasm). S manbadan chiqqan nurlarning bir qismi kubning 1-yog'ida singanidan so'ng kubning 2-yog'iga tushadi. Agar nurning 2-yoqqa tushish burchagi γ to'la ichki qaytishning chegaraviy qiymati γ_0 dan kichik bo'lsa, nur 2-yoqdan sinib o'tishi va ko'zga tushishi mumkin. Bu holda manba qo'shni yoqlar orqali ko'ringan bo'lar edi. Agar 2-yoqqa tushgan nurlarning hech biri uchun $\gamma < \gamma_0$ shart bajarilmasa, ya'ni γ burchaklarning eng kichigi $\gamma_{\min}$ ham γ_0 dan katta bo'lsa, nurlar 2-yoqda ichkariga to'liq qaytib, ko'zga yetib bormaydi. Natijada, S manba qo'shni yoqlar orqali ko'rinmaydi.



V.8- rasm.

Shisha — bo'shliq chegarasidagi to'la ichki qaytishning chegaraviy burchagi

$$\sin \gamma_0 = \frac{1}{n} \quad \text{yoki} \quad \gamma_0 = \arcsin \frac{1}{n}$$

formuladan aniqlanadi. Oxirgi ifodaga $n = 1,5$ qiymatni qo'yib, $\gamma_0 = 41^\circ 49'$ ekanini topamiz. γ o'zining $\gamma_{\min} = 90^\circ - \beta_{\max}$ ga teng bo'lgan minimal qiymatini β burchak $\beta_{\max}$

ga teng bo'lgan eng katta qiymatiga erishganida qabul qiladi. $\beta = \beta_{\max}$ esa $\alpha = \alpha_{\max} = 90^\circ$ ga to'g'ri keladi. Sinush qonunidan quyidagini topamiz:

$$n = \frac{\sin \alpha_{\max}}{\sin \beta_{\max}} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \beta_{\max}} = \frac{1}{\sin \beta_{\max}}.$$

Bundan $\sin \beta_{\max} = 1/n$ yoki $\beta_{\max} = \arcsin(1/n) = \gamma_0$ ekanligi kelib chiqadi. Demak,

$$\gamma_{\min} = 90^\circ - \beta_{\max} = 90^\circ - \gamma_0 = 90^\circ - 41^\circ 49' = 48^\circ 11' > \gamma_0 \quad (1)$$

bo'lib, nur 2-yoqdan o'tmaydi (to'la ichki qaytish hodisasi sodir bo'ladi). Demak, $n = 1,5$ bo'lganda shisha kubning qo'shni yoqlari orqali hech narsani ko'rish mumkin emas.

Endi n ning qanday qiymatlarida S manba qo'shni yoqlar orqali ko'rinishini aniqlaylik. Buning uchun $\gamma_{\min} < \gamma_0$ shart bajarilishi kerak. Bu tengsizlikka (1) dagi $\gamma_{\min} = 90^\circ - \gamma_0$ ifodani qo'yib,

$$2\gamma_0 > 90^\circ$$

tengsizlikka kelimiz. Bundan $\gamma_0 > 45^\circ$ yoki $1/n = \sin \gamma_0 > \sin 45^\circ = \sqrt{2}/2$ tengsizlikka kelimiz. Izlangan shart oxirgi tengsizlikdan topiladi:

$$n < \sqrt{2}.$$

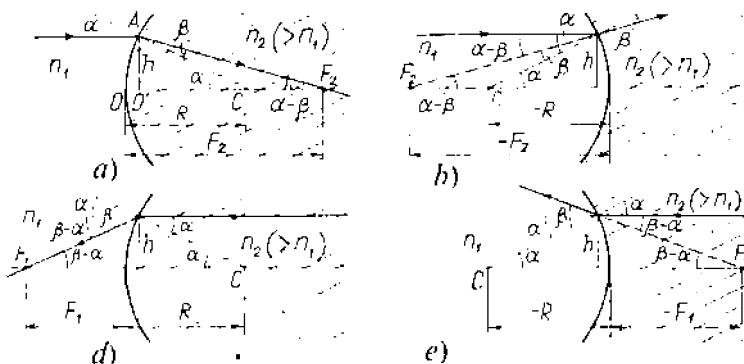
Javob: ko'rib bo'lmaydi; $n < \sqrt{2}$ bo'lsa, ko'rish mumkin.

3. n_1 va n_2 absolut sindirish ko'rsatkichli muhitlarni ajratib turuvchi R radiusli sferik chegaraning fokus masofalari va optik kuchi topilsin.

Yechilishi

Aniqlik uchun $n_2 > n_1$ deb faraz qilaylik. Bunda ikki hol bo'lishi mumkin: 1) sferik sirt qabariq, ya'ni sirtning egrilik markazi optik zichligi kattaroq muhitning ichida joylashgan, yoki, boshqacha aytganda, sirtning qabariq tomoni optik zichligi kichikroq muhitga qaragan (V.9-a, d rasmlar). Bunda sferaning radiusi musbat hisoblanadi: $R > 0$; 2) sferik sirt botiq, ya'ni sirtning egrilik markazi optik zichligi kichikroq muhitda joylashgan, yoki, boshqacha aytganda, sirtning botiq tomoni optik zichligi kichikroq muhitga qaragan (V.9-b, e rasmlar). Bunda sferaning radiusi manfiy hisoblanadi: $R < 0$.

Nuqtaviy yorug'lik manbayi va sferik sirtning egrilik markazi orqali o'tadigan to'g'ri chiziq *sferik sirtning optik o'qi* deb ataladi. Sirtga 1-muhitdan optik o'qqa parallel holda tushayotgan paraksial nurlar dastasi sirtga singanidan so'ng yig'iladigan, yoki nurlarning davomi uchrashadigan F_2 nuqta sferik sirtning *ikkinchi* (yoki *orqa*) *fokusi* deb ataladi. Sirtga 2-muhitdan optik o'qqa parallel holda tushayotgan paraksial nurlar dastasi sirtga singandan so'ng yig'iladigan yoki nurlarning davomi uchrashadigan F_1 nuqta sferik sirtning *birinchi* (yoki *oldingi*) fokusi deb ataladi. Agar aytilgan



V.9- rasm.

nurlar haqiqatdan ham fokusdan o'tsalar, bunday fokus *haqiqiy* deb, agar bu nurlarning davomigina fokusdan o'tsa, bunday fokus *mavhum* deb ataladi. Fokusdan sferaning uchi (yoki qutbi — optik o'q sferani kesib o'tadigan nuqta) gacha bo'lgan masofa *fokus masofa* deb ataladi. Haqiqiy fokus uchun fokus masofa musbat, mavhum fokus uchun esa manfiy deb qabul qilingan.

Masalani yechishni ikkinchi fokus masofa F_2 ni topishdan boshlaymiz. Nurlarning bu holdagi yo'llari V.9-a, b rasmlarda tasvirlangan. Paraksial nurlar uchun V.9-a rasmda ko'rsatilgan $AO' = h$ masofa R va F_2 masofalardan juda kichik bo'ladi. Bu holda $OO' \ll h \ll R, F_2$. Shuning uchun $O'C = R$ va $O'F_2 = F_2$ deb qabul qilish mumkin. Undan tashqari, paraksial nurlar holida α , β va $\alpha - \beta$ burchaklar ham juda kichik bo'ladi. Bu burchaklarning sinuslari va tangenslari burchaklarning o'zlari (radian hisobida olingan) bilan almashtirilishi mumkin.

V.9-a, b rasmlarga muvofiq $h = R \sin \alpha \approx R\alpha$ va $h = O'F_2 \tan(\alpha - \beta) \approx F_2(\alpha - \beta)$. Bu tengliklardan $R\alpha \approx F_2(\alpha - \beta)$ yoki

$$F_2 = \frac{R\alpha}{\alpha - \beta} = \frac{R}{1 - \beta/\alpha} \quad (1)$$

ekani kelib chiqadi. β/α ni yorug'likning sinish qonuni

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

dan topish mumkin. $\sin \alpha \approx \alpha$, $\sin \beta \approx \beta$ ekanini hisobga olsak, $\frac{\beta}{\alpha} = \frac{n_1}{n_2}$ kelib chiqadi. β/α ning bu ifodasini (1) formulaga qo'yib, quyidagi ifodaga kelimiz:

$$F_2 = \frac{R}{1 - n_1/n_2} = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}. \quad (2)$$

Endi birinchi fokus masofani topamiz. Nurlarning bu holdagi yo'llari V.9-d, e rasmlarda tasvirlangan. Bu rasmlarga muvofiq $h = R \sin \alpha \approx R\alpha$ va $h = F_1 \operatorname{tg}(\beta - \alpha) \approx F_1(\beta - \alpha)$. Bu tengliklardan $R\alpha \approx F_1(\beta - \alpha)$ yoki

$$F_1 = \frac{R\alpha}{\beta - \alpha} = \frac{R}{\beta/\alpha - 1} \quad (3)$$

ekani kelib chiqadi. Bu hol uchun qo'llanilgan sinish qonuni $\sin \alpha / \sin \beta = n_1 / n_2$ kichik α va β burchaklar uchun $\beta/\alpha = n_2/n_1$ tenglikka olib keladi. β/α ning bu ifodasini (3) ga qo'yib, quyidagi ifodaga kelimiz:

$$F_1 = \frac{R}{n_2/n_1 - 1} = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}. \quad (4)$$

Sferik sirtning optik kuchi deb

$$D = \frac{n_1}{F_1} = \frac{n_2}{F_2} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad (5)$$

kattalikka aytiladi.

(2), (4) va (5) formulalardan ko'rinadiki, F_1 , F_2 va D kattaliklar qabariq sirt ($R > 0$) uchun musbat, botiq sirt ($R < 0$) uchun esa manfiy qiymatlarga ega ($n_2 > n_1$ edi).

Masalani $n_1 > n_2$ holi uchun qaytadan yechsak, quyidagi ifodalarga kelimiz:

$$F_1 = \frac{n_1 R}{n_1 - n_2}; \quad F_2 = \frac{n_2 R}{n_1 - n_2}; \quad D = \frac{n_1 - n_2}{R}. \quad (6)$$

$n_1 > n_2$ va $n_1 < n_2$ hollarni umumlashtirib, quyidagi javobga kelimiz:

$$\text{Javob: } F_1 = \frac{n_1 R}{|n_2 - n_1|}; \quad F_2 = \frac{n_2 R}{|n_2 - n_1|}; \quad D = \frac{|n_2 - n_1|}{R}.$$

4. R radiusli shisha sharning markazidan o'tuvchi ingichka nur dastasi shar markazidan $1,5R$ masofada fokuslanadi. Shishaning sindirish ko'rsatkichini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$F = 1,5 R,$ $d = 2 R.$	Shisha sharni qalin linza deb qarash mumkin. Qalin linzaning optik kuchi
$n = ?$	$D = D_1 + D_2 - D_1 D_2 \frac{d}{n} \quad (1)$

formuladan aniqlanadi, bu yerda: D_1 va D_2 — linza sferik sirtlarining optik kuchi, d — linzaning qalinligi — sirtlar orasidagi eng katta masofa, n — linza moddasining sindirish ko'rsatkichi. Sferik sirtning optik kuchi $D = |n_2 - n_1| / R$ ifodadan aniqlanadi, bu yerda: R — sferik sirtning radiusi, n_1 va n_2 — sferik sirtning 1- va 2- tomonlaridagi muhitlarning sindirish ko'rsatkichlari. Linza — bo'shliqda turgan shar bo'lsa, $n_1 = 1$; $n_2 = n$; $d = 2R$; $R > 0$. Bu holda (1) formuladan quyidagini olamiz:

$$D = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R} - \left(\frac{n-1}{R} \right)^2 \frac{2R}{n} = 2 \frac{n-1}{R} \left(1 - \frac{n-1}{n} \right) = \frac{2(n-1)}{Rn}. \quad (2)$$

Demak, sharning markaziy qismidan, optik o'qi sharning markazidan o'tadigan qilib qirqib olingan (o'tuvchi nurlarning hammasi paraksial bo'lishi uchun) qalin linzaning optik kuchi (2) ifoda bilan aniqlanadi. Bunday linzaning fokus masofasi quyidagiga teng:

$$F = \frac{1}{D} = \frac{nR}{2(n-1)}. \quad (3)$$

Bu tenglamani n ga nisbatan yechamiz: $2nF - 2F = nR$; $n(2F - R) = 2F$;

$$n = \frac{2F}{2F - R}. \quad (4)$$

Sharning fokus masofasi uning markazidan o'lchanadi. Shuning uchun, shartga ko'ra $F = 1,5 R$. F ning bu qiymatini (4) ga qo'yib, javobni topamiz:

$$n = \frac{2 \cdot 1,5R}{2 \cdot 1,5R - R} = 1,5.$$

Javob: $n = 1,5$.

5. Havodagi fokus masofasi $F_0 = 7,5$ sm, sirtlarining egrilik radiuslari $R_1 = 6,0$ sm va $R_2 = 10,0$ sm bo'lgan linza akvariumning devoriga shunday joylashtirilganki, uning R_2 radiusli sirti akvarium ichida bo'ladi. Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 4/3$. a) akvariumga kirayotgan; b) akvariumdan chiqayotgan parallel nurlar dastasi linzadan qanday masofada fokuslanadi?

Berilgan:	Yechilishi
$F_0 = 7,5 \text{ sm},$ $R_1 = 6,0 \text{ sm},$ $R_2 = 10,0 \text{ sm},$ $n = 4/3.$	Yupqa linzaning optik kuchi uning sferik sirtlari optik kuchlarining yig'indisiga teng. Havoda (aniqrog'i, bo'shliqda) turgan linza sirtlarining optik kuchlari quyidagiga teng:
$F_1 = ? \quad F_2 = ?$	$D_1 = \frac{n_l - 1}{R_1}; \quad D_2 = \frac{n_l - 1}{R_2};$

bu yerda n_l — linza moddasining absolut sindirish ko'rsatkichi. Shuning uchun linzaning havodagi optik kuchi quyidagiga teng:

$$D_0 = D_{01} + D_{02} = (n_l - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Shunga o'xshash, R_1 radiusli sirti havo bilan chegaradosh bo'lgan, R_2 radiusli sirti esa suv bilan chegaradosh bo'lgan linzaning optik kuchi quyidagiga teng:

$$D = D_1 + D_2 = \frac{n_l - 1}{R_1} + \frac{n_l - n}{R_2} = \frac{n_l - 1}{R_1} + \frac{n_l - 1}{R_2} - \frac{n - 1}{R_2} = (n_l - 1) \times$$

$$\times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{n - 1}{R_2} = D_0 - \frac{n - 1}{R_2} = \frac{1}{F_0} - \frac{n - 1}{R_2} = \frac{R_2 - F_0(n - 1)}{F_0 R_2}.$$

Akvariumga kirayotgan parallel nurlar dastasi F_2 fokusdan o'tuvchi fokal tekislikda fokuslanadi. Bu tekislik linzadan F_2 fokus masofada, ya'ni

$$F_2 = \frac{n}{D} = \frac{F_0 R_2}{R_2 - F_0(n - 1)} = \frac{4/3 \cdot 7,5 \cdot 10}{10 - 7,5 \cdot (4/3 - 1)} \text{ sm} = 13,3 \text{ sm}$$

masofada joylashgan.

$$F_1 = \frac{1}{D} = F_2 / n = 13,3 / 1,33 \text{ sm} = 10,0 \text{ sm}.$$

$$\text{Javob: a) } F_2 = \frac{n F_0 R_2}{R_2 - F_0(n - 1)} = 13,3 \text{ sm};$$

$$\text{b) } F_1 = \frac{F_0 R_2}{R_2 - F_0(n - 1)} = 10,0 \text{ sm}.$$

6. Absolut sindirish ko'rsatkichi $n = 1,61$ bo'lgan shishadan ikkala sirtining egrilik radiusi bir xil bo'lgan qabariq linza tayyorlandi. Bu linzaning suvdagi optik kuchi $D_s = 1,60 \text{ D}$. Linza sirtining egrilik radiusi R , linzaning suvdagi va havodagi fokus masofalari F_s va F_h va havodagi optik kuchi D_h topilsin. Suvning absolut sindirish ko'rsatkichi $n_s = 1,33$.

Berilgan:	Yechilishi
$D_s = 1,60 \text{ D},$ $n = 1,61,$ $n_s = 1,33.$	Absolut sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan moddadan tayyorlangan linzaning absolut sindirish ko'rsatkichi n_m bo'lgan muhitdagi optik kuchi D_m
$R - ? F - ?$ $F_h - ? D_h - ?$	$D_m = (n - n_m) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1)$

formuladan aniqlanadi, bu yerda R_1 va R_2 — linza sferik sirtlarining egrilik radiuslari.

Muhit suvdan iboratligini ($n_m = n_s$) va radiuslar bir xilligini ($R_1 = R_2 = R$) hisobga olsak, (1) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$D_s = 2(n - n_s) / R.$$

Bundan,

$$R = (n - n_s) \frac{2}{D_s} = (1,61 - 1,33) \cdot \frac{2}{1,60} \text{ m} = 0,35 \text{ m} = 35 \text{ sm}.$$

Linzaning suvdagi fokus masofasi:

$$F_s = \frac{n_s}{(n - n_s)} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{n_s}{n - n_s} \frac{R}{2} = \frac{n_s}{D_s} = \frac{1,33}{1,60} \text{ m} = 0,831 \text{ m} = 83,1 \text{ sm}.$$

Linzaning havodagi fokus masofasi:

$$F_h = \frac{1}{n - 1} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{n - 1} \frac{R}{2} = \frac{35}{(1,61 - 1) 2} \text{ sm} = 28,7 \text{ sm}.$$

Linzaning havodagi optik kuchi:

$$D_h = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (n - 1) \frac{2}{R} = \frac{1}{F_h} = \frac{1}{0,287} \quad D = 3,49 \text{ D}.$$

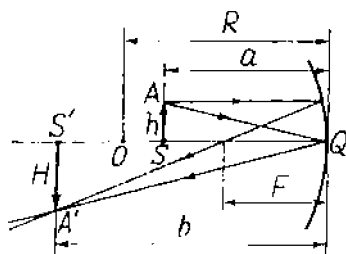
Javob: $R = 35 \text{ sm}; F_s = 83,1 \text{ sm}; F_h = 28,7 \text{ sm}; D_h = 3,49 \text{ D}.$

7. Buyum botiq ko'zguning bosh optik o'qida uning qutbidan (V.10- rasmdagi Q nuqtadan) $a = 60 \text{ sm}$ masofada joylashgan. Buyumning tasviri haqiqiy va 1,5 marta kattalashganini bilgan holda ko'zguning fokus masofasini va egrilik radiusini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$a = 60 \text{ sm},$ $F = 1,5.$	Ko'zguning fokus masofasi $F = \pm R / 2, \quad (1)$
$F - ? R - ?$	bu yerda R — ko'zguning egrilik radiusi

bo'lib, u doimo musbat hisoblanadi. (1) formuladagi musbat ishora botiq ko'zguga, manfiy ishora esa qabariq ko'zguga tegishli.

Ko'zgudan buyumgacha va tasvirgacha bo'lgan a va b masofalar ko'zguning fokus masofasi F bilan ko'zgu formulasi



V.10- rasm.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad (2)$$

orqali bog'langan. Masala shartiga ko'ra tasvir haqiqiy bo'lgani uchun, u teskari bo'ladi. Demak, kattalashtirish Γ manfiy qiymatga ega:

$$\Gamma = -H/h. \quad (3)$$

V.10- rasmdagi SAQ va $S'A'Q$ uchburchaklarning o'xshashligidan ularning mos tomonlari o'zaro proporsionalligi kelib chiqadi. Bundan,

$$\Gamma = -H/h = -b/a. \quad (4)$$

Γ uchun boshqa formulalar chiqarish ham mumkin. Haqiqatan ham, (2) tenglamaning ikkala tomonini $-b$ ga ko'paytirib, $-b/a$ ga nisbatan yechsak, quyidagi ifodani olamiz:

$$\Gamma = -\frac{b}{a} = 1 - \frac{b}{F} = \frac{F-b}{F}. \quad (5)$$

(2) tenglamaning ikkala tomonini $-a$ ga ko'paytirib, $-a/b$ ga nisbatan yechamiz:

$$-\frac{a}{b} = 1 - \frac{a}{F} = \frac{F-a}{F}.$$

Bundan,

$$\Gamma = -\frac{b}{a} = \frac{F}{F-a}. \quad (6)$$

(6) tenglamani F ga nisbatan yechib, fokus masofani topamiz:

$$F\Gamma - \Gamma a = F; \quad F(\Gamma - 1) = \Gamma a; \quad F = \frac{\Gamma a}{\Gamma - 1} = \frac{-1,5 \cdot 60}{-1,5 - 1} \text{ sm} = 36 \text{ sm}.$$

(1) formulaga ko'ra $R = 2F = 2 \cdot 36 \text{ sm} = 72 \text{ sm}$.

$$\text{Javob: } F = \frac{\Gamma a}{\Gamma - 1} = 36 \text{ sm}; \quad R = \frac{2\Gamma a}{\Gamma - 1} = 72 \text{ sm}.$$

8. Sferik akvariumda suzayotgan haliq ko'pi bilan necha marta katta bo'lib ko'rinadi? Suvning absolut sindirish ko'rsatkichi $n = 4/3$. Akvarium shishasining qalinligi hisobga olinmasin.

Berilgan:	Yechilishi
$n = 4/3.$	Sferik sirtning ko'ndalang chiziqli kattalash-tirishi
$\Gamma_{\max} = ?$	
	$\Gamma = -\frac{n_1}{n_2} \frac{b}{a} \quad (1)$

formuladan aniqlanadi, bu yerda: n_1 — buyum turgan muhitning, n_2 — sferik sirtning boshqa tomonidagi muhitning sindirish ko'rsatkichlari, a va b — sferik sirt dan buyumgacha va tasvirgacha bo'lgan masofalar. Bizning masalada $n_1 = n$, $n_2 = 1$. Demak,

$$\Gamma = -nb/a. \quad (2)$$

a va b lar bir-biri bilan va sferik sirt radiusi R bilan sindiruvchi sferik sirt formulasi

$$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{|n_2 - n_1|}{R} \quad (3)$$

orqali bog'langan. Biz ko'rayotgan holda (3) formula quyidagicha yoziladi:

$$\frac{n}{a} + \frac{1}{b} = \frac{n-1}{R}. \quad (4)$$

Bu tenglamaning ikkala tomonini a/n ga ko'paytirib, $\frac{a}{nb}$ ga nisbatan yechamiz:

$$1 + \frac{a}{nb} = \frac{n-1}{n} \frac{a}{R}; \quad \frac{a}{nb} = \frac{n-1}{n} \frac{a}{R} - 1 = \frac{(n-1)a - nR}{nR}.$$

Bundan,

$$\Gamma = -\frac{nb}{a} = \frac{nR}{nR - (n-1)a}.$$

Γ ning $\Gamma_{\max}$ qiymati $a = a_{\max} = 2R$ ga to'g'ri keladi. Bu holda

$$\Gamma_{\max} = \frac{nR}{nR - (n-1) \cdot 2R} = \frac{n}{2-n} = \frac{4/3}{2-4/3} = 2.$$

Javob: baliq ko'pi bilan $\Gamma_{\max} = \frac{n}{2-n} = 2$ marta katta bo'lib ko'rinadi.

9. Fokus masofalari F_1 va F_2 , oralaridagi masofa l bo'lgan ikkita yupqa linzadan iborat markazlashtirilgan sistemaning fokus masofasi F va optik kuchi D topilsin.

Yechilishi

Linzalar, sferik sirtlar va sferik ko'zgular markazlashtirilgan sistemasining ko'ndalang chiziqli kattalashtirishi ularning har biri beradigan kattalashtirishlar ko'paytmasiga teng bo'lgani uchun masalada aytilgan linzalar sistemasining kattalashtirishi quyidagiga teng:

$$\Gamma = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2, \quad (1)$$

bu yerda Γ_1 va Γ_2 — mos ravishda 1- va 2- linzalarning kattalashtirishlari. Linzaning kattalashtirishi uchun quyidagi formulalar o'rinli:

$$\Gamma = -\frac{b}{a}; \quad \Gamma = \frac{F-b}{F}; \quad \Gamma = \frac{F}{F-a}, \quad (2)$$

bu yerda: a — buyumdan linzagacha, b — linzadan tasvirgacha bo'lgan masofa.

Linzalarning optik o'qida 1-linzadan juda katta masofada (cheksizlikda) yotgan buyumning necha marta kattalashishini aniqlaylik. Bu holda $a_1 \gg F_1$ va $a \gg F$, $a_1 \approx a$ bo'lgani uchun, (2) formulalarning oxirgisiga muvofiq, linzalar sistemasining kattalashtirishi

$$\Gamma = -F/a, \quad (3)$$

1-linzaning kattalashtirishi esa

$$\Gamma_1 = -F_1/a_1 = -F_1/a. \quad (4)$$

Bu buyumning 1-linzadagi tasviri bu linzaning fokal tekisligida yotadi. Demak, $b_1 = F_1$ va bu tasvirdan 2-linzagacha bo'lgan masofa $a_2 = l - F_1$. Bu tasvir 2-linza uchun haqiqiy buyum vazifasini o'taydi. 2-linzaning kattalashtirishi

$$\Gamma_2 = \frac{F_2}{F_2 - a_2} = \frac{F_2}{F_2 - (l - F_1)} = \frac{F_2}{F_1 + F_2 - l}. \quad (5)$$

Γ , Γ_1 va Γ_2 larning (3), (4) va (5) ifodalarini (1) formulaga qo'ysak,

$$-\frac{F}{a} = -\frac{F_1}{a} \cdot \frac{F_2}{F_1 + F_2 - l}$$

tenglamaga kelamiz. Bu tenglamani $-a$ ga ko'paytirib, linzalar sistemasining fokus masofasini topamiz:

$$F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - l}. \quad (6)$$

Linzalar sistemasining optik kuchi:

$$D = \frac{1}{F} = \frac{F_1 + F_2 - l}{F_1 F_2} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} - \frac{l}{F_1 F_2} = D_1 + D_2 - D_1 D_2 l.$$

$$\text{Javob: } F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - l}; \quad D = D_1 + D_2 - D_1 D_2 l.$$

10. Obyektiv ikki linzadan iborat. Ularning birinchisi — fokus masofasi $F_1 = 20$ sm bo'lgan yig'uvchi linza, ikkinchisi esa fokus masofasi $F_2 = -10$ sm bo'lgan sochuvchi linza. Linzalar bir-biridan $l = 15$ sm masofada joylashgan. Obyektiv yordamida ekranda Oyning tasviri hosil qilinadi. Oyning linza yordamida hosil qilingan tasviri xuddi shunday o'lchamga ega bo'lishi uchun, linzaning fokus masofasi F qanday bo'lishi kerak?

Berilgan:	Yechilishi
$F_1 = 20$ sm, $F_2 = -10$ sm, $l = 15$ sm.	1-usul. Oyning diametrini D , uning L_1 linza hosil qilgan tasvirining diametrini d_1 , L_2 linza hosil qilgan tasvirining diametrini esa d_2 bilan belgilaylik. Oyning L_1 linzadagi tasviri bu linzaning fokal tekisligida (chunki $a_1 = \infty$, $b_1 = F_1$) bo'lgani uchun L_1 linzaning ko'ndalang chiziqli kattalash-tirishi quyidagiga teng:
$F = ?$	

$$\Gamma_1 = -\frac{d_1}{D} = -\frac{b_1}{a_1} = -\frac{F_1}{L}, \quad (1)$$

bu yerda L — obyektivdan Oygacha bo'lgan masofa. $F_1 < 0$ ekanini tasvirning teskari ekanini ko'rsatadi. (1) dan d_1 ni topamiz:

$$d_1 = DF_1 / L = \alpha F_1, \quad (2)$$

bu yerda $\alpha = D/L$ — Oyning ko'rinish burchagi ($\sim 0,009$ rad).

L_2 linza uchun buyum vazifasini L_1 linza hosil qiladigan S_1 tasvir bajaradi. Bu tasvir mavhum, chunki S_1 nuqtada L_1 linzadan kelayotgan nurlar emas, balki ularning davomi kesishadi. Shuning uchun, bu holda buyumni mavhum deb qarash kerak va, natija-

da, $a_2 < 0$ deb qabul qilish kerak. V.11-rasmdan ko'rinadiki, bu „mavhum buyum“ S_1 dan L_2 linzagacha bo'lgan masofa:

$$-a_2 = F_1 - l. \quad (3)$$

L_2 linzaning chiziqli kattalashtirishi quyidagiga teng:

$$\Gamma_2 = -\frac{b_2}{a_2} = \frac{b_2}{F_1 - l}. \quad (4)$$

Demak, L_2 linza hosil qilgan S_2 tasvirning diametri:

$$d_2 = \Gamma_2 d_1 = d_1 b_2 / (F_1 - l). \quad (5)$$

b_2 ni L_2 linza uchun yozilgan linza formulasidan topish mumkin:

$$\frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2}; \quad \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{a_2} = \frac{a_2 - F_2}{a_2 F_2}; \quad b_2 = \frac{a_2 F_2}{a_2 - F_2} = \frac{-a_2 F_2}{F_2 - a_2}.$$

(3) ifodani hisobga olsak, b_2 uchun quyidagi ifodaga kelamiz:

$$b_2 = \frac{(F_1 - l) F_2}{F_1 + F_2 - l} = \frac{(20 - 15) \cdot (-10)}{20 - 10 - 15} \text{ sm} = 10 \text{ sm}. \quad (6)$$

$b_2 > 0$ ekani S_2 tasvir haqiqiy ekanidan dalolat beradi.

$\Gamma_2 = -\frac{b_2}{a_2} > 0$. Bu esa S_2 tasvir S_1 ning to'g'ri tasviri ekanini ko'rsatadi. Demak, ekranda Oyning teskari tasviri hosil bo'lar ekan (S_1 tasvir teskari bo'lgani uchun).

(2) va (6) ifodalarni (5) ga qo'yib, obyektiv hosil qiladigan tasvirning diametrini topamiz:

$$d_2 = \frac{\alpha F_1 F_2}{F_1 + F_2 - l}. \quad (7)$$

Yakka olingan F fokus masofali linza beradigan tasvirning diametri (2) ga o'xshash

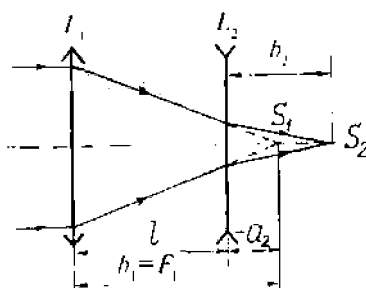
$$d = \alpha F \quad (8)$$

ifodadan aniqlanadi. Masala shartida aytilgandek, $d = d_2$ bo'lishi uchun, (7) va (8) dan chiqadiki,

$$F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - l} = \frac{20 \cdot (-10)}{20 - 10 - 15} \text{ sm} = 40 \text{ sm}$$

bo'lishi kerak. Ikkala holda ham ekrandagi tasvir teskari bo'ladi.

2-usul. Ushbu masalani anchagina qisqa yo'l bilan yechsak ham bo'lar



V.11- rasm.

edi. Haqiqatan ham, Oyning ekrandagi tasvirlari bir xil bo'lishi uchun ayrim olingan linzaning fokus masofasi L_1, L_2 linzalar sistemasining fokus masofasiga teng bo'lishi kerak.

Oralaridagi masofa l ga, optik kuchlari D_1 va D_2 ga teng bo'lgan ikkita yupqa linzadan iborat sistemaning optik kuchi quyidagi formuladan topiladi:

$$D = D_1 + D_2 - D_1 D_2 l. \quad (9)$$

$D = 1/F$ formula bo'yicha optik kuchlardan fokus masofalarga o'tsak, (9) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} - \frac{l}{F_1 F_2} = \frac{F_1 + F_2 - l}{F_1 F_2}.$$

Bundan

$$F = F_1 F_2 / (F_1 + F_2 - l).$$

Ayrim olingan linzaning fokus masofasi shunga teng bo'lishi kerak. Kutilgandek, 1-usul bilan olingan javobning o'zi chiqdi.

Javob: $F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - l} = 40 \text{ sm.}$

11. $N = 4$ marta kattalashtiradigan lupaning optik kuchini va fokus masofasini aniqlang. Odam ko'zining eng yaxshi ko'rish masofasi $L = 25 \text{ sm.}$

Berilgan:	Yechilishi
$N = 4,$ $L = 25 \text{ sm} = 0,25 \text{ m.}$ $D = ? \quad F = ?$	Buyumni kattalashtirib ko'rish uchun uni linza orqasiga shunday a masofaga qo'yladiki, uning kattalashgan mavhum tasviri ko'zdan eng yaxshi ko'rish masofasida hosil bo'ladi. Linza bunday maqsadda ishlatilganda u <i>lupa</i> deb ataladi. Amalda lupa ko'zga juda yaqin olib kelib qaralgani uchun lupa va ko'z bir nuqtada joylashgan deb qarash mumkin. Bu holda tasvir lupadan $L = 25 \text{ sm}$ bo'lgan eng yaxshi ko'rish masofasida turishi kerak.

Ko'rinma kattalashtirishning ta'rifiga binoan

$$N = \text{tg}\varphi_2 / \text{tg}\varphi_1, \quad (1)$$

bu yerda: φ_1 — buyumga eng yaxshi ko'rish masofasidan qaralgandagi ko'rinish burchagi, φ_2 — unga lupa orqali qaralgandagi ko'rinish burchagi (V.12-rasm). Rasmdan ko'rinishicha, $\text{tg}\varphi_2 = H/L$; $\text{tg}\varphi_1 = h/L$. Bu ifodalarni (1) ga qo'yib,

$$N = H/h \quad (2)$$

ifodaga kelimiz. Ya'ni, lupaning tasvir $L = 25$ sm masofada hosil bo'ladigan holdagi ko'rinma kattalashtirishi N linzaning ko'ndalang chiziqli kattalashtirishi $\Gamma = H/h$ ga teng ekan. V.12-rasmdagi $OB B'$ va OAA' uchburchaklarning o'xshashligidan

$$\frac{H}{h} = -\frac{b}{a} \quad (3)$$

kelib chiqadi. Tasvir mavhum bo'lgani uchun b manfiy. $-b/a$ ni linza formulasi

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

dan foydalanib topish mumkin. Bu tenglikning ikkala tomonini b ga ko'paytirib, b/a ga nisbatan yechsak, quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{b}{a} = \frac{b}{F} - 1 = \frac{b-F}{F}.$$

Bu ifodani (3) ga qo'yib, (2) ni hisobga olgan holda quyidagini topamiz:

$$N = \frac{H}{h} = -\frac{b}{a} = -\frac{b}{F} + 1.$$

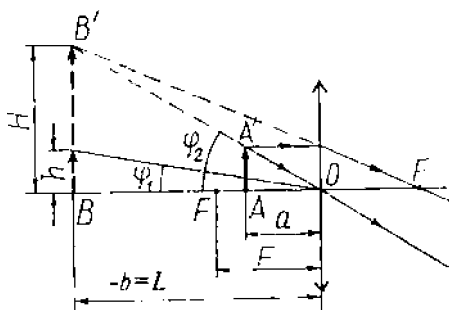
$-b = L$ ekanini hisobga olib, lupaning kattalashtirishi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$N = \frac{L}{F} + 1. \quad (4)$$

Bu tenglamadan lupaning fokus masofasi F va optik kuchi D uchun quyidagilarni olamiz:

$$F = \frac{L}{N-1} = \frac{25}{4-1} \text{ sm} = 8,33 \text{ sm}; \quad D = \frac{1}{F} = \frac{N-1}{L} = \frac{4-1}{0,25} \frac{1}{\text{m}} = 12 \text{ D}.$$

Javob: $D = 12 \text{ D}$; $F = 8,33 \text{ sm}$.



V.12- rasm.

12. Mikroskop obyektivi va okulyarining fokus masofalari mos ravishda $F_{ob} = 4,0$ mm va $F_{ok} = 25$ mm. Agar obyektiv va okulyar orasidagi masofa $l = 10$ sm ga uzaytirilsa, mikroskopning kattalashtirishi qanchaga o'zgaradi? Agar mikroskopning hamma chiziqli o'lchamlari, shu jumladan linzalariniki ham, k marta oshirilsa, uning kattalashtirishi necha marta o'zgaradi?

Berilgan:	Yechilishi
$F_{ob} = 4,0$ mm, $F_{ok} = 25$ mm, $l = 10$ sm.	Mikroskopning kattalashtirishi N uning obyektivi va okulyarining N_{ob} va N_{ok} kattalashtirishlarining ko'paytmasiga teng:
$\Delta N = ?$ $N/N' = ?$	$N = N_{ob} \cdot N_{ok}. \quad (1)$ Obyektiv buyumdan shunday masofaga qo'yiladiki, uning hosil qilgan haqiqiy tasviri deyarli okulyarning fokus tekisligiga to'g'ri keladi. Buning uchun buyum obyektivning oldingi fokusidan bir ozgina naribroqqa qo'yiladi. Shuning uchun, buyumdan obyektivgacha bo'lgan masofani $a_1 \approx F_{ob}$, obyektivdan tasvirgacha bo'lgan masofani esa $b_1 \approx \Delta$ deyish mumkin, bu yerda Δ — mikroskopning optik intervali — obyektivning orqa fokusi bilan okulyarning oldingi fokusi orasidagi masofa. Natijada, obyektivning kattalashtirishi

$$N_{ob} = -\frac{b_1}{a_1} = -\frac{\Delta}{F_{ob}} \quad (2)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Minus ishora tasvirning teskari bo'lishini bildiradi.

Obyektiv hosil qiladigan haqiqiy tasvir okulyarning fokus tekisligiga yaqin, lekin fokus tekislik bilan okulyar orasidagi shunday joyda bo'ladiki, bunda okulyar hosil qiladigan mavhum tasvir okulyardan yaxshi ko'rish masofasi L ga teng masofada bo'ladi. Bunda okulyar lupa vazifasini bajargani uchun uning kattalashtirishi N_{ok} lupaning kattalashtirishiga teng:

$$N_{ok} = \frac{L}{F_{ok}} + 1. \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ga qo'yi b, m i k r o s k o p n i n g kattalashtirishini topamiz:

$$N = -\frac{\Delta}{F_{ob}} \left(\frac{L}{F_{ok}} + 1 \right). \quad (4)$$

Obyektiv va okulyar orasidagi masofaning l ga ortishi Δ ning l ga ortishiga teng kuchli. Shuning uchun, mikroskopning yangi kattalashtirishi:

$$N' = -\frac{\Delta + l}{F_{ob}} \left(\frac{l}{F_{ok}} + 1 \right). \quad (5)$$

Kattalashtirishning orttirmasi:

$$\Delta N = N' - N = -\frac{l}{F_{ob}} \left(\frac{l}{F_{ok}} + 1 \right) = -\frac{100}{4} \left(\frac{250}{25} + 1 \right) = -275.$$

Shunday qilib, mikroskopning kattalashtirishi modul jihatidan 275 ga ortar ekan.

Mikroskopning hamma chiziqli o'lchamlari k marta ortsa, uning optik intervali Δ va linzalarning egrilik radiuslari ham shuncha marta ortadi. Bunda

$$F = \frac{1}{n-1} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

formulaga muvofiq obyektivning va okulyarning fokus masofalari ham k martadan ortadi. Natijada, mikroskopning yangi kattalashtirishi

$$N'' = -\frac{\Delta'}{F_{ob}} \left(\frac{l}{F_{ok}} + 1 \right) = -\frac{k\Delta}{kF_{ob}} \left(\frac{l}{kF_{ok}} + 1 \right) = -\frac{\Delta}{kF_{ob}} \left(\frac{l}{F_{ok}} + k \right)$$

ga teng bo'ladi. Agar $L/F_{ok} \gg k$ shart bajarilsa, mikroskopning kattalashtirishi k marta kamayadi deyish mumkin.

Javob: Kattalashtirish modul jihatidan $\Delta N = \frac{\Delta}{F_{ob}} \left(\frac{l}{F_{ok}} + 1 \right) = 275$ ga ortadi; kattalashtirish $\sim k$ marta kamayadi.

13. $N = 20$ marta kattalashtiruvchi va $l = 42$ sm uzunlikka ega bo'lgan Kepler trubasini yasash uchun qanday linzalar olish kerak?

Berilgan:	Yechilishi
$N = 20,$ $l = 42$ sm.	Kepler trubasi ikkita musbat linzadan iborat bo'lib, ular bosh optik o'qlari va bittadan fokuslari ustma-ust tushadigan qilib o'rnatiladi. Bunday trubaning kattalashtirishi obyektiv fokus masofasi F_1 ning okulyar fokus masofasi F_2 ga nisbatiga teng. Trubaning uzunligi esa bu fokus masofalarning yig'indisiga teng:
$F_1 - ?$ $F_2 - ?$	

$$\begin{cases} F_1 + F_2 = l, \\ F_1 / F_2 = N. \end{cases} \quad (1)$$

$$(2)$$

(2) dan:

$$F_1 = F_2 N. \quad (3)$$

Bu ifodani (1) tenglamaga qo'yib, $F_2 (N+1) = l$ tenglamaga kelamiz. Bundan

$$F_2 = \frac{l}{N+1} = \frac{42}{20+1} \text{ sm} = 2,0 \text{ sm}.$$

F_2 ning bu ifodasini (3) ga qo'yamiz:

$$F_1 = \frac{Nl}{N+1} = \frac{20 \cdot 42}{20+1} \text{ sm} = 40 \text{ sm}.$$

$$\text{Javob: } F_1 = \frac{Nl}{N+1} = 40 \text{ sm}; \quad F_2 = \frac{l}{N+1} = 2,0 \text{ sm}.$$

14. Absolut sindirish ko'rsatkichi $n = 1,50$ bo'lgan shaffof moddadan tayyorlangan yupqa pardaga oq yorug'likning parallel dastasi $\alpha = 30^\circ$ burchak ostida tushganda, undan qaytgan yorug'lik sariq ($\lambda = 566 \text{ nm}$) rangli bo'lishi uchun pardaning qalinligi kamida qancha bo'lishi kerak?

Berilgan:

$$\begin{aligned} n &= 1,50, \\ \alpha &= 30^\circ, \\ \lambda &= 566 \text{ nm}. \end{aligned}$$

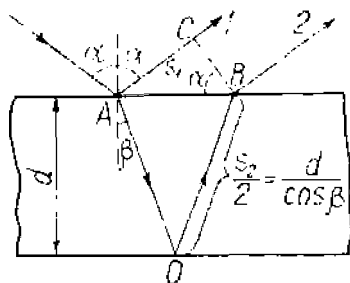
$$J_{\min} - ?$$

Yechilishi

Shaffof pardaga (plastinkaga) tushgan yorug'lik uning ikkala sirtidan qaytadi. Agar parda juda yupqa (to'lqin uzunligi tartibida) bo'lsa, uning oldingi va orqa sirtlaridan qaytayotgan 1- va 2- to'lqinlar (V.13-rasmga qarang) albatta

o'zaro kogerent bo'ladi. Natijada bu to'lqinlar interferensiyalashib, bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi mumkin. Qaytgan yorug'lik, masalan, sariq bo'lib ko'rinishi uchun faqat sariq nurlargina bir-birini kuchaytirishi, ya'ni ular uchungina interferensiyaning maksimumlik sharti bajarilishi kerak.

Interferensiya maksimu-mining sharti to'lqinlarning δ fazalar farqi 2π ga karrali bo'lishidan iborat:



V.13- rasm.

$$\delta = 2m\pi \quad (m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots) \quad (1)$$

Interferensiya minimumining sharti esa fazalar farqining 2π ga yarim karrali bo'lishidan iborat:

$$\delta = (2m + 1)\pi \quad (m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots) \quad (2)$$

Fazalar farqi to'liqlar o'tadigan yo'llar optik uzunliklarining farqi Δ ga bog'liq:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \quad (3)$$

(λ — to'liqning bo'shliqdagi uzunligi). Bu yerda yana bir hodisani hisobga olish kerak. Yorug'lik to'liqini optik zichligi kattaroq bo'lgan muhitdan qaytganida (V.13-rasmdagi A nuqtada) fazasi sakrab π ga o'zgaradi, optik zichligi kichikroq muhitdan qaytganida (V.13-rasmdagi O nuqtada) yoki bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganida bu hodisa ro'y bermaydi. Shuning uchun, plastinkaning ikkala tarafidagi muhitlarning sindirish ko'rsatkichlari plastinkanikidan kichik ($n_1, n_2 < n$) yoki katta ($n_1, n_2 > n$) bo'lgan hollarda hosil bo'ladigan π ga teng qo'shimcha fazalar farqini hisobga olish uchun fazalar farqini

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\Delta + \frac{\lambda}{2} \right) \quad (4)$$

ko'rinishida yozish kerak, ya'ni (3) formuladagi yo'l farqiga $\lambda/2$ ni qo'shish (yoki ayirish) kerak.

Muhitlardan birining sindirish ko'rsatkichi plastinkanikidan kichik, ikkinchisining esa katta bo'lgan hollarda fazalar farqining ifodasi (3) ko'rinishda qoladi. Chunki $n_1 > n > n_2$ bo'lgan holda fazaning sakrab π ga o'zgarishi umuman ro'y bermaydi, $n_1 < n < n_2$ bo'lgan holda esa to'liqning ikkala sirtidan qaytishida ham fazasi sakrab π ga o'zgaradi.

Endi yo'llar farqi Δ ni topaylik. Olgan javobimiz umumiyroq bo'lishi uchun plastinka oldidagi muhitning sindirish ko'rsatkichini n_1 , orqasidagini n_2 deylik. V.13-rasmdan ko'rinadiki:

$$\Delta = L_2 - L_1 = ns_2 - n_1s_1, \quad (5)$$

bu yerda: s_1 — AC kesma uzunligi; s_2 — AO va OB kesmalar uzunliklarining yig'indisi. V.13-rasmdan yana shuni ko'rish mumkinki, $s_1 = AB \cdot \sin \alpha = 2d \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \alpha$, $s_2 = 2d / \cos \beta$. Bu ifodalarni (5) ga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$\Delta = \frac{2nd}{\cos\beta} - \frac{2dn_1 \sin\beta \sin\alpha}{\cos\beta} = \frac{2nd}{\cos\beta} \left(1 - \sin\beta \frac{n_1 \sin\alpha}{n} \right).$$

Sinish qonuniga binoan $n_1 \sin\alpha = n \sin\beta$ ekanini hisobga olsak,

$$\Delta = \frac{2nd}{\cos\beta} (1 - \sin^2\beta) = 2nd \cdot \cos\beta \quad (6)$$

ifodaga kelamiz. $n \cos\beta = n \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2\alpha}$ ekanini hisobga olsak, (6) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\Delta = 2nd \cos\beta = 2d \sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2\alpha}. \quad (7)$$

Biz yechayotgan masalada pardaning ikkala tomonidagi muhit bir xil bo'lgani uchun ($n_1 = n_2 < n$ hol) yorug'likning A nuqtadan qaytishida to'liq inqiroz bo'lmay, π ga o'zgaradi. Shuning uchun fazalar farqining (4) ifodasi o'rinli. (4) dagi Δ o'rniga (7) ifodani, δ o'rniga esa (1) ifodani qo'ysak, interferensiya maksimumi sharti kelib chiqadi:

$$\Delta = 2nd \cos\beta = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \quad \text{yoki} \quad \Delta = 2d \sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2\alpha} = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda, \quad (8)$$

bu yerda $m = 1; 2; \dots$ — interferensiya maksimumining tartibi.

(4) dagi Δ o'rniga (7) ifodani, δ o'rniga esa (2) ifodani qo'ysak, interferensiya minimumi sharti kelib chiqadi:

$$\Delta = 2nd \cos\beta = m\lambda \quad \text{yoki} \quad \Delta = 2d \sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2\alpha} = m\lambda, \quad (9)$$

bu yerda $m = 1; 2; \dots$ — interferensiya minimumining tartibi.

$n_1 = 1$ ekanini hisobga olgan holda (8) dan pardaning qalinligi uchun

$$d = \frac{(m-0,5) \lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$$

ifodani topamiz. Pardaning eng kichik qalinligi interferensiya maksimumi tartibi eng kichik, ya'ni $m = 1$ bo'lgan holga to'g'ri keladi:

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} = \frac{566}{4\sqrt{1,5^2 - 0,5^2}} \text{ nm} = 100 \text{ nm}.$$

$$\text{Javob: } d_{\min} = \lambda / 4\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} = 100 \text{ nm}.$$

15. Sovunli suvning yassi parallel pardasiga oq yorug'likning parallel dastasi tushmoqda. Yorug'lik parda sirtiga tik tushganda (va faqat shunga yaqin hollarda) parda qaytgan yorug'likda yashil bo'lib, yorug'lik parda sirtiga sirpanib tushganda esa u sariq bo'lib ko'rinadi. Sovunli suvning sindirish ko'rsatkichi yashil ($\lambda_1 = 509,7 \text{ nm}$) yorug'lik uchun $n_1 = 1,336$, sariq ($\lambda_2 = 561,4 \text{ nm}$) yorug'lik uchun esa $n_2 = 1,334$. Sovunli suv pardasining qalinligi d ni toping. 10° ga karrali bo'lgan turli tushish burchaklarida pardaning rangi qanday bo'lishini ham aniqlang.

Berilgan:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 0^\circ, \\ \lambda_1 &= 509,7 \text{ nm}, \\ n_1 &= 1,336, \\ \alpha_2 &= 90^\circ, \\ \lambda_2 &= 561,4 \text{ nm}, \\ n_2 &= 1,334.\end{aligned}$$

$d = ?$

Yechilishi

Pardaning ikkala tomoni bir xil muhit (bo'shliq) bo'lgani uchun uning oldingi va orqa sirtlaridan qaytgan yorug'lik to'lqinlarining interferensiya maksimumi sharti quyidagidan iborat (oldingi masalaga qarang):

$$\Delta \equiv 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad (1)$$

bu yerda m — natural son bo'lib, maksimumning tartibini bildiradi. (1) dan:

$$d = \frac{(m-0,5) \lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}. \quad (2)$$

Y a s $\alpha_1 = 0^\circ$ da hosil bo'ladigan yagona maksimumning tartibi m_1 ni aniqlashga urinib ko'raylik:

$$\Delta_1 \equiv 2d\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha_1} = 2n_1 d = \left(m_1 - \frac{1}{2}\right)\lambda_1. \quad (3)$$

α burchakni $\alpha_1 = 0$ dan $\alpha'_1 = 90^\circ$ gacha oshirib borsak,

Δ yo'llar farqi Δ_1 dan $\Delta'_1 \equiv 2d\sqrt{n_1^2 - 1}$ gacha kamayib boradi, lekin $m - 1$ - maksimumga to'g'ri keladigan yo'llar farqidan kattaligicha qoladi (chunki faqat bittagina yashil maksimumni kuzatish mumkin edi):

$$\Delta'_1 \equiv 2d\sqrt{n_1^2 - 1} > \left(m_1 - 1 - \frac{1}{2}\right)\lambda_1.$$

Bu tengsizlikka d ning (3) tenglamadan aniqlangan $d = \frac{m_1-0,5}{2n_1}\lambda_1$ ifodasini qo'yamiz:

$$2 \cdot \frac{m_1-0,5}{2n_1}\lambda_1\sqrt{n_1^2 - 1} = (m_1 - 0,5)\lambda_1 \frac{\sqrt{n_1^2 - 1}}{n_1} > (m_1 - 1,5)\lambda_1.$$

Shakl almashtirishdan so'ng bu tengsizlik quyidagi shaklni oladi:

$$m_1(n_1 - \sqrt{n_1^2 - 1}) < 1,5n_1 - 0,5\sqrt{n_1^2 - 1}.$$

Bundan:

$$m_1 < \frac{1}{2} \cdot \frac{3n_1 - \sqrt{n_1^2 - 1}}{n_1 - \sqrt{n_1^2 - 1}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3 \cdot 1,336 - \sqrt{1,336^2 - 1}}{1,336 - \sqrt{1,336^2 - 1}} \approx 3,47.$$

Demak, m_1 ko'pi bilan $[3,47] = 3$ bo'lishi mumkin ekan.

Endi m_1/m_2 nisbatni topamiz, bu yerda m_2 — sariq maksimumning tartibi. (2) dan:

$$d = \frac{(m_1 - 0,5)\lambda_1}{2\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha_1}} = \frac{(m_2 - 0,5)\lambda_2}{2\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha_2}}$$

Bu tenglamadan, $\alpha_1 = 0^\circ$, $\alpha_2 = 90^\circ$ ekanini hisobga olgan holda, quyidagi nisbatni topish mumkin:

$$\frac{2m_1 - 1}{2m_2 - 1} = \frac{m_1\lambda_2}{\sqrt{n_2^2 - 1} \lambda_1} = \frac{1,336 \cdot 561,4}{\sqrt{1,334^2 - 1} \cdot 509,7} = \frac{750,0}{450,0} = \frac{5}{3}.$$

Shunday qilib,

$$\frac{2m_1 - 1}{2m_2 - 1} = \frac{5}{3} = \frac{15}{9} = \frac{25}{15} = \dots$$

Bundan:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{2}; \quad \frac{8}{5}; \quad \frac{13}{8}; \dots$$

bo'lishi kerakligi kelib chiqadi. m_1 va m_2 sonlar natural bo'lib, $m_1 \leq 3$ ekanini hisobga olsak, $m_1/m_2 = 3/2$, ya'ni $m_1 = 3$, $m_2 = 2$ ekanini topamiz.

$m_1 = 3$ ni d ning yashil nur uchun yozilgan (2) ifodasiga qo'yib, quyidagini topamiz:

$$d = \frac{(m_1 - 0,5)\lambda_1}{2\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha_1}} = \frac{m_1 - 0,5}{2n_1} \lambda_1 = \frac{3 - 0,5}{2 \cdot 1,336} \cdot 509,7 \text{ nm} \approx 477 \text{ nm}.$$

Endi (1) dan kelib chiqadigan

$$\lambda = \frac{2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{m - 0,5}$$

formula bo'yicha turli α tushish burchaklarida pardaning rangi qanday bo'lishini topamiz. Natijalar jadval shaklida keltirilgan. $\alpha = 50^\circ$ ga ahamiyat bering. Bu burchakda ham binafsha, ham qizil nurlar uchun maksimum sharti bajariladi. Shuning uchun

$\alpha, ^\circ$	m	n	λ, nm	rangi
0	3	1,3360	509,7	yashil
10	3	1,3362	505,5	yashil
20	3	1,3368	495,0	zangori
30	3	1,3378	473,4	ko'k
40	3	1,3394	448,3	ko'k
50	3	1,3415	420,2	binafsha
50	2	1,3302	691,5	qizil
60	2	1,3315	643,1	qizil
70	2	1,3326	600,8	zang'aldoq
80	2	1,3336	571,8	sariq
90	2	1,3340	561,4	sariq

yorug'lik $\alpha = 50^\circ$ burchak ostida tushganida parda binafsha va qizilranglar aralashganida hosil bo'ladigan qirmizi rangda ko'rinadi.

Javob: $d = 477 \text{ nm}$.

16. Yassi qabariq linzaning sferik sirtida radiusi $r_0 = 3,00 \text{ mm}$ bo'lgan qismi tekislangan. U yassi shisha plastinkaga tegib turadi. Linza sirtining egrilik radiusi $R = 150 \text{ sm}$. To'lqin uzunligi $\lambda = 550 \text{ nm}$ bo'lgan qaytgan nurdan hosil bo'ladigan oltinchi yorug' halqaning radiusini toping.

Berilgan:

Yechilishi

$R = 150 \text{ sm},$
 $r_0 = 3,00 \text{ mm},$
 $\lambda = 550 \text{ nm},$
 $m' = 6.$

$r = ?$

Avval linza butun bo'lgan hol uchun qorong'i va yorug' Nyuton halqalarining r radiuslari formulasini keltirib chiqaraylik. Linzaning sindirish ko'rsatkichini n_1 , yassi shisha plastinkanikini n_2 , ular orasidagi muhitning sindirish ko'rsatkichini n deb belgilaylik (V.6-rasm). Nyuton halqalarini

qaytgan yorug'likda yassi plastinka sirtiga tik yo'nalishda kuzataylik. Bu halqalar plastinka sirtiga tik yo'nalgan parallel nurlar dastasining linza bilan yassi plastinka orasida hosil bo'ladigan o'zgaruvchi qalinlikli yupqa qatlamning ustki va ostki sirtlaridan qaytishida interferensiyalashishi natijasida hosil bo'ladi. Bunday yupqa qatlamning d qalinlikli joyidan qaytayotgan yorug'lik to'lqinlari yo'llari optik uzunliklarining farqi $\Delta = 2nd$ bo'ladi, chunki qatlamning ostki sirtidan qaytayotgan to'lqin $2d$ ga teng qo'shimcha geometrik yo'l o'tadi.

Avval, amalda ko'p uchraydigan, $n < n_1$, n_2 holni yoki $n > n_1$, n_2 holni ko'raylik. Bu hollarda yorug'lik to'lqini «yupqa qatlam»ning sirtlarining biridan qaytishida uning fazasi sakrab, π ga o'zgaradi.

Shuning uchun bu hollarda interferensiyaning maksimumi sharti (yorug' halqalarning kuzatilish sharti):

$$\Delta = 2nd = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda_0 \quad (m = 1; 2; \dots) \quad (1)$$

ko'rinishda, minimum sharti esa (qorong'i halqalarning kuzatilish sharti).

$$\Delta = 2nd = m\lambda_0 \quad (m = 0; 1; 2; \dots) \quad (2)$$

ko'rinishida bo'ladi, bu yerda m — halqaning tartib nomeri. Halqalarning r radiuslarini topish uchun d ni R va r orqali ifodalaymiz. V.6-rasmdagi OAB to'g'ri burchakli uchburchak uchun Pifagor teoremasini qo'llaymiz:

$$(R - d)^2 + r^2 = R^2 \quad \text{yoki} \quad R^2 - 2Rd + d^2 + r^2 = R^2.$$

$d \ll r$, R ekanini hisobga olsak, oxirgi tenglamadan d uchun

$$d = \frac{r^2}{2R} \quad (3)$$

ifodani olamiz. d ning bu ifodasini (1) va (2) tenglamalarga qo'yib, ularni r ga nisbatan yechsak, m - yorug' va qorong'i Nyuton halqalarining radiuslari kelib chiqadi:

$$r_{y0} = \sqrt{(m - 1/2) R \lambda_0 / n} = \sqrt{(m - 1/2) R \lambda}, \quad (m = 1; 2; \dots) \quad (4)$$

$$r_q = \sqrt{m R \lambda_0 / n} = \sqrt{m R \lambda}, \quad (m = 0; 1; 2; \dots); \quad (5)$$

bu yerda: λ — yorug'likning linza va yassi plastinka orasini to'ldirgan muhitdagi, λ_0 — uning bo'shliqdagi to'lqin uzunliklari.

(4) va (5) dan qorong'i halqalarning tartib nomeri 0 dan, yorug' halqalarniki esa 1 dan boshlanishi ko'rinib turibdi. 0-qorong'i halqa uchun $r_q = 0$ chiqadi. Shuning uchun bu markaziy halqa eng qorong'i joyi o'rtasida bo'lgan qorong'i doiradan iborat. Yorug' va qorong'i halqalarning keskin chegarasi bo'lmaydi, halqadan-halqaga o'tishda yorug'lik uzluksiz oshib yoki kamayib boradi. Yorug' halqaning radiusi r_{y0} deyilganda halqaning eng yorug' joyining radiusi, qorong'i halqaning radiusi r_q deyilganda esa halqaning eng qorong'i joyining radiusi tushuniladi.

Endi $n_1 > n > n_2$ yoki $n_1 < n < n_2$ hollarga o'taylik. 1-holda yorug'lik to'lqini «yupqa qatlam» ning ikkala sirtidan qaytganida ham fazasi o'zgarmaydi, 2-holda esa ikkala sirtidan qaytishda ham faza sakrab π ga o'zgaradi. Shuning uchun bu hollarda interferensiya maksimumi sharti

$$\Delta \equiv 2nd = m\lambda_0 \quad (m=0; 1; 2; \dots) \quad (6)$$

ko'rinishda, minimum sharti esa

$$\Delta \equiv 2nd = (m-1/2)\lambda_0 \quad (m=1; 2; \dots) \quad (7)$$

ko'rinishda bo'ladi. Yorug' va qorong'i Nyuton halqalarining radiuslari esa quyidagicha bo'ladi:

$$r_{y_0} = \sqrt{mR\lambda_0/n} = \sqrt{mR\lambda}, \quad (m=0; 1; 2; \dots) \quad (8)$$

$$r_q = \sqrt{(m-1/2)R\lambda_0/n} = \sqrt{(m-1/2)R\lambda}, \quad (m=1; 2; \dots) \quad (9)$$

O'tgan yorug'likda kuzatilganda, yuqoridagi hollarning hammasida minimum sharti bilan maksimum sharti o'rin almashadi. Endi qo'yilgan masalani yechishga kirishamiz.

1-usul (elementar usul). (3) tenglamani r ga nisbatan yechamiz:

$$r = \sqrt{2Rd} = \sqrt{2R(d_0 + d')}, \quad (10)$$

bu yerdagi d , d_0 va d' larning ma'nosi V.14-rasmdan ko'rinib turibdi. O'sha (3) ifodaning o'ziga ko'ra

$$d_0 = r_0^2 / 2R. \quad (11)$$

Yo'llar farqi $\Delta_A = 0$ bo'lgan A nuqtadan qorong'i halqaning eng qorong'i joyi o'tadi. B nuqtadan esa $m' = 6$ yorug' halqaning eng yorug' joyi o'tadi. Shuning uchun B nuqtadagi yo'llar farqi quyidagiga teng:

$$\Delta_B \equiv 2d' = (m' - 1/2)\lambda.$$

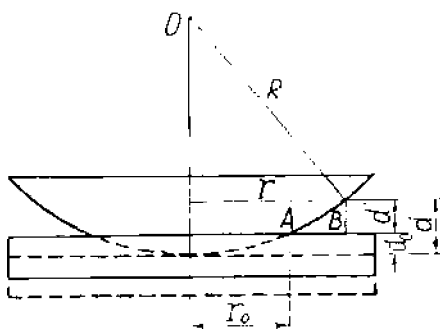
Bundan:

$$d' = (m' - 1/2)\lambda / 2.$$

Bu ifodani va d_0 ning (11) ifodasini (10) ga qo'yib, izlangan radiusni topamiz:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{2R[r_0^2 / 2R + (m' - 1/2)\lambda / 2]} = \sqrt{r_0^2 + (m' - 1/2)\lambda R} = \\ &= \sqrt{3^2 + (6 - 1/2) \cdot 0,55 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3} \text{ mm} = 3,68 \text{ mm}. \end{aligned}$$

2-usul (formal usul). Yo'llar farqi $\Delta_A = 0$ bo'lgan A nuqtaga qorong'i halqaning eng qorong'i joyi to'g'ri kelgani uchun, agar linzaning bir qismi tekislanmagan bo'lganida r_0 radiusli aylanaga



V.14- rasm.

to'g'ri keladigan qorong'i halqaning nomeri m_0 ni topamiz va uni AB oraliqdagi (V.14-rasmga qarang) qorong'i halqalar soni $m' - 1/2$ ga qo'shamiz. (Haqiqatan ham, A nuqtadan o'tadigan qorong'i halqani 0-halqa deb qarashimiz kerak bo'lgani uchun m' -yorug' halqani $m' - 1/2$ - qorong'i halqa deb qarash mumkin.)

$$r_0 = \sqrt{m_0 R \lambda}; \quad m_0 = r_0^2 / R \lambda;$$

$$r = \sqrt{m R \lambda} = \sqrt{(m_0 + m' - 1/2) R \lambda} = \sqrt{r_0^2 + (m' - 1/2) R \lambda}.$$

Kutilgandek, 1-usulda topilgan javobga keldik.

Javob: $r = \sqrt{r_0^2 + (m' - 1/2) R \lambda} = 3.68 \text{ mm}.$

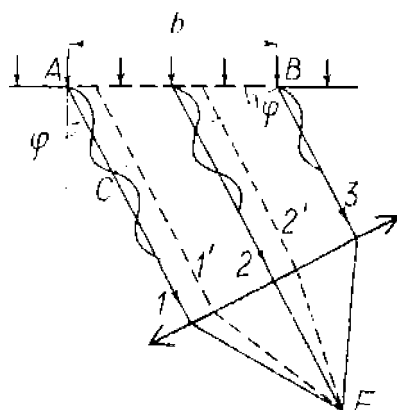
17. Kengligi b bo'lgan tirqishga $\lambda < b$ to'liqin uzunlikli yorug'lik to'liqini tik tushmoqda. Tirqishdan o'tgan nurlarning minimumlariga bo'lgan yo'nalishlarni aniqlovchi burchaklarni toping. Markaziy maksimumdan bir tomonda nechta minimum kuzatiladi?

Yechilishi

Gyuygens prinsipiga asosan, tirqishning har bir yoritilayotgan nuqtasi tebranish manbayi — yangi elementar to'liqinlarning markazi bo'lib qoladi. Bu to'liqinlar hamma yo'nalishda tarqaladi. Tirqishdan chiqayotgan nurlarning hammasini fikran parallel nurlar sistemasiga ajratish mumkin. Har bir sistemaning nurlari tirqish tekisligiga tik yo'nalish bilan biror ϕ burchak hosil qiladi va linzadan o'tgach, ekranning biror F nuqtasida yig'iladi (V.15-rasm). (Agar linza bo'lmasa ekranni tirqishdan juda uzoqqa qo'yish kerak.) Tirqishning AB tekisligida hamma ikkilamchi elementar to'liqinlar bir xil fazada tebranadi, chunki bu tekislik tushayotgan yassi to'liqin sirtlari (fazalari bir xil bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rni) dan biridir. Lekin bu ikkilamchi to'liqinlarning ekranning F nuqtasidagi fazalari bir xil bo'lmaydi. Buning sababi ularning tirqishdan F nuqttagacha bo'lgan yo'llarining optik uzunligi turlicha bo'lishidadir. Nurlarning o'zlariga tik bo'lgan BC tekislikdan F nuqttagacha bo'lgan yo'llarining optik uzunliklari bir xil. Aks holda Ferma prinsipiga asosan nurlar F nuqtada emas, boshqa bir nuqtada yig'ilar edi. Demak, nurlar yo'llarining farqi, bundan chiqadiki, ularning F nuqtadagi fazalarining farqi ham AB va CB tekisliklar orasida hosil bo'ladi.

Faraz qilaylik, biz ko'rayotgan nurlar sistemasi uchun AC kesma to'liqin uzunligiga teng bo'lsin: $AC = \lambda$. U holda 1-to'liqin

bilan tirqishning o'rtasidan chiqayotgan 2-to'liqin yo'llarining farqi $\lambda/2$ ga teng: $\Delta = \lambda/2$. Yo'llar farqi bilan fazalar farqi orasida $\delta = 2\pi\Delta/\lambda$ munosabat bo'lgani uchun, 1- va 2- to'liqlarning CB tekislikdagi va, demak, F nuqtadagi fazalar farqi π rad ga teng, ya'ni ular qarama-qarshi fazada bo'ladi. Shuning uchun bu to'liqlar F nuqtada bir-birini o'chiradi.



V.15- rasm.

Tirqishning chap yarmida olingan ixtiyoriy nuqta uchun tirqishning o'ng yarmida shunday bir nuqtani topish mumkin, bu nuqtalardan chiqayotgan 1- va 2-to'liqlarning yo'llari farqi $\lambda/2$ ga teng bo'ladi, ya'ni bu to'liqlar ham F nuqtada bir-birini o'chiradi. Shunday qilib, tirqishning chap yarmidan chiqayotgan to'liqlar bilan o'ng yarmidan chiqayotgan to'liqlar bir-birini butkul o'chirib, ekranning F nuqtasiga yorug'lik tushmaydi, bu nuqtada 1-minimum hosil bo'ladi.

$\angle ABC = \varphi$ ekan V.15-rasmdan ko'rinib turibdi. Shuning uchun 1-minimum hosil bo'lish sharti quyidagidan iborat:

$$\Delta = AC = b \cdot \sin \varphi = \lambda. \quad (1)$$

φ ning $\Delta = AC = 2\lambda$ bo'ladigan φ_2 qiymatida 2-minimum va, umuman, φ ning $\Delta = AC = m\lambda$ bo'ladigan φ_m qiymatida m -minimum hosil bo'ladi. Bularni ham yuqoridagidek yo'l bilan osongina isbotlash mumkin. $\Delta = 2\lambda$ bo'lgan holda tirqishni to'rtta teng kenglikli zonalar, $\Delta = m\lambda$ bo'lgan holda esa $2m$ ta teng kenglikli zonalar bo'lish kerak. Bunda yonma-yon turgan zonalarining bir xil nuqtalaridan ekranga kelayotgan to'liqlar yo'llarining farqi yana $\lambda/2$ ga teng bo'ladi. Shunday qilib, yonma-yon turgan har bir juft zonadan kelayotgan to'liqlar ekranning mos nuqtasida bir-birini o'chiradi va bu nuqtaga umuman yorug'lik tushmaydi, bu nuqtada m -minimum hosil bo'ladi.

Shunday qilib, m -minimumga bo'lgan yo'nalishni aniqlovchi burchak

$$b \cdot \sin \varphi_m = m\lambda \quad \text{yoki}$$

$$\sin \varphi_m = m\lambda / b \quad (m = \pm 1; \pm 2; \dots \pm m_{\max})$$

formuladan topiladi. Bu yerda $m_{\max}$ — markaziy maksimumdan bir tarafdagi minimumlar soni. $m_{\max}$ ni topamiz. Sinusning eng katta qiymati 1 bo'lgani uchun $m\lambda/b \leq 1$ bo'lishi kerak. Bundan $m \leq b/\lambda$ ekanini ma'lum bo'ladi. m natural son ekanini hisobga olsak, uning eng katta qiymati uchun quyidagini topamiz:

$$m_{\max} = [b/\lambda],$$

bu yerda $[x]$ — x sonining butun qismini bildiradi.

Javob: $\sin \varphi_m = m\lambda/b$; $m_{\max} = [b/\lambda]$.

18. Davri $d = 4,0 \text{ } \mu\text{m}$ bo'lgan difraksion panjaraga monoxromatik yorug'lik tik tushmoqda. Panjaradan $L = 2,0 \text{ m}$ masofada panjaraga parallel holda turgan ekranda hosil bo'layotgan $m = 5$ tartibli bosh maksimumlar orasidagi masofa $l = 3,0 \text{ m}$ bo'lsa, tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi qancha? Bosh maksimumlarning eng katta tartibi nechaga teng? Agar ekran juda keng bo'lsa, unda hammasi bo'lib nechta bosh maksimum ko'rinadi? Eng chetki bosh maksimumlar orasidagi masofa qancha?

Berilgan:

$$\begin{aligned} d &= 4,0 \text{ } \mu\text{m}, \\ m &= 5, \\ L &= 2,0 \text{ m}, \\ l &= 3,0 \text{ m}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= ? \quad m_{\max} = ? \\ N &= ? \quad s = ? \end{aligned}$$

Yechilishi

To'lqin uzunligi

$$d \sin \varphi_m = m\lambda \quad (1)$$

formuladan aniqlanishi mumkin. Bundan (V.16-rasm):

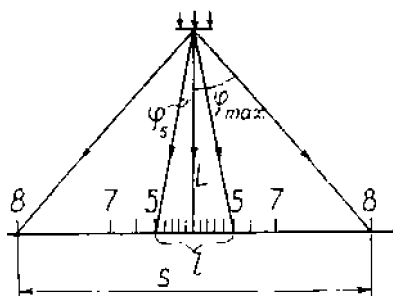
$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{d}{m} \sin \varphi_m = \frac{dl}{2m\sqrt{L^2 + (l/2)^2}} = \frac{dl}{m\sqrt{4L^2 + l^2}} = \\ &= \frac{4 \cdot 3}{5\sqrt{4 \cdot 2^2 + 3^2}} \text{ } \mu\text{m} = 0,48 \text{ } \mu\text{m}. \end{aligned}$$

$$m_{\max} = [d/\lambda] = [4/0,48] = [8,33] = 8.$$

Markaziy bosh maksimumning har bir tomonida $m_{\max}$ tadan bosh maksimum bo'lgani uchun, ularning umumiy soni:

$$\begin{aligned} N &= 2m_{\max} + 1 = \\ &= 2 \cdot 8 + 1 = 17. \end{aligned}$$

Eng chetki bosh maksimumlar orasidagi masofa:



V.16- rasm.

$$s = 2L \operatorname{tg} \varphi_{\max} = 2L \frac{\sin \varphi_{\max}}{\cos \varphi_{\max}} = 2L \frac{\sin \varphi_{\max}}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi_{\max}}}. \quad (2)$$

(1) dan $\sin \varphi_{\max} = m_{\max} \lambda / d$. Bu ifodani (2) formulaga qo'yamiz:

$$s = 2L \frac{m_{\max} \lambda}{d \sqrt{1 - (m_{\max} \lambda / d)^2}} = \frac{2L m_{\max} \lambda}{\sqrt{d^2 - m_{\max}^2 \lambda^2}} = \frac{2 \cdot 2,8 \cdot 0,48}{\sqrt{4^2 - 8^2 \cdot 0,48^2}} \text{ m} = 13,7 \text{ m}.$$

Javob: $\lambda = 0,48 \text{ } \mu\text{m}$; $m_{\max} = 8$; $N = 17$; $s = 13,7 \text{ m}$.

19. Qutblantirgichdan unga tushayotgan yassi qutblangan yorug'likning yarmi o'tayotgan bo'lsa, qutblantirgich bosh tekisligi bilan tushayotgan yorug'likning qutblanish tekisligi orasidagi φ burchak qanday?

Berilgan:	Yechilishi
$I/I_0 = 0,5$.	Qutblantirgichdan o'tayotgan yorug'likning intensivligi I Malyus qonuni
$\varphi = ?$	$I = I_0 \cos^2 \varphi$ (1)

dan topiladi. Bu yerda I_0 — qutblantirgichga tushayotgan qutblangan yorug'likning intensivligi. (1) dan:

$$\cos \varphi = \sqrt{I/I_0}; \quad \varphi = \arccos \sqrt{I/I_0} = \arccos(1/\sqrt{2}) = 45^\circ.$$

Javob: $\varphi = 45^\circ$.

20. $\Phi = 0,20 \text{ lm}$ yorug'lik oqimi yuzi $S = 50 \text{ sm}^2$ bo'lgan sirtga tik tushmoqda. Sirtning yoritilganligi qancha?

Berilgan:	Yechilishi
$\Phi = 0,20 \text{ lm}$, $S = 50 \text{ sm}^2 =$ $= 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$	Sirtning yoritilganligi unga tushayotgan yorug'lik oqimining sirt yuziga nisbatiga teng:
$E = ?$	$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{0,20}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ lx} = 40 \text{ lx}.$

Javob: $E = \Phi / S = 40 \text{ lx}$.

21. Sirtidan $h = 2,0 \text{ m}$ balandlikda yorug'lik kuchi $I = 120 \text{ cd}$ bo'lgan nuqtaviy manba joylashgan. Manbadan $l = 1,0 \text{ m}$ masofada tekislikka tik joylashgan to'la qaytaruvchi yassi ko'zgu bor. Sirtning bevosita manba ostidagi nuqtasining yoritilganligi topilsin.

Berilgan:

$$h = 2,0 \text{ m},$$

$$I = 120 \text{ cd},$$

$$l = 1,0 \text{ m}.$$

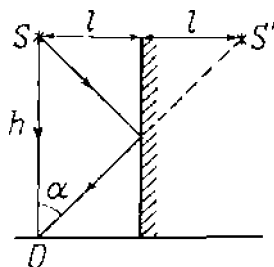
$E = ?$

Yechilishi

Sirtning bevosita manba ostidagi O nuqtasi bir xil yorug'lik kuchiga ega bo'lgan ikkita nuqtaviy manba tomonidan yoritilmoqda: ulardan biri haqiqiy manba S , ikkinchisi esa — S manbaning ko'zgudagi mavhum tasviri bo'lmish S' mavhum manba (V.17-rasm). O nuqtada S manba hosil qiladigan yoritilganlik

$$E_1 = I / h^2 = 120 / 2^2 \text{ lx} = 30 \text{ lx}.$$

S' manba — S manbadan $2l$ masofada, O nuqtadan esa $r = \sqrt{h^2 + 4l^2}$ masofada joylashgan bo'lib, undan O nuqtaga tushayotgan nurlar tekislikning O nuqtadagi normali bilan $\cos \alpha = h/r$ munosabatdan aniqlanadigan burchak hosil qiladi. Shuning uchun O nuqtadagi S' manba hosil qiladigan yoritilganlik



V.17- rasm.

$$E_2 = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{Ih}{r^3} = \frac{Ih}{(h^2 + 4l^2)^{3/2}} = \frac{120 \cdot 2}{(2^2 + 4 \cdot 1)^{3/2}} \text{ lx} = 10,6 \text{ lx}.$$

O nuqtadagi umumiy yoritilganlik

$$E = E_1 + E_2 = (30 + 10,6) \text{ lx} = 40,6 \text{ lx} \approx 41 \text{ lx}.$$

$$\text{Javob: } E = \frac{I}{h^2} + \frac{Ih}{(h^2 + 4l^2)^{3/2}} = 41 \text{ lx}.$$

22. Boshqa jismlardan uzoqda joylashgan mis sharcha to'liq uzunligi $\lambda = 180 \text{ nm}$ bo'lgan elektromagnit to'liq bilan nurlantirilganda qanday maksimal potentsialgacha zaryadlanadi? Mis uchun elektronlarning chiqish ishi $A = 4,40 \text{ eV}$. Elektronning zaryadi $q = -e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Berilgan:

$$\lambda = 180 \text{ nm} = 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ m},$$

$$A = 4,40 \text{ eV},$$

$$q = -e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s},$$

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

$\phi = ?$

Yechilishi

Fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasiga ko'ra

$$h\nu = A + E_k, \quad (1)$$

bu yerda: ν — tushayotgan to'liqning chastotasi; E_k — urib chiqarilgan elektronlarning maksimal kine-

tik energiyasi. Nurlantirishning boshlang'ich davrida urib chiqarilgan elektronlar sharchadan uzoqlashib ketadi. Natijada sharcha musbat zaryadlana boshlaydi. Sharchaning potentsiali ma'lum bir φ qiymatga yetganda, sharcha elektr maydonining urib chiqarilgan elektronlar ustida bajargan manfiy ishi natijasida elektronlarning kinetik energiyasi kamayib borib, elektronlar potentsiali nol deb qabul qilingan nuqtaga yetganida u nolga tenglashib qoladi. Natijada elektronlar qaytadan mis sharchaga tortib olinadi. Bunda dinamik muvozanat qaror topadi: biror vaqtda sharchadan qancha elektron urib chiqarilsa, shuncha elektron sharchaga qaytib tushadi.

Sharcha maydonining maksimal tezlikli elektronni to'xtatishda bajargan ishi $q\varphi = -e\varphi$ ga teng, bunda elektron kinetik energiyasining o'zgarishi $\Delta E_k = -E_k$ (chunki kinetik energiyaning boshlang'ich qiymati E_k ga, oxirgi qiymati esa 0 ga teng). Kinetik energiya haqidagi teoremaga muvofiq $\Delta E_k = q\varphi$. Bundan, $E_k = e\varphi$. Bu va $v = c/\lambda$ ifodalarni (1) formulaga qo'ysak,

$$hc/\lambda = A + e\varphi$$

tenglama kelib chiqadi. Uni φ ga nisbatan yechamiz: $\varphi = \frac{hc}{\lambda e} - \frac{A}{e}$. Bu ifodaga son qiymatlarni qo'yishda $A/e = 4,40$ V ekanini hisobga olish kerak:

$$\varphi = \left(\frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}} - 4,40 \right) \text{ V} = 2,50 \text{ V}.$$

Javob: Mis sharcha $\varphi = \frac{hc}{\lambda e} - \frac{A}{e} = 2,50$ V potentsialgacha zaryadlanadi.

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

V.1. Birinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Yorug'likning vakuumda tarqalish tezligini bilgan holda uning suvdagi va shishadagi tezliklarini hisoblang. Suvning sindirish ko'rsatkichi $n_1 = 1,33$, shishaniki $n_2 = 1,60$.

2. Qaytgan va tushayotgan nurlar orasidagi burchak $\varphi = 70^\circ$ bo'lishi uchun yassi ko'zguga nur qanday α burchak ostida tushishi lozim?

3. Nur suvdan shishaga o'tadi. Tushish burchagi $\alpha = 35^\circ$. Sinish burchagi β ni toping. Suvning sindirish ko'rsatkichi $n_1 = 1,33$, shishaniki esa $n_2 = 1,60$.

4. Yoqut uchun to'la qaytishning chegaraviy burchagi $\alpha_{ch} = 34^\circ$. Yoqutning sindirish ko'rsatkichini toping.

5. Fokus masofasi $F_1 = 20$ sm bo'lgan linzaning optik kuchi qancha? Fokus masofasi $F_2 = -10$ sm bo'lgan linzaniki-chi?

6. Yorug'lik Quyoshdan Yergacha qancha vaqtda yetib keladi? Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofa $l = 1,50 \cdot 10^{11}$ m.

7. Agar $\nu = 440$ THz chastotada to'liq uzunligi $\lambda = 510$ nm bo'lsa, yorug'likning suvdagi tezligi v qancha bo'ladi?

8. Spektrning ko'rinadigan qismidagi chetki qizil ($\lambda_1 = 0,76 \mu\text{m}$) va chetki binafsha ($\lambda_2 = 0,40 \mu\text{m}$) nurlarga qanday tebranish chastotalari mos keladi?

9. $l = 1,0$ m kesmaga chastotasi $\nu = 600$ THz bo'lgan nurlanishning nechta to'liq uzunligi joylashadi?

10. Berilgan yorug'likning suvdagi to'liq uzunligi $\lambda = 460$ nm bo'lsa, havoda qancha bo'ladi? Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

11. Suv qizil yorug'lik bilan yoritilgan. Uning to'liq uzunligi havoda $\lambda_0 = 0,70 \mu\text{m}$ bo'lsa, suvda qancha bo'ladi? Suv ostida ko'zini ochgan kishi qanday rangni ko'radi? Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

12. Ikkita interferensiyalashuvchi monoxromatik yorug'lik nurlarining yo'l farqi $\Delta L = \lambda/4$. Tebranishlarning faza farqini aniqlang.

13. Davri $d = 10 \mu\text{m}$ bo'lgan difraksiya panjara yordamida hosil qilingan birinchi tartibli spektrda yashil yorug'lik nurlarining ($\lambda = 0,55 \mu\text{m}$) og'ish burchagi φ ni aniqlang.

14. Rentgen trubkasining rentgen spektridagi eng «qattiq» nurlarning chastotasi $\nu = 10^{19}$ Hz bo'lsa, bu trubka qanday U kuchlanish ostida ishlayotgan bo'ladi? Elektronning zaryadi $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C.

15. Fotonlarining energiyasi $E_1 = 2 \cdot 10^{-17}$, $E_2 = 4 \cdot 10^{-19}$, $E_3 = 3 \cdot 10^{-23}$ J bo'lgan nurlar qaysi nurga tegishli?

16. Energiyasi $E = 6,0 \cdot 10^{-19}$ J bo'lgan fotonning impulsi qanday?

17. Chastotasi $\nu = 10^{15}$ Hz bo'lgan yorug'lik bilan nurlantirilganda litiydan urib chiqarilgan elektronlarning maksimal kinetik energiyasi E_k qanday bo'ladi? Elektronlarning litiydan chiqish ishi $A = 2,4$ eV.

18. To'liq uzunligi $\lambda = 0,45 \mu\text{m}$ bo'lgan nurlanish ostida ruxda fotoeffekt ro'y beradimi? Rux uchun elektronlarning chiqish ishi $A = 4,2$ eV.

V.2. Ikkinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Odam boshining vaziyatini o'zgartirmagan holda ko'zguda o'z tasvirini to'la ko'rish uchun vertikal ko'zguning eng kichik balandligi qanday bo'lishi kerak?

2. Nur suv sirtiga $\alpha_1 = 40^\circ$ burchak ostida tushayotir. Sinish burchagi xuddi shu holdagidek bo'lishi uchun nur shisha sirtiga qanday α_2 burchak ostida tushishi lozim? Suvning sindirish ko'rsatkichi $n_1 = 1,33$, shishaniki esa $n_2 = 1,60$.

3. Nur shisha sirtiga $\alpha = 45^\circ$ burchak ostida tushganda dastlabki yo'nalishidan qanday φ burchakka og'adi? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,60$.

4. Sinish burchagi tushish burchagidan ikki marta kichik bo'lishi uchun nur shisha sirtiga qanday α burchak ostida tushishi lozim? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,60$.

5. BAC shisha prizmaning sindirish burchagi A ning qanday eng kichik qiymatida SM nur to'la qaytadi (V.18- rasm)? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,60$.

6. Simmetrik yig'uvchi linzaning fokus masofasi F uning egrilik radiusi R ga teng bo'lishi uchun shishaning sindirish ko'rsatkichi qancha bo'lishi kerak?

7. Ikki soat shishasidan yasalgan havo linzasi suvga botirilgan. Agar shishadan yasalgan shunday o'lchamli linzaning havodagi fokus masofasi $F_{sh} = 40,0$ sm bo'lsa, soat shishasidan yasalgan linzaning suvdagi fokus masofasi F_s ni toping. Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n_{sh} = 1,50$, suvniki esa $n_s = 1,33$.

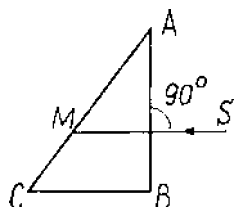
8. Agar kvars shishadan tayyorlangan yig'uvchi linza suvga tushirilsa, uning fokus masofasi qanday o'zgaradi? Kvars shishaning sindirish ko'rsatkichi $n_k = 1,54$, suvniki esa $n_s = 1,33$.

9. Optik kuchi $D = 10$ D bo'lgan yig'uvchi linzadan $a = 12,5$ sm masofada sham turibdi. Uning tasviri linzadan qanday b masofada hosil bo'ladi va u qanday?

10. Buyum linzadan $a = 4F$ masofada joylashtirilgan. Shu buyumning ekrandagi tasviri uning o'zidan necha marta kichik?

11. Buyum sochuvchi linza oldida undan $a = 4F$ masofada joylashgan. Linzadan qanday b masofada mavhum tasvir hosil bo'ladi va u buyumning o'zidan necha marta kichik bo'ladi?

12. Yig'uvchi linzaning fokus masofasi linza tekisligidan uzoqdagi buyum tasvirigacha bo'lgan masofaga teng deb hisoblash mumkin.



V.18- rasm.

Shu yo'l bilan aniqlangan fokus masofa haqiqiysidan $\varepsilon = 1,0 \%$ farq qilishi uchun buyum qanday masofada turishi kerak?

13. Sovun pardasiga oq yorug'lik nurlari dastasi normal tushmoqda. Agar qaytgan yorug'likda parda yashilrangda ($\lambda = 532 \text{ nm}$) ko'rinsa, uning eng kichik qalinligi $d_{\min}$ qanday? Sovunli suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

14. Yuzaning yoritilganligi nurlar yuzaga tik tushayotgandagi yoritilganlikka qaraganda ikki marta kamayishi uchun yorug'lik yuzaga qanday α burchak ostida tushishi kerak?

15. $I_1 = 75 \text{ cd}$ ga mo'ljallangan kuygan chiroq $I_2 = 25 \text{ cd}$ li chiroq bilan almashtirildi va masofa $r_1/r_2 = 3$ marta kamayguncha chiroq yoritilayotgan sirtga yaqinlashtirildi. Bunda sirtning yoritilganligi avvalgicha bo'ladimi?

16. Yorug'lik kuchi $I = 500 \text{ cd}$ bo'lgan chiroq simyog'ochda yerdan $h = 3,0 \text{ m}$ balandlikda osilib turibdi. Simyog'och asosida $l = 4,0 \text{ m}$ masofada yer yuzining yoritilganligi E qanday?

17. Quvvati $R = 100 \text{ W}$ bo'lgan yorug'lik manbai $t = 1,0 \text{ s}$ ichida $N = 5,0 \cdot 10^{20}$ ta foton chiqaradi. Nurlanishning o'rtacha to'lqin uzunligini toping. Plank doimiysi $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

V.3. Uchinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Balandligi $h = 0,90 \text{ m}$ bo'lib, vertikal qo'yilgan tayoqdan tushayotgan soyaning uzunligi $l_1 = 1,2 \text{ m}$, tayoq fonardan soya yo'nalishi bo'yicha $\Delta L = 1,0 \text{ m}$ ga siljirilganda soyaning uzunligi $l_2 = 1,5 \text{ m}$ bo'lib qoldi. Ko'cha fonari qanday N balandlikka osilgan?

2. O'qituvchi stolidan $l = 8,0 \text{ m}$ masofada oxirgi partada o'tirgan o'quvchi o'ltahov asbobi bo'linmalarini bir-biridan aniq farq qilib ko'rishi uchun bu bo'linmalar bir-biriga qanchalik yaqin bo'lishi mumkin? Chegaraviy ko'rish burchagi $\varphi = 2,0'$ deb hisoblang.

3. Nurning suv sirtiga tushish burchagi α sinish burchagidan $\varphi = 10^\circ$ katta. Tushish burchagini toping. Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

4. Bola suv ostida $h = 40 \text{ sm}$ chuqurlikda yotgan buyumga tayoqni tegizishga harakat qilmoqda. Agar bola aniq mo'ljalga olib, tayoqni suv sirtiga $\alpha = 45^\circ$ burchak ostida harakatlantirsa, tayoq buyumdan qancha l masofada suv tubiga tegadi? Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

5. Singan nur qaytgan nurga tik yo'nalishi uchun nur shishaga qanday α burchak ostida tushishi lozim? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,60$.

6. Qizil yorug'lik uchun shishaning (og'ir flint) sindirish ko'rsatkichi $n_2 = 1,6444$, binafsha nur uchun esa $n_1 = 1,6852$.

Nurning tushish burchagi $\alpha = 80^\circ$ bo'lsa, ana shunday navli shishadagi sinish burchaklari farqini toping.

7. Suv ostida turgan g'avvosga quyosh nurlari suv sirtiga $\varphi = 60^\circ$ burchak ostida tushayotgandek tuyuladi. Quyoshning gorizontdan burchak balandligi θ qanday? Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

8. Buyumdan ekrangacha bo'lgan masofa $l = 90$ sm. Ekranda buyumning aniq tasvirini hosil qilish uchun fokus masofasi $F = 20$ sm bo'lgan linzani buyum bilan ekran orasiga qayerga joylash-tirish lozim?

9. $v = 5,0$ m/s tezlikda harakatlanayotgan velosipedchi obyektivining fokus masofasi $F = 10$ sm bo'lgan fotoapparatda suratga olinmoqda. Suratda tasvirning yoyilganligi $s = 0,10$ mm dan oshmasligi uchun ruxsat etilgan eng katta ekspozitsiya vaqtini aniqlang. Apparatdan velosipedchigacha bo'lgan masofa $L = 5,0$ m. Suratga olish paytida obyektivning optik o'qi velosipedning harakat yo'nalishiga tik.

10. Nuqta $v = 2,0$ m/s tezlik bilan harakat qiladi. Agar nuqtadan linzagacha bo'lgan masofa $a = 15$ sm, linzaning fokus masofasi $F = 10$ sm bo'lsa, nuqta linzaning optik o'qini kesib o'tayotgan paytda uning tasviri qanday u tezlik bilan harakat qiladi?

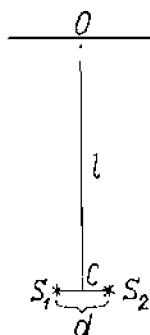
11. Chiziqli kattalashtirish F ning linzaning fokus masofasi F ga va linzadan buyumgacha bo'lgan masofa a ga bog'lanishini toping.

12. Buyumni sochuvchi linzaning oldiga $a = 40$ sm masofaga qo'yganda 4 marta kichraygan mavhum tasvir hosil bo'ladi. Linzaning optik kuchi qancha?

13. Fotoapparat obyektivining fokus masofasi $F = 5,0$ sm. Suratining o'lchami buyumning o'lchamidan $k = 9,0$ marta kichik chiqishi uchun buyum obyektivdan qanday a masofada turishi kerak?

14. S_1 va S_2 kogerent manbalar (V.19- rasmga qarang) to'liq uzunligi $\lambda = 600$ nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik chiqaradi. Agar $OC = l = 4,0$ m va $S_1S_2 = d = 1,0$ mm bo'lsa, yoritilganlikning birinchi maksimumi O nuqtadan qanday x_1 masofada bo'lishini aniqlang.

15. Ekranda yoritilganlikning ikkita qo'shni maksimumi orasi $\Delta x = 1,2$ mm. Agar $OC = l = 2,0$ m, $S_1S_2 = d = 1,0$ mm bo'lsa, S_1 va S_2 kogerent manbalar chiqarayotgan yorug'likning to'liq uzunligini aniqlang (V.19- rasm).



V.19- rasm.

16. Davri $d = 2,0 \text{ } \mu\text{m}$ bo'lgan difraksion panjaraga yorug'lik filtridan o'tgan yorug'lik nuri tik tushmoqda. Filtr to'lqin uzunliklari $5000 \text{ } \text{\AA}$ dan $6000 \text{ } \text{\AA}$ gacha bo'lgan yorug'likni o'tkazadi. Bunda turli tartibli spektrlar bir-birining ustiga tushadimi?

17. Davri $d = 10 \text{ } \mu\text{m}$ bo'lgan difraksion panjaradan $l = 3,0 \text{ m}$ narida turgan ekranda hosil qilingan birinchi tartibli (to'lqin uzunliklari $\lambda_1 = 0,38$ dan $\lambda_2 = 0,76 \text{ } \mu\text{m}$ gacha chegaralarda bo'lgan) butun spektrning eni Δx qanday?

18. Davri $d = 4,0 \text{ } \mu\text{m}$ bo'lgan difraksion panjaraga monoxromatik to'lqin tik tushmoqda. Panjara orqasiga fokus masofasi $F = 40 \text{ sm}$ bo'lgan, ekranda difraksion manzaraning tasvirini hosil qiluvchi linza joylashtirilgan. Agar birinchi maksimum tasvir markazidan $x = 5,0 \text{ sm}$ masofada hosil bo'lsa, to'lqin uzunligini aniqlang.

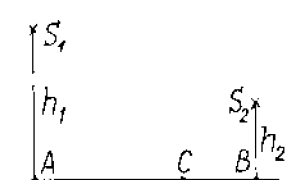
19. Panjaraning davrini aniqlash uchun unga to'lqin uzunligi $\lambda = 0,76 \text{ } \mu\text{m}$ bo'lgan nurlarni o'tkazadigan qizil yorug'lik filtri orqali yorug'lik dastasi yo'naltirildi. Panjaradan $\lambda = 1,0 \text{ m}$ masofada turgan ekrandagi birinchi tartibli chiziqlar orasidagi masofa $L = 15,2 \text{ sm}$ bo'lsa, panjaraning davri qanday?

20. Difraksion panjarada $1,0 \text{ mm}$ da 120 shtrix bor ($n = 120$ shtrix/mm). Agar birinchi tartibli ikki chiziq orasidagi burchak $\Delta\varphi = 8,0^\circ$ bo'lsa, panjaraga tushayotgan monoxromatik yorug'lik to'lqinining uzunligi qancha?

21. Har bir millimetrida $n = 500$ shtrixi bo'lgan difraksion panjaraga to'lqin uzunligi $\lambda = 0,50 \text{ } \mu\text{m}$ bo'lgan yorug'lik tushmoqda. Nurlar panjaraga tik tushganda spektrning kuzatish mumkin bo'lgan eng katta tartibini aniqlang.

22. Dumaloq stolning markazi ustida undan $H = R$ balandlikda chiroq osilgan. Stol markazining yoritilganligi E_0 ni bilgan holda stol chetining yoritilganligini toping.

23. S_1 va S_2 chiroqlarning har biri $I = 100 \text{ cd}$ yorug'lik kuchiga ega (V.20- rasm). Agar $S_1A = h_1 = 2,0 \text{ m}$, $S_2B = h_2 = 1,0 \text{ m}$, $AC = l_1 = 3,0 \text{ m}$ va $BC = l_2 = 1,0 \text{ m}$ bo'lsa, C nuqtadagi yoritilganlikni toping.



V.20- rasm.

24. To'lqin uzunliklari mos ravishda:
a) $0,66 \text{ } \mu\text{m}$; b) $1,0 \text{ } \text{\AA}$; d) $0,010 \text{ } \text{\AA}$
bo'lgan nurlanish fotonining energiyasini va massasini aniqlang.

25. Rentgen spektridagi eng qisqa to'lqin uzunligini aniqlash uchun $\lambda = 1,24/U$ formuladan foydalaniladi (bunda

λ — nanometrlarda ifodalangan eng qisqa to'liqin uzunligi, U — trubkadagi kuchlanish, kilovoltlarda ifodalanadi). Shu formulani keltirib chiqaring. Agar trubkaning anod kuchlanishi $U = 20$ kV bo'lsa, rentgen nurlanishining eng qisqa to'liqin uzunligi qanday?

26. Uzoq vaqt qorong'ida turib o'rgangan kishining ko'zi quvvati $P_1 = 2,1 \cdot 10^{-17}$ W bo'lgan $\lambda = 0,50$ μm to'liqin uzunlikdagi yorug'likni ko'radi. Ko'z og'riqsiz qabul qila oladigan quvvatning yuqori chegarasi $R_2 = 20$ μW . Bu hollarda ko'zning to'r pardasiga har sekunda nechtdan foton tushib turadi?

27. Quvvati $P = 100$ W bo'lgan nuqtaviy izotrop yorug'lik manbai o'zidan to'liqin uzunligi $\lambda = 589$ nm bo'lgan nur chiqaradi. Manbadan $r = 2,0$ m uzoqlikda turgan nuqtadagi fotonlarning konsentratsiyasini toping.

V.4. To'rtinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Muntazam uchburchakli prizmaning yon yog'iga $\alpha = 50^\circ$ burchak ostida nur tushmoqda. Nurning prizmadan chiqishdagi sinish burchagi β ni toping. Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,60$.

2. Sfera shaklidagi suv tomchisiga α burchak ostida yorug'lik nuri tushmoqda. Tomchining ichki sirtidan bir marta qaytganda nurning avvalgi yo'nalishdan og'ish burchagi θ ni toping.

3. Buyum yassi parallel shisha plastinkadan $l = 15$ sm masofada turibdi. Kuzatuvchi buyumni plastinka orqali unga tik yo'nalishda kuzatmoqda. Plastinkaning qalinligi $h = 4,5$ sm va shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lsa, buyumning tasviridan plastinkaning kuzatuvchiga yaqin tomonigacha bo'lgan x masofani aniqlang.

4. Radiusi R va sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan shaffof sharga uning diametrlarining biri bo'yicha yorug'lik nurining ingichka parallel dastasi tushmoqda. Nurlar shar markazidan qanday F masofada fokuslanadi?

5. Ekran yonib turgan shamdan l masofada turibdi. Sham bilan ekran orasiga linza joylashtirib, ekranda shamning aniq tasvirini linzaning bir-biridan e masofaga uzoqlashgan ikkita vaziyatida hosil qilish mumkin. Bu holda linzaning bosh fokus masofasini topishda $F = (l^2 - e^2)/4l$ formuladan foydalanish mumkinligini ko'rsating.

6. Fokus masofasi $F = 16$ sm bo'lgan linza oralaridagi masofa $e = 60$ sm bo'lgan ikki vaziyatda buyumning aniq tasvirini beradi. Buyumdan ekrangacha bo'lgan l masofa topilsin.

7. Yorug'lik manbai fokus masofasi $F_1 = 12$ sm bo'lgan yig'uvchi linzadan $a = 20$ sm masofada qo'yilgan. Hosil bo'lgan tasvir haqiqiy

bo'lishi uchun fokus masofasi $F_2 = -16$ sm bo'lgan sochuvchi linzani yig'uvchi linza orqasiga qanday masofada qo'yish kerak?

8. Nuqtaviy yorug'lik manbai optik kuchi $D = 5,0$ D bo'lgan yupqa yig'uvchi linzadan $a = 30$ sm masofada joylashgan. Agar linza bilan manba oralig'iga qalinligi $h = 15$ sm va sindirish ko'rsatkichi $n = 1,57$ bo'lgan shisha plastinka qo'yilsa, tasvir qanday Δb masofaga siljiydi?

9. Linza yordamida bir buyumning $k_1 = 5$ va $k_2 = 2$ marta kattalashtirilgan ikkita tasviri galma-gal hosil qilingan. Bir kattalashtirishdan ikkinchisiga o'tilganda ekranning tasvir hosil bo'lgan joyidagi yoritilganligi necha marta o'zgargan?

10. Lupaning chiziqli kattalashtirishi $k_1 = 4$. Agar buyum bilan lupa orasidagi masofa $n = 2$ marta kamaytirilsa, kattalashtirish k_2 qancha bo'ladi?

11. Mikroskop obyektivining bosh fokus masofasi $F_{ob} = 3,0$ mm, okulariniki esa $F_{ok} = 5,0$ sm. Buyum obyektivdan $a = 3,1$ mm narida joylashgan. Normal ko'z uchun mikroskopning kattalashtirishini toping. Normal ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi $d = 25$ sm.

12. Cheksizlikka sozlangan optik trubadan obyektivi olinib, uning o'miga D diametrlı diafragma qo'yildi. Bunda okulardan biror masofadagi ekranda diafragmaning diametri d bo'lgan haqiqiy tasviri hosil bo'ldi. Trubaning kattalashtirishi nimaga teng bo'lgan?

13. Yassi-qavariq linza va shisha plastinka orasidagi kontakt chang tushishi bilan yo'qoldi. Bunda yigirma beshinchi qorong'i Nyuton halqasining radiusi $r' = 0,80$ mm bo'ldi. Agar chang yo'qotilsa, bu halqaning radiusi $r = 1,0$ mm ga yetadi. Agar linzaning qavariq sirtining egrilik radiusi $R = 10$ sm bo'lsa, chang qatlamining qalinligi d ni va yorug'likning to'lqin uzunligi λ ni toping. Kuzatish qaytgan yorug'likda olib borilmoqda.

14. Nuqtaviy manbadan yig'uvchi linzagacha bo'lgan masofa $a = 30$ sm, linzadan ekrangacha bo'lgan masofa $l = 60$ sm. Agar ekran linzaga juda yaqin (tegizib) qo'yilsa, ekrandagi yorug'lik dog'ining markazidagi yoritilganlik $k = 4$ marta ortishi ma'lum. Linzaning fokus masofasi qancha?

15. Yig'uvchi linza yordamida „oq“ chiroq ekranga proyeksiyalanadi. Chiroqning yorug'lik kuchi $I = 20$ cd, chiroqdan linzagacha bo'lgan masofa $a = 2,0$ m, linzaning diametri $D = 10$ sm, chiroqning yuzi $S = 5,0$ sm² ekanini bilgan holda tasvirning yoritilganligini toping.

16. Yorug'lik kuchi $I = 50$ cd bo'lgan chiroq stol o'rtasidan $h = 1,0$ m balandlikda osilgan. Stolning uzunligi $a = 2,0$ m, eni

$b = 1,0$ m. Stolning qaysi nuqtalaridagi yoritilganlik eng katta, qaysi nuqtalarida eng kichik? Shu nuqtalardagi yoritilganliklarni aniqlang.

V.5. Beshinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Agar balandligi H bo'lgan minoradan aerostat gorizont tepasida α burchak ostida ko'rinsa, uning tasviri esa ko'lda gorizontdan pastda β burchak ostida ko'rinsa, aerostat qanday balandlikda joylashgan?

2. Ikki yassi ko'zgu $\varphi = 2\pi/k$ ikki yoqli burchak hosil qiladi, bunda k — ixtiyoriy butun son. Ko'zgularning orasida, ulardan bir xil masofada yorug'likning nuqtaviy manbayi joylashgan. Manbaning ko'zgulardagi tasvirlari sonini toping.

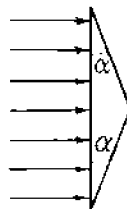
3. Shalfof yassi cheksiz parallel plastinaga parallel nurlar dastasi tushmoqda. Ikki muhit chegarasidan har bir o'tishda yorug'likning p qismi qaytadi. Plastina materialida yutilish yo'q. Plastinadan o'tgan yorug'likning energiyasi tushgan yorug'lik to'la energiyasining qanday k qismini tashkil qiladi?

4. Chuqurligi $H = 2,0$ m bo'lgan hovuz tubiga qoziq qoqilgan. Qoziq suvdan $h = 50$ sm chiqib turibdi. Nurlar $\alpha = 30^\circ$ burchak ostida tushganda hovuz tubiga qoziqdan tushayotgan soyaning uzunligini toping. Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

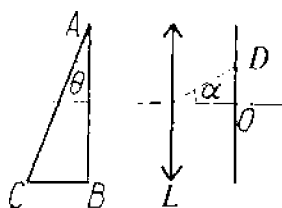
5. Yoqlari parallel bo'lgan $H = 2,0$ sm qalinlikdagi shisha plastinaga $\alpha = 60^\circ$ burchak ostida nur tushmoqda. Plastinadan chiqqan nurning siljish kattaligini aniqlang. Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,6$.

6. Nur shisha prizmaning yon yog'iga tik tushmoqda. Bu prizmaning ko'ndalang kesimi uchidagi burchagi $\theta = 20^\circ$ bo'lgan teng yonli uchburchakdan iborat. Agar nur prizma ichida: a) ikkinchi yon yog'iga tushsa; b) asosiga tushsa, prizmadan chiqishda dastlabki yo'nalishiga nisbatan qanday δ burchakka og'adi? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,60$.

7. Sindirish burchaklari α juda kichik bo'lgan teng yonli shisha prizmaning asosiga parallel nurlar dastasi tik tushmoqda (V.21-rasm). Asosning uzunligi $H = 5,0$ sm. Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,57$. Agar prizmadan $l = 100$ sm masofada joylashgan ekranning o'rtasida kengligi $h = 1,0$ sm bo'lgan qorong'i polosa (yo'l) hosil bo'lsa, sindirish burchagi α ni toping.



V.21- rasm.



V.22- rasm.

8. Shisha prizmaning sindirish ko'rsatkichini o'lchash uchun V.22-rasmida ko'rsatilgan sxemadan foydalanish mumkin. Prizma musbat L linza oldiga shunday joylashtiriladiki, uning AB yog'i linzani ng optik o'qiga tik bo'ladi. Linzaning fokal tekisligiga ekran joylashtiriladi va prizmani ng AC yog'i tarqoq yorug'lik bilan yoritiladi.

Bunda ekranda yoritilgan va yoritilmagan ikki sohani kuzatish mumkin. Sindirish burchagi $\theta = 30^\circ$ bo'lgan prizma bilan qilingan tajribada sohalar chegarasini (D nuqtani) linza markazi bilan tutashtiruvchi chiziqli linzaning optik o'qi bilan $\alpha = 30^\circ$ burchak hosil qildi. Prizmaning sindirish ko'rsatkichini aniqlang.

9. Sirtlarining egrilik radiuslari bir xil bo'lgan ikkiyoqlama qavariq shisha linzaning fokus masofasi havoda F_1 ga, suvda esa F_2 ga teng. Agar linza havo va suv chegarasida joylashtirilsa, uning fokuslari linzadan qanday masofalarda bo'ladi? Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,33$.

10. Buyum a_1 masofadan turib suratga olinganda uning plyonkadagi tasvirining balandligi h_1 , a_2 masofadan turib olinganda esa h_2 bo'ldi. Obyektivning optik kuchini toping.

11. Yig'uvchi shishali ko'zoynak taqqan o'quvchi o'ng linza yordamida polda shirdagi chiroqning aniq tasvirini hosil qildi. Bunda u ko'zoynakni poldan $b = 60$ sm yuqoriroqda tutib turdi. Chap linza yordamida ham chiroqning aniq tasvirini hosil qilish uchun ko'zoynakni $s = 14$ sm pastroqqa tushirishga to'g'ri keldi. Agar o'ng linzaning optik kuchi $D = 2,0$ D bo'lsa, chap linzaning optik kuchi D' qanday?

12. Ko'zning optik markazidan ko'z to'rigacha bo'lgan oraliq $b = 18,3$ mm. Optik kuchi $D = +2,0$ D bo'lgan ko'zoynak taqadigan odam gazetani $a = 25$ sm uzoqlikda tutib o'qiydi. Ko'zoynaksiz o'qish uchun bu odam gazetani qancha uzoqlikda tutishi kerak?

13. Agar kishi o'z tasvirini betidan $a = 2,0$ m masofada turgan botiq sferik ko'zguda shunday masofada turgan yassi ko'zgudagiga qaraganda $k = 1,5$ marta katta holda ko'rsa, botiq sferik ko'zguning radiusi qanday?

14. Kepler ko'rish trubasining obyektivi bo'lib fokus masofasi $F_1 = 500$ mm bo'lgan $D = 75$ mm diametrli linza xizmat qiladi. Agar shu truba yordamida kuzatilganda Oyning ravshanligi

qurollanmagan ko'z bilan kuzatilgandagiga qaraganda $k = 4,0$ marta kamroq bo'lib tuyulsa, okularning fokus masofasi F_2 qancha? Ko'z qorachig'ining diametri $d = 3,0$ mm deb oling.

15. Nuqtaviy manba sochuvchi linzaning optik o'qida undan $a = 30$ sm masofada joylashgan. Linzaning boshqa tomoniga undan $l = 10$ sm masofada qo'yilgan ekranda yorug'lik dog'i hosil bo'ladi. Agar linza va ekran orasidagi masofa $k = 4$ marta o'rtirilsa, dog'ning markazidagi yoritilganlik shuncha marta kamayadi. Linzaning fokus masofasi topilsin.

16. Katta o'lehamli tekis shu'lalanuvchi tekislikdan $2F$ masofada fokus masofasi F va diametri D bo'lgan yig'uvchi linza turibdi. Agar shu'lalanuvchi tekislik $1,0$ m² sirtidan $1,0$ s da birlik fazoviy burchakda Φ energiya nurlasa, linzadan $2F$ masofada turgan ekranning markazidagi yoritilganlik qanchaga teng? Linza yonidan o'tib, ekranga tushayotgan yorug'likni hisobga olmang. $D \ll 2F$ deb hisoblang.

17. Dumaloq stolning markazi ustida undan $H = R$ balandlikda chiroq osilgan. Stol markazining yoritilganligi E_0 ni bilgan holda, stolning o'rtacha yoritilganligini toping.

VI bob. NISBIYLIK NAZARIYASI ASOSLARI. ATOM VA YADRO FIZIKASI

Asosiy formulalar

1. Tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuni:

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v'v_0}{c^2}},$$

bu yerda: v va v' — jismning, mos ravishda, birinchi va ikkinchi sanoq sistemadagi tezliklari, v_0 — ikkinchi sanoq sistemaning birinchi sanoq sistemaga nisbatan tezligi ($\vec{v}_0 \parallel \vec{v}$), c — yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

2. Masofalarning nisbiyligini ifodalovchi formula. O'zi bilan bog'langan sanoq sistemadagi uzunligi (xususiy uzunligi) l_0 bo'lgan sterjen boshqa bir sanoq sistemada v tezlik bilan bo'ylama yo'nalishda harakat qilayotgan bo'lsin. Sterjenning bu sanoq sistemadagi uzunligi

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}.$$

3. Vaqt oralig'larining nisbiyligini ifodalovchi formula. K inersial sanoq sistemaning bir nuqtasida yuz bergan ikki hodisa orasidagi vaqt oralig'i τ_0 ga teng bo'lsin (xususiy vaqt). U holda K sistemaga nisbatan v tezlik bilan harakatlanayotgan K' inersial sistemada xuddi shu hodisalar orasidagi vaqt oralig'i

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

formula bilan aniqlanadi.

4. Massaning tezlikka bog'lanishi. Tinch turganda massasi m_0 bo'lgan jismning v tezlik bilan harakatlanayotgandagi massasi

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

formuladan aniqlanadi.

5. Relyativistik impuls:

$$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

6. Massa va energiyaning o'zaro bog'lanish qonuni:

$$E = mc^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \frac{E_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}; \quad \Delta E = \Delta mc^2.$$

bu yerda: $E_0 = m_0c^2$ — jismning tinchlikdagi energiyasi, E — jismning to'la energiyasi, ΔE — jismning massasi Δm ga o'zgarganda to'la energiyasining o'zgarishi.

7. Jismning kinetik energiyasi

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2.$$

8. Atomning E_m energiyali statsionar holatdan $E_n < E_m$ energiyali statsionar holatga o'tishida chiqaradigan elektromagnit nurlanish kvantining chastotasi ν va energiyasi $h\nu$ quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h}; \quad h\nu = E_m - E_n,$$

bu yerda h — Plank doimiysi. Xuddi shunday ν chastotali va $h\nu$ energiyali elektromagnit nurlanish kvantini yutganida atom E_n energiyali statsionar holatdan $E_m > E_n$ energiyali statsionar holatga o'tadi (Borning 2-postulati).

9. Borning orbitalarning kvantlanish qoidasi. Yadro va elektron-dan iborat atomning n -statsionar holatida elektronning tezligi v_n bilan uning aylanma orbitasining radiusi r_n

$$m v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

munosabat bilan bog'langan, bu yerda: m — elektron massasi, h — Plank doimiysi, n — natural son (statsionar holat nomeri).

10. Vodorod atomidagi elektronning n -statsionar orbitasi radiusi va bu orbita bo'ylab harakat tezligi:

$$r_n = \frac{\epsilon_0 \hbar^2 n^2}{\pi m e^2} = r_1 n^2; \quad v_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 \hbar n} = \frac{v_1}{n},$$

bu yerda:

$$r_1 = \frac{\epsilon_0 \hbar^2}{\pi m e^2} = 0,52917725 \cdot 10^{-10} \text{ m}, \quad v_1 = \frac{e^2}{2\epsilon_0 \hbar} = 2187,69 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

— 1-statsionar orbitaning radiusi (Bor radiusi) va elektronning bu orbita bo'yicha harakat tezligi, ϵ_0 — elektr doimiysi (bu formulalar 11-masalada keltirib chiqarilgan.)

11. Vodorod atomining n -statsionar orbitasi bo'ylab aylana-yotgan elektronning to'la energiyasi E_n , kinetik energiyasi T_n va potensial energiyasi Π_n :

$$E_n = -\frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 \hbar^2 n^2} = \frac{E_1}{n^2}, \quad T_n = -E_n, \quad \Pi_n = 2 E_n,$$

bu yerda

$$E_1 = -\frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 \hbar^2} = -13,60 \text{ eV}$$

— vodorod atomining asosiy holati energiyasi. (Bu formulalar 12-masalada keltirib chiqarilgan.)

12. Balmerning umumlashgan formulasi

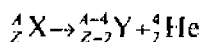
$$\nu = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

bu yerda: ν — vodorod atomi m -statsionar holatdan n -statsionar holatga o'tganda ($m > n$) chiqaradigan elektromagnit nurlanish kvantining chastotasi,

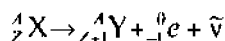
$$R = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 \hbar^3} = 3,28984195 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} \quad \left(R = -\frac{E_1}{h} \right)$$

— Ridberg doimiysi (R ning ifodasi 13-masalada keltirib chiqarilgan.)

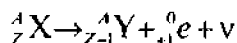
13. Sodding siljish qonuni. α -yemirilish natijasida yadro $+2e$ zaryad yo'qotadi, uning massasi esa ~ 4 m.a.b. ga kamayadi. Natijada element davriy sistemaning boshiga qarab ikki katak suriladi:



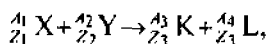
β^- -yemirilishda yadrodan elektron uchib chiqadi. Natijada yadroning zaryadi $+e$ ga ortadi, massasi esa deyarli o'zgarmaydi. Element davriy sistemaning oxiriga qarab bir katak siljiydi:



β^+ -yemirilishda yadrodan pozitron uchib chiqadi. Natijada yadroning zaryadi $+e$ ga kamayadi, massasi esa deyarli o'zgarmaydi. Element davriy sistemaning boshiga qarab bir katak siljiydi:



14. Yadro reaksiyalarida zaryad va massa sonlarining saqlanish qonuni:



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

15. Radioaktiv yemirilish qonuni:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-t/\tau} = N_0 2^{-t/T},$$

bu yerda: N_0 — yadrolarning boshlang'ich ($t = 0$ paytdagi) soni, N — yadrolarning t paytdagi soni, λ — radioaktiv yemirilish doimiysi, $\tau = 1/\lambda$ — radioaktiv yadrolarning o'rtacha yashash vaqti, T — yarim yemirilish davri (radioaktiv yadrolarning yarim yemirilishi uchun ketadigan vaqt).

Yarim yemirilish davri T va o'rtacha yashash vaqti τ o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$T = \tau \ln 2 \approx 0,69315\tau; \quad \tau = T / \ln 2 \approx 1,4427 T.$$

16. Radioaktiv manbaning aktivligi — vaqt birligidagi radioaktiv yemirilishlar soni:

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{N}{\tau} = \frac{N}{T} \ln 2.$$

A ning xalqaro birliklar sistemasidagi birligi sifatida 1 s da 1 yemirilish ro'y beradigan manbaning aktivligi qabul qilingan. Bu birlik *Bekkerel* (Bq) deb ataladi. Aktivlikning sistemadan tashqari birligi ham bor. Bu birlik *Kyuri* (Ci) deb ataladi: $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

17. Massalar defekti — yadro tarkibiga kirgan proton va neytronlarning tinchlikdagi massalari yig'indisi bilan yadro massasi orasidagi ayirma:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{yo} \quad \text{yoki} \quad \Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{yo},$$

bu yerda: $m_p = 1,6726231 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0072765 \text{ m.a.b.}$ — protonning tinchlikdagi massasi, $m_n = 1,6749286 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0086649 \text{ m.a.b.}$ — neytronning tinchlikdagi massasi, Z — yadrodagi protonlar soni (zaryad soni), N — yadrodagi neytronlar soni, A — yadrodagi nuklonlar soni (massa soni).

18. Yadroning bog'lanish energiyasi (yadroni uni tashkil etgan nuklonlarga ajratib yuborish uchun kerak bo'ladigan minimal energiya):

$$\Delta E = \Delta mc^2,$$

bu yerda Δm — massalar defekti. Agar Δm m.a.b. larida ifodalangan bo'lsa, ΔE ni MeV (megaelektronvolt) larda ifodalash uchun

$$\Delta E = 931,5 \Delta m \text{ (MeV)}$$

formuladan foydalanish kerak.

19. Atom yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasi (bitta nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyasi):

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{A}.$$

20. Yadro reaksiyasi vaqtida ajraladigan energiya

$$W = (m_1 + m_2 - m_3 - m_4)c^2,$$

bu yerda: m_1 va m_2 — reaksiyaga kirishuvchi yadrolarning va zarralarning tinchlikdagi massalari, m_3 va m_4 — reaksiya natijasida paydo bo'lgan yadrolarning va zarralarning tinchlikdagi massalari. Agar massalar m.a.b. larida ifodalangan bo'lsa,

$$W = 931,5 (m_1 + m_2 - m_3 - m_4) \text{ MeV}$$

formuladan foydalanish mumkin.

Agar $W > 0$ bo'lsa, reaksiya *ekzotermik*, $W < 0$ bo'lsa, reaksiya *endotermik* deb ataladi.

Ma'lumot jadvallarida odatda yadrolarning massalari emas, balki atomlarning massalari keltirilgan bo'ladi. Bunday hollarda yadroning

massasini topish uchun atomning massasidan atomdagi hamma elektronlarning massasini ayirish mumkin. Boshqacha yo'l tutish ham mumkin. Bunda massalar sifatida faqat atomlarning massalari olinadi. Reaksiyaga kirishuvchi va reaksiya natijasida hosil bo'luvchi atomlardagi elektronlar soni bir xil bo'lgani uchun, elektronlar massasini ayirib tashlash o'z-o'zidan amalga oshadi. Lekin, bu holda proton massasi o'rniga vodorod atomining massasini, α -zarracha massasi o'rniga geliy atomi massasini olish kerak.

Masala yechish namunalari

1. Bir nuqtadan chiqqan ikki elektron shu nuqtaga nisbatan $v_1 = 0,8c$ va $v_2 = 0,9c$ tezlik bilan qarama-qarshi tomonlarga uchib ketdi. Ulardan har birining boshqasiga nisbatan tezligini toping.

Berilgan:	Yechilishi
$v_1 = 0,8 c,$ $v_2 = 0,9 c.$	Tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuni quyidagi ko'rinishda yoziladi:
$v_{12} = ? \quad v_{21} = ?$	$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v' v_0}{c^2}}, \quad (1)$

bu yerda: v va v' — jismlarning mos ravishda 1- va 2-inersial sistemalardagi tezliklari, v_0 — 2-sistemaning 1-sistemaga nisbatan tezligi, c — yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

(1) formuladan to'g'ridan to'g'ri foydalanish mumkin bo'lishi uchun 1-sistema sifatida 1-elektron bilan bog'langan inersial sistemani, 2-sistema sifatida esa boshlang'ich nuqta bilan bog'langan sistemani olishimiz kerak. U holda (1) formula 2-elektronning 1-elektronga nisbatan tezligi v_{21} ni beradi: $\vec{v} = \vec{v}_{21}$. (1) formuladagi v' masaladagi v_2 ga ($\vec{v}' = \vec{v}_2$), v_0 esa v_1 ga to'g'ri keladi ($\vec{v}_0 = -\vec{v}_1$). Biz yechayotgan masalaga qo'llashda (1) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$v_{21} = \frac{v_2 + v_1}{1 + \frac{v_2 v_1}{c^2}}. \quad (2)$$

1-elektronning 2-elektronga nisbatan $\vec{v}_{12}$ tezligi $\vec{v}_{21}$ dan faqat yo'nalishining qarama-qarshiligi bilan farq qiladi: $\vec{v}_{12} = -\vec{v}_{21}$. Bu (2) formulaga v_1 va v_2 tezliklar simmetrik ravishda kirganidan ham

ko'rinib turibdi: v_{12} ning ifodasi v_{21} ning ifodasidan 1 va 2 indekslarning o'rnini almashtirish yo'li bilan olinadi. Demak,

$$v_{21} = v_{12} = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} = \frac{0,8c + 0,9c}{1 + \frac{0,8 \cdot 0,9c^2}{c^2}} = \frac{1,7}{1,72} c \approx 0,988 c \approx 2,96 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\text{Javob: } v_{12} = v_{21} = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} \approx 0,988 c \approx 2,96 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

2. Kosmik kemanding bo'ylama o'lchamlari Yerdagi kuzatuvchiga shu kemadagi kosmonavtga ko'rinadiganidan $n = 2$ marta kichik bo'lib ko'rinishi uchun kosmik kema Yerga nisbatan qanday v tezlik bilan harakatlanishi kerak?

Berilgan:	Yechilishi
$l = l_0/n,$	Masofalarning nisbiyligini ifodalovchi formula
$n = 2.$	$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$
$v = ?$	ga asosan
$\left(\frac{v}{c}\right)^2 = 1 - \left(\frac{l}{l_0}\right)^2 = 1 - \frac{1}{n^2} = \frac{n^2 - 1}{n^2}.$	

Bundan,

$$v = \frac{c}{n} \sqrt{n^2 - 1} = \frac{\sqrt{3}}{2} c \approx 0,866c \approx 2,60 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\text{Javob: } v = \frac{c}{n} \sqrt{n^2 - 1} \approx 0,866c \approx 2,60 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

3. Yerga nisbatan $v = 0,8c$ tezlik bilan harakatlanayotgan kosmik zarraning «Yer soati» bilan o'lchangan «umri» $\tau = 3,0$ ns. Bu zarraning o'zi bilan bog'langan sanoq sistema soati bilan o'lchangan (xususiy) umri τ_0 ni toping.

Berilgan:	Yechilishi
$v = 0,8 c,$	Vaqt oraliklarining nisbiyligini ifodalovchi
$\tau = 3,0 \text{ ns.}$	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ formulaga ko'ra
$\tau_0 = ?$	

$$\tau_0 = \tau \sqrt{1 - v^2/c^2} = 3,0 \sqrt{1 - 0,8^2} \text{ ns} = 1,8 \text{ ns}.$$

$$\text{Javob: } \tau_0 = \tau \sqrt{1 - v^2/c^2} = 1,8 \text{ ns}.$$

4. Elektronning massasi tinch holatdagi massasidan $n = 3$ marta katta bo'lishi uchun uning tezligi qanday bo'lishi kerak?

Berilgan:	Yechilishi
$m = nm_0,$ $n = 3.$ $v = ?$	Jism massasining tezlikka bog'lanishini ifodalovchi $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ formulaga

$$\text{ko'ra } 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{m_0}{m} \right)^2 = \frac{1}{n^2}.$$

Bundan,

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{n^2} = \frac{n^2 - 1}{n^2};$$

$$v = \frac{c}{n} \sqrt{n^2 - 1} = \frac{\sqrt{8}}{3} c = 0,943c = 2,83 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\text{Javob: } v = \frac{c}{n} \sqrt{n^2 - 1} \approx 0,943c \approx 2,83 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

5. Massasi $m_0 = 1,0$ kg bo'lgan jismga $F = 1,0$ N kuch $\Delta t = 4,0 \cdot 10^8$ s davomida ta'sir qiladi. Klassik fizika qonunlaridan foydalanib, bu vaqt oxirida jismning qanday tezlikka erishganini aniqlang. Topilgan natija to'g'rimi?

Berilgan:	Yechilishi
$m_0 = 1,0$ kg, $F = 1,0$ N, $\Delta t = 4,0 \cdot 10^8$ s. $v = ?$	Jism impulsining kuch ta'sirida o'zgarishi shu kuchning impulsiga teng: $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$. Jism boshlang'ich tezlikka ega bo'lmagani uchun impulsning o'zgarishi jismning oxirgi impulsiga teng:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}.$$

Klassik fizika bo'yicha:

$$\vec{p} = m_0 \vec{v}. \quad (1)$$

Bu formulalardan

$$v = \frac{F \Delta t}{m_0} \quad (2)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bu formuladan jism tezligi uchun quyidagi qiymatni olamiz:

$$v = \frac{1,0 \cdot 4,0 \cdot 10^8}{1,0} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Bu natija noto'g'ri, chunki jismning tezligi hech qachon yurug'likning bo'shliqdagi tezligidan katta bo'lishi mumkin emas. Xatoning sababi katta tezliklar uchun o'rinli bo'lmagan (1) formulani ishlatganimizda. Barcha tezliklarda o'rinli bo'lgan relativistik impuls formulasi

$$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (3)$$

dan foydalanib, to'g'ri natijaga kelishimiz mumkin. Buning uchun (3) dagi p o'rniga $F\Delta t$ ni qo'yib, hosil bo'lgan tenglamani v ga nisbatan yechamiz:

$$F\Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = m_0 v; \quad (F\Delta t)^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = m_0^2 v^2;$$

$$(F\Delta t)^2 = \left[\left(\frac{F\Delta t}{c}\right)^2 + m_0^2 \right] v^2.$$

Bundan,

$$v = \frac{F\Delta t}{\sqrt{m_0^2 + \left(\frac{F\Delta t}{c}\right)^2}} = \frac{1,0 \cdot 4,0 \cdot 10^8}{\sqrt{1,0^2 + \left(\frac{1,4 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^8}\right)^2}} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \frac{4,0 \cdot 10^8}{1,667} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Javob: $v = \frac{F\Delta t}{m_0} = 4,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Bu natija noto'g'ri.

$$\text{To'g'ri natija: } v = \frac{F\Delta t}{\sqrt{m_0^2 + \left(\frac{F\Delta t}{c}\right)^2}} = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

6. $v = 0,6c$ tezlik bilan harakatlanayotgan zarraning kinetik energiyasi uning tinchlik holatidagi energiyasining qanday qismini tashkil qiladi?

Berilgan:	Yechilishi
$v = 0,6c$.	Kinetik energiyaning ta'rifiga ko'ra
$E_k/E_0 = ?$	

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) E_0.$$

Bundan,

$$\frac{E_k}{E_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}}} - 1 = \frac{1}{\sqrt{0,64}} - 1 = 0,25.$$

Javob: $E_k / E_0 = 1 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} - 1 = 0,25.$

7. Tezlatgich protonlarga $E_k = 300$ GeV kinetik energiya bera, ularning massasi necha marta ortadi? Protonning tinchlikdagi energiyasi $E_0 = 938,3$ MeV.

Berilgan: $E_k = 300$ GeV, $E_0 = 938,3$ MeV. $m/m_0 = ?$	Yechilishi Massa va energiyaning o'zaro bog'lanish qonuniga muvofiq $E = mc^2, \quad E_0 = m_0 c^2. \quad (1)$
---	--

Bulardan,

$$\frac{m}{m_0} = \frac{E}{E_0}. \quad (2)$$

(2) munosabatdagi to'la energiya E o'rniga uning kinetik energiya orqali ifodasi $E = E_k + E_0$ ni qo'yib, quyidagi natijani olamiz:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{E_k + E_0}{E_0} = \frac{E_k}{E_0} + 1 = \frac{300 \cdot 10^9}{938,3 \cdot 10^6} + 1 = 320,7 \approx 321.$$

Javob: $m / m_0 = E_k / E_0 + 1 \approx 321.$

8. Vodorod atomida elektronning bir statsionar holatdan boshqa statsionar holatga o'tishida chastotasi $\nu = 4,57 \cdot 10^{14}$ Hz (gers) bo'lgan yorug'lik chiqdi. Vodorod atomining energiyasi qancha kamaydi?

Berilgan: $\nu = 4,57 \cdot 10^{14}$ Hz, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J · s. $\Delta E = ?$	Yechilishi Borning 2-postulatiga ko'ra $\begin{aligned} \Delta E &= E_m - E_n = h\nu = \\ &= 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = \\ &= 3,028 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{3,028 \cdot 10^{-19}}{1,602 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} = 1,89 \text{ eV}. \end{aligned}$
---	---

Demak, vodorod atomining energiyasi 1,89 eV kamaygan.

Javob: $\Delta E = 1,89$ eV.

9. Vodorod atomida n -statsionar orbita bo'ylab harakatlana-yotgan elektronning tezligi v_n ni va orbitasi radiusi r_n ni aniqlang va bu kattaliklarni $n = 1$ hol uchun hisoblang.

Berilgan:	Yechilishi
$n = 1,$ $m = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$ $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C},$ $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$ $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}.$	Vodorod uchun klassik fizika qonunlari o'rinli deb faraz qilamiz. Borning orbita-larning kvantlanish qoidasiga ko'ra $mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi}, \quad (1)$ bu yerda $n = 1, 2, 3, \dots$ – statsionar orbita nomeri. n-orbita bo'ylab harakatlanayotgan elektronga yadro (proton) tomonidan $F = e^2 / (4\pi\epsilon_0 r_n^2)$ Kulon kuchi ta'sir qiladi va unga $a_n = v_n^2 / r_n$ markazga intilma tezlanishi beradi. Nyutonning 2-qonuni ($F = ma$) ga binoan

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} = \frac{mv_n^2}{r_n}. \quad (2)$$

(1) dan:

$$v_n = \frac{nh}{2\pi m r_n}. \quad (3)$$

v_n ning bu ifodasini (2) tenglamaga qo'yib, uni r_n ga nisbatan yechamiz:

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} = m \left(\frac{nh}{2\pi m r_n} \right)^2; \quad r_n = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi m e^2}. \quad (4)$$

$n = 1$ da

$$r_1 = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} (6,626 \cdot 10^{-34})^2}{3,142 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} (1,602 \cdot 10^{-19})^2} \text{ m} = 0,5292 \cdot 10^{-10} \text{ m}. \quad (5)$$

Umuman, (4) ifodadan ko'rinishicha, n -statsionar orbitaning radiusi 1-statsionar orbitaning radiusi bilan quyidagicha bog'langan:

$$r_n = r_1 n^2 = 0,5292 n^2 \text{ \AA}. \quad (6)$$

(4) ni (3) ga qo'yib, n -orbita bo'ylab aylanayotgan elektronning tezligi ifodasini topamiz:

$$v_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h n}. \quad (7)$$

$n=1$ da

$$v_1 = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} = \frac{(1,602 \cdot 10^{-19})^2}{2 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,188 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2188 \frac{\text{km}}{\text{s}}. \quad (8)$$

Umuman, (7) ga ko'ra,

$$v_n = \frac{v_1}{n} = \frac{2188}{n} \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

10. Vodorod atomidagi n -statsionar orbita bo'ylab aylanayotgan elektronning T_n kinetik, Π_n potensial va E_n to'la energiyalarini aniqlang va bu kattaliklarni $n=1$ hol uchun hisoblang.

Berilgan:	Yechilishi
$m = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$ $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C},$ $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$ $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}.$	Kinetik energiyaning klassik fizikadagi ta'rifiga ko'ra $T_n = \frac{mv_n^2}{2}. \quad (1)$ Ikkita nuqtaviy zaryad (elektron va yadro) ning o'zaro ta'sir potensial energiyasi $\Pi_n = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n}. \quad (2)$
$T_n = ? \quad \Pi_n = ? \quad E_n = ?$	

Bu formulalardagi elektronning tezligi v_n va elektron va yadro orasidagi masofa r_n o'rniga oldingi masalada olingan ifodalarni qo'yib, quyidagilarni topamiz:

$$T_n = \frac{m}{2} \left(\frac{e^2}{2\epsilon_0 h n} \right)^2 = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2}; \quad (3)$$

$$\Pi_n = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\pi me^2}{\epsilon_0 h^2 n^2} = -\frac{me^4}{4\epsilon_0^2 h^2 n^2} = -2T_n. \quad (4)$$

To'la energiyaning ta'rifiga muvofiq

$$E_n = T_n + \Pi_n = T_n - 2T_n = -T_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2}. \quad (5)$$

$n=1$ da (vodorod atomining asosiy holatida)

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = \frac{9,109 \cdot 10^{-31} \cdot (1,602 \cdot 10^{-19})^4}{8 \cdot (8,854 \cdot 10^{-12})^2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2} \text{ J} = \\
 &= 2,179 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 13,60 \text{ eV}, \\
 \Pi_1 &= -2T_1 = -2 \cdot 13,60 \text{ eV} = -27,20 \text{ eV},
 \end{aligned}$$

$$E_1 = -T_1 = -13,60 \text{ eV}.$$

Umuman, (3) — (5) ga ko'ra,

$$T_n = \frac{T_1}{n^2}; \quad \Pi_n = \frac{\Pi_1}{n^2}; \quad E_n = \frac{E_1}{n^2}.$$

$$\text{Javob: } T_n = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2}; \quad \Pi_n = -\frac{me^4}{4\epsilon_0^2 h^2 n^2}; \quad E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2};$$

$$T_1 = 13,60 \text{ eV}; \quad \Pi_1 = -27,20 \text{ eV}; \quad E_1 = -13,60 \text{ eV}.$$

11. Vodorod atomidagi elektronning m -statsionar orbitadan n -statsionar orbitaga o'tishida ($m > n$) chiqaradigan nurlanish chastotasini aniqlovchi $\nu = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$ formula Balmerning umumlashgan formulasi deb ataladi, bu yerda R — Ridberg doimiysi deb ataluvchi son. R ning ifodasini keltirib chiqaring va son qiymatini toping.

Berilgan:
 $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$
 $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C},$
 $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$
 $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}.$
 $R = ?$

Yechilishi

Borning 2-postulatiga ko'ra

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h}, \quad (1)$$

bu yerda E_m va E_n — vodorod atomining mos ravishda m - va n -statsionar holatdagi energiyalari. E_m va E_n o'rniga energiyaning oldingi masalada olingan

$$E_k = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2 k^2} \quad (2)$$

ifodasini qo'ysak, (1) formula quyidagi shaklga keladi:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right). \quad (3)$$

Bu formulani Balmerning umumlashgan formulasi bilan taqqoslab,

$$R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} = -\frac{E_1}{h} \quad (4)$$

ekanini ko'rish mumkin. (4) dan R ning o'lchov birligi s^{-1} ekanligi kelib chiqadi. R ning son qiymatini topamiz:

$$R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} = \frac{9,109 \cdot 10^{-31} \cdot (1,602 \cdot 10^{-19})^4}{8 \cdot (8,854 \cdot 10^{-12})^2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^3} \frac{1}{\text{s}} = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}.$$

$$\text{Javob: } R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}.$$

12. Quyidagi radioaktiv yemirilish natijasida qanday element hosil bo'ladi: 1) ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \text{X} + {}^4_2\text{He}$; 2) ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow \text{X} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$; 3) ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow \text{X} + {}^0_{-1}\text{e} + \nu$?

Yechilishi

1. Bu reaksiya uran-238 ning α -yemirilish reaksiyasidir. Sodding siljish qonuniga ko'ra hosil bo'lgan element yadrosining zaryad soni $Z - 2 = 92 - 2 = 90$ ga, massa soni esa $A - 4 = 238 - 4 = 234$ ga teng, ya'ni toriy-234 (${}^{234}_{90}\text{Th}$) izotopi hosil bo'ladi.

2. Bu reaksiya toriy-234 ning β^- -yemirilish reaksiyasidir. Sodding siljish qonuniga ko'ra hosil bo'lgan element yadrosining zaryad soni $Z + 1 = 90 + 1 = 91$ ga, massa soni esa $A = 234$ ga teng, ya'ni protaktiniy-234 (${}^{234}_{91}\text{Pa}$) izotopi hosil bo'ladi.

3. Bu reaksiya azot-13 ning β^+ -yemirilish reaksiyasidir. Sodding siljish qonuniga ko'ra hosil bo'lgan element yadrosining zaryad soni $Z - 1 = 7 - 1 = 6$ ga, massa soni esa $A = 13$ ga teng, ya'ni uglerod-13 (${}^{13}_6\text{C}$) izotopi hosil bo'ladi.

13. Quyidagi yadro reaksiyalarining noma'lum mahsuli qanday zarradan iborat: 1) ${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{22}_{11}\text{Na} + \text{X}$; 2) ${}^{73}_{32}\text{Ge} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{75}_{34}\text{Se} + \text{Y}$?

Yechilishi

Yadro reaksiyalarida zaryad va massa sonlarining saqlanish qonuni

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

dan foydalanamiz:

$$1) Z_1 = 12, Z_2 = 1, Z_3 = 11, Z_x = Z_4 = Z_1 + Z_2 - Z_3 = 12 + 1 - 11 = 2,$$

$$A_1 = 24, A_2 = 2, A_3 = 22, A_x = A_4 = A_1 + A_2 - A_3 = 24 + 2 - 22 = 4.$$

Protonlar soni (zaryad soni) 2 ga teng, nuklonlar soni (massa soni) 4 ga teng bo'lgan zarra α -zarradir, $\text{X} = {}^4_2\text{He}$;

$$2) Z_1 = 32, Z_2 = 2, Z_3 = 34, Z_Y = Z_4 = Z_1 + Z_2 - Z_3 = 32 + 2 - 34 = 0,$$

$$A_1 = 73, \quad A_2 = 2, \quad A_3 = 75, \quad A_Y = A_4 = A_1 + A_2 - A_3 = 73 + 4 - 75 = 2.$$

Protonlar soni 0, neytronlar soni ($A - Z$) 2 bo'lgan zarra — bu ikkita neytrondir, ya'ni $Y = 2_0^1n$.

14. Radioaktiv kaliy $^{42}_{19}\text{K}$ izotopining yarim yemirilish davri $T = 12,4$ soat. Berilgan radioaktiv preparatning $\Delta m = 2 \mu\text{g}$ miqdori $t = 6,2$ soatda yemirilishini bilgan holda preparatdagi radioaktiv atomlarning boshlang'ich soni N_0 ni toping. Shuningdek, $^{42}_{19}\text{K}$ ning o'rtacha yashash vaqti τ ni, radioaktiv yemirilish doimiysi λ ni va preparatning boshlang'ich paytdagi aktivligi A_0 ni ham toping.

Berilgan:	Yechilishi
$T = 12,4$ soat,	Radioaktiv yemirilish qonuniga ko'ra
$\Delta m = 2,0 \mu\text{g},$	$N(t) = N_0 2^{-t/T}$ (1)
$t = 6,2$ soat,	Boshqa tomondan,
$\mu = 42 \text{ g/mol},$	$N = N_0 - \Delta N,$ (2)
$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	
$N_0 - ? \quad \tau - ? \quad \lambda - ? \quad A_0 - ?$	bu yerda $\Delta N = \frac{\Delta m}{\mu} N_A -$

t vaqtda yemirilgan yadrolar soni. (1) va (2) ifodalarning chap tomonlari bir xil bo'lgani uchun o'ng tomonlari ham teng: $N_0 2^{-t/T} = N_0 - \Delta N$. Bu tenglamaga ΔN ning (3) ifodasini qo'yib, N_0 ga nisbatan yechamiz:

$$N_0 = \frac{\Delta N}{1 - 2^{-t/T}} = \frac{\Delta m N_A}{\mu(1 - 2^{-t/T})} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{42 \cdot (1 - 2^{-6,2/12,4})} = 9,8 \cdot 10^{16}. \quad (4)$$

Radioaktiv yadrolarning o'rtacha yashash vaqti τ yarim yemirilish davri T bilan quyidagicha bog'langan:

$$\tau = \frac{T}{\ln 2} \approx 1,4427 T. \quad (5)$$

Radioaktiv yemirilish doimiysi λ va manbaning aktivligi A quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln 2}{T} \approx \frac{0,69315}{T}; \quad A = \lambda N = \frac{N}{\tau} = \frac{N}{T} \ln 2 \approx 0,69315 \frac{N}{T}. \quad (6)$$

(5) va (6) formulalarga $T = 12,4$ soat va $N_0 = 9,8 \cdot 10^{16}$ qiymatlarni qo'yib, quyidagilarni olamiz:

$$\tau = 1,443 \cdot 12,4 \text{ soat} = 17,9 \text{ soat} = 6,44 \cdot 10^4 \text{ s};$$

$$\lambda = \frac{0,69315}{12,4} \frac{1}{\text{soat}} = 0,0559 \text{ soat}^{-1} = 1,55 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1};$$

$$A_0 = \frac{0,69315 \cdot 9,8 \cdot 10^{16}}{12,4 \cdot 3600} \frac{\text{yemirilish}}{\text{s}} = 1,52 \cdot 10^{12} \text{ Bq} = \\ = \frac{1,52 \cdot 10^{12}}{3,7 \cdot 10^{10}} \text{ Ci} = 41 \text{ Ci (Kyuri)}.$$

$$\text{Javob: } N_0 = \frac{\Delta m \cdot N_A}{\mu (1 - 2^{-t/T})} = 9,8 \cdot 10^{16}; \quad \tau = \frac{T}{\ln 2} = 6,44 \cdot 10^4 \text{ s};$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = 1,55 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}; \quad A_0 = \frac{N_0}{T} \ln 2 \approx 1,52 \cdot 10^{12} \text{ Bq} \approx 41 \text{ Ci}.$$

15. Elementar zarra—etanoli-mezon η^0 uchta γ -kvantga parchalanadi. Agar bu zarraning tinchlikdagi energiyasi $E_0 = 549 \text{ MeV}$ bo'lsa, γ -kvantning to'liq uzunligini toping. η^0 boshlang'ich holda tinch turibdi deb hisoblang.

Berilgan:	Yechilishi
$E_0 = 549 \text{ MeV},$ $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$ $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$	Etanol-mezonning tinchlikdagi energiyasi uchta γ -kvantga teng taqsimlanadi: $E_\gamma = E_0 / 3. \quad (1)$
$\lambda - ?$	γ -kvantning energiyasi $E_\gamma = h\nu = hc / \lambda \quad (2)$

ekanini hisobga olsak, (1) va (2) dan quyidagi tenglama kelib chiqadi: $E_0 / 3 = hc / \lambda$. Bundan,

$$\lambda = \frac{3hc}{E_0} = \frac{3 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{549 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} \text{ m} = 6,78 \cdot 10^{-15} \text{ m}.$$

$$\text{Javob: } \lambda = 6,78 \cdot 10^{-15} \text{ m}.$$

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

VI.1. Birinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Ikki zarracha bir-biriga tomon Yerga nisbatan $v_1 = 0,50 \text{ c}$ va $v_2 = 0,80 \text{ c}$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Ikkinchi zarracha bilan bog'langan sanoq sistemasida birinchi zarrachaning v_2 tezligi qancha?

2. Tinch turgan chizg'ichning uzunligi $l_0 = 1,0$ m. $0,6$ c tezlik bilan bo'ylama yo'nalishda harakatlanayotgan chizg'ichning uzunligi qancha bo'ladi?

3. Yerga nisbatan $v = 0,98$ s tezlik bilan harakatlanayotgan kosmik zarrachaning Yer soati bilan o'lchangan umri t uning xususiy umri (zarracha bilan birga harakat qilayotgan soat bilan o'lchangan umri) t_0 dan necha marta ortiq?

4. Yerga nisbatan $v = 0,33$ s tezlik bilan harakatlanayotgan zvezdolyotda $\tau = 50$ Yer yili davomida qancha t_0 vaqt o'tadi?

5. $v = 2,4 \cdot 10^8$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan protonning massasi m qanday? Protonning tinchlikdagi massasi $m_0 = 1$ m.a.b. deb hisoblang.

6. Vodород atomida elektronlar 4-statsionar orbitadan 2-statsionar orbitaga o'tganda energiyasi $E = 4,09 \cdot 10^{-19}$ J bo'lgan fotonlar chiqaradi (vodorod spektrining zangori chizig'i). Shu chiziqning to'liq uzunligini toping. $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s, $c = 2,998 \cdot 10^8$ m/s.

7. Kislorod atomini ionlashtirish uchun $E = 14$ eV ga yaqin energiya zarur. Ionlashtiruvchi nurlanishning chastotasini toping. $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s.

8. Simob bug'i elektronlar bilan nurlantirilganda simob atomi energiyasi $\Delta E = 4,9$ eV ga ortadi. Atomlar qaytadan asosiy holatga o'tishida chiqaradigan nurlanishning to'liq uzunligi qanday? $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s, $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

9. Geliy ${}^4_2\text{He}$, litiy ${}^6_3\text{Li}$, natriy ${}^{23}_{11}\text{Na}$, temir ${}^{54}_{26}\text{Fe}$ va uran ${}^{238}_{92}\text{U}$ yadrolarining tarkibini aniqlang.

10. Atom yadrosining tarkibi 1) $7p + 7n$; 2) $51p + 71n$; 3) $101p + 155n$ bo'lgan kimyoviy elementlarni yozing.

11. Ftor ${}^{19}_9\text{F}$, kumush ${}^{107}_{47}\text{Ag}$, Kyuriy ${}^{247}_{96}\text{Cm}$, Mendeleyeviy ${}^{257}_{101}\text{Md}$ yadrolarining tarkibini aniqlang.

12. Neon izotoplari ${}^{20}_{10}\text{Ne}$, ${}^{21}_{10}\text{Ne}$ va ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ ning tarkibi qanday?

13. Agar yadrodan α -zarra o'tilib chiqsa, atom massasi va element nomeri qanday o'zgaradi?

14. Yadrodan a) proton; b) neytron o'tilib chiqqanda elementning massa soni A va nomeri Z qanday o'zgaradi?

15. Yadro γ -kvant chiqarayotganda elementning massa soni A , tartib nomeri Z va massasi m o'zgaradimi?

16. Yod-131 izotopining yarim yemirilish davri $T = 8,0$ sutka. Bu izotopning o'rtacha yashash vaqti τ qanday?

17. Radioaktiv kobalt $^{60}_{27}\text{Co}$ ning o'rtacha yashash vaqti $\tau = 7,35$ yil. Uning yarim yemirilish davri T qanday?

18. Radioaktiv elementning aktivligi $t = 8,0$ sutkada $n = 4$ marta kamaydi. Yarim yemirilish davri T ni toping.

19. Qanday radioaktiv yemirilish natijasida natriy $^{22}_{11}\text{Na}$ magniy $^{22}_{12}\text{Mg}$ ga aylanadi?

20. Qanday radioaktiv yemirilish natijasida plutoniy $^{239}_{94}\text{Pu}$ uran $^{235}_{92}\text{U}$ ga aylanadi?

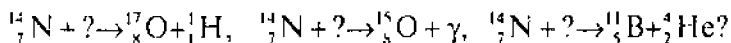
21. Uran $^{238}_{92}\text{U}$ uchun α -yemirilish va qo'rg'oshin $^{208}_{82}\text{Pb}$ uchun β -yemirilish reaksiyasini yozing.

22. Radioaktiv marganes $^{54}_{25}\text{Mn}$ ikki usul bilan olinadi. Birinchi usulda temir izotopi $^{56}_{26}\text{Fe}$ deytron ^2_1H lar bilan, ikkinchi usulda temir izotopi $^{54}_{26}\text{Fe}$ neytronlar bilan nurlantirib olinadi. Shu yadroviy reaksiyalarni yozing.

23. Azot $^{14}_7\text{N}$ neytronlar bilan bombardimon qilinganda hosil bo'ladigan yadrodan proton o'tilib chiqadi. Shu reaksiyani yozing. Hosil bo'lgan uglerod izotopi β -radioaktiv bo'ladi. Bunda sodir bo'ladigan reaksiyani yozing.

24. Quyidagi yadroviy reaksiyalardagi yetishmayotgan belgilashlarni yozing: $^6_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow ? + ^4_2\text{He}$, $? + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{22}_{11}\text{Na} + ^4_2\text{He}$.

25. Quyidagi reaksiyalarning har birida azot $^{14}_7\text{N}$ qanday zarra bilan bombardimon qilingan:



26. Plutoniy $^{242}_{94}\text{Pu}$ neon $^{22}_{10}\text{Ne}$ yadrolari bilan nurlantirilib, kurchatoviy elementi olingan. Natijada yana to'rtta neytron hosil bo'lgan. Shu reaksiyani yozing.

27. Eynshteyniy elementi $^{253}_{99}\text{Es}$ α -zarralar bilan nurlantirilganda neytron ajralgan va mendeleyeviy elementi hosil bo'lgan. Shu reaksiyani yozing.

28. Bor izotopi $^{10}_5\text{B}$ neytronlar bilan bombardimon qilinganda hosil bo'ladigan yadrodan α -zarra o'tilib chiqadi. Shu reaksiyani yozing.

29. Bor $^{11}_5\text{B}$ α -zarralar bilan bombardimon qilinganda neytron urib chiqariladigan yadroviy reaksiyani yozing.

30. Aluminiy $^{27}_{13}\text{Al}$ ni α -zarralar bilan bombardimon qilishda sodir bo'ladigan yadroviy reaksiyani yozing. Bunda proton ham urib chiqariladi.

31. Bor $^{11}_5\text{B}$ atomining yadrosi katta tezlikka ega bo'lgan proton bilan bombardimon qilinganda uchta bir xil zarra hosil bo'ladi. Bular qanday zarralar? Reaksiya tenglamasini yozing.

32. Uglerod $^{12}_6\text{C}$ protonlar bilan nurlantirilsa, uglerod izotopi $^{13}_6\text{C}$ hosil bo'ladi. Bunda qanday zarra ajraladi?

33. Ikki protonning birikish termoyadro reaksiyasi natijasida deytron ^2_1H va neytrino ν_e hosil bo'ladi. Bunda yana qanday zarra paydo bo'ladi? Reaksiya tenglamasini yozing.

34. Quyoshda ro'y berayotgan termoyadro reaksiyasi siklida to'rtta proton geliy yadrosiga, ikkita pozitronga va ikkita neytrinoga aylanadi. Shu reaksiyani yozing.

35. $^{235}_{92}\text{U}$ ning yadrosi bitta neytron yutib, ikki bo'lakka va to'rt neytronga ajraldi. Bo'laklardan biri seziy $^{137}_{55}\text{Cs}$ yadrosidir. Ikkinchi bo'lak qanday izotopning yadrosi?

36. Uran $^{235}_{92}\text{U}$ ning yadrosi bitta neytron yutib, ikki bo'lakka ajraldi, bunda ikki neytron hosil bo'ladi. Bo'laklardan biri ksenon $^{140}_{54}\text{Xe}$ yadrosi ekanligi ma'lum bo'ldi. Ikkinchi bo'lak qanday yadrodan iborat?

37. Radioaktiv preparat Geyger sanagichidan 10 sm narida joylashtirilganda, u nurlanishning qaysi turini qayd qiladi?

VI.2. Ikkinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Ikki kosmik kema Yerga nisbatan $v_1 = v_2 = 0,75$ s tezlik bilan a) qarama-qarshi yo'nalishda; b) bir yo'nalishda harakatlanmoqda. Ulardan birining ikkinchisiga nisbatan tezligi qanday?

2. Zvezdolyotning astronavi o'lchagan yo'li Yerdan turib o'lchanganiga qaraganda $n=2$ baravar qisqa bo'lishi uchun zvezdolyot qanday tezlik bilan uchishi kerak?

3. Kosmik kemadagi soat Yerdagi soatga qaraganda $n=3$ marta sekin yurishi uchun u Yerga nisbatan qanday v tezlik bilan harakatlanishi kerak?

4. α -zarraning tezligi 0 dan $v = 0,90$ s gacha orttirilganda, uning massasi qanchaga ortadi? α -zarraning tinchlikdagi massasi $m_0 = 4,0$ m.a.b. deb hisoblang.

5. Quyoshning umumiy nurlanish quvvati $N = 3,83 \cdot 10^{26}$ W. Shu tufayli har sekundda Quyosh massasi qancha kamayadi?

6. Neon atomini bir karra ionlash uchun 21,6 eV, ikki karra ionlash uchun 41 eV, uch karra ionlash uchun 64 eV energiya talab qilinadi. Neon gazi eng kichik to'liq uzunligi $\lambda = 25$ nm bo'lgan rentgen nurlari bilan nurlantirilsa, qanday ionlanish hosil bo'lishi mumkin? $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J · s, $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

7. Vodorod atomida birinchi Bor orbitasi ($r_1 = 0,529 \cdot 10^{-10}$ m) bo'ylab aylanayotgan elektronning aylanish davri T ni va burchak tezligi ω ni toping. $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J · s, $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.

8. Elektron 1-statsionar orbitadan 3-statsionar orbitaga o'tganda vodorod atomining energiyasi qanchaga o'zgaradi? 4-orbitadan 2-orbitaga o'tganda-chi? Vodorodning asosiy holatdagi energiyasi $E_1 = -13,6$ eV.

9. Tezligi $v = 1,9 \cdot 10^7$ m/s bo'lgan α -zarra oltin atomi yadrosi yo'nalishida harakatlanib, yadroga qanday eng kichik r masofagacha yaqinlashishi mumkin? α -zarraning massasi $m = 6,6 \cdot 10^{-27}$ kg, zaryadi $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ C, oltin yadrosining zaryadi $q_0 = 1,3 \cdot 10^{-17}$ C.

10. Vodorod atomining elektron 3-orbitadan 2-orbitaga o'tgandagi nurlanishining to'liq uzunligi λ_{32} , elektron 2-orbitadan 1-orbitaga o'tgandagi nurlanishining to'liq uzunligi λ_{21} dan necha marta katta?

11. Agar Vilson kamerasiga uchib kirgan elektron izining radiusi $R = 4,0$ sm, magnit maydon induksiyasi $B = 8,5$ mT bo'lsa, elektronning tezligi qanday? $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

12. Bor $^{10}_5\text{B}$ izotopi α -zarralar bilan bombardimon qilinganda azot $^{13}_7\text{N}$ izotopi hosil bo'ladi. Bunda qanday zarra otilib chiqadi? $^{13}_7\text{N}$ radioaktiv bo'lib, β^+ -yemirilishini (neytrino nurlash bilan) beradi. Shu reaksiyani yozing.

13. Mis $^{63}_{20}\text{Cu}$ izotopi protonlar bilan nurlantirilganda reaksiya bir necha yo'l bilan borishi mumkin: bitta neytron ajralishi; ikkita neytron ajralishi; proton va neytron ajralishi mumkin. Har qaysi holda qaysi element hosil bo'ladi?

14. Temir $^{56}_{26}\text{Fe}$ yadrosi neytronlar bilan bombardimon qilinganda atom massasi 56 bo'lgan β^- -radioaktivlikka ega bo'lgan marganes izotopi hosil bo'ladi. Sun'iy radioaktiv marganes olish reaksiyasini va shu bilan birga bo'ladigan β^- -yemirilish reaksiyasini yozing.

15. Quyidagi yadroviy reaksiyalarda yetishmayotgan belgilarni yozing:

- 1) ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0\text{n} \rightarrow ? + {}^4_2\text{He}$, 2) $? + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{22}_{11}\text{Na} + {}^4_2\text{He}$,
 3) ${}^{55}_{25}\text{Mn} + ? \rightarrow ? + {}^{55}_{26}\text{Fe} + {}^1_0\text{n}$, 4) ${}^{27}_{13}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}^{26}_{12}\text{Mg} + ?$

16. Agar qalay ${}^{113}_{50}\text{Sn}$ izotopining yarim yemirilish davri $T = 115$ sutka bo'lsa, bir oydan ($t = 30$ sutka) keyin qalay radioaktiv yadrolarining necha foizi qoladi?

17. Tritiy ${}^3_1\text{H}$ izotopining, litiy ${}^7_3\text{Li}$ izotopining massalar defektlari toping. ${}^3_1\text{H}$, ${}^7_3\text{Li}$, ${}^1_0\text{n}$ izotoplarining va neytronning massalari mos ravishda 3,016046, 7,016004, 1,007825 va 1,008665 m.a.b. ga teng. $1 \text{ m.a.b} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

18. Deytron ${}^2_1\text{H}$, geliy ${}^4_2\text{He}$ yadrosi va kalsiy ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ yadrosining bog'lanish energiyalarini toping. ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ izotoplarining va neytronning massalari mos ravishda 1,007825, 2,014102, 4,002603, 39,962589 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

19. Geliy yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasi katta bo'lgani tufayli yengil yadrolar bo'linganda ham energiya ajralib chiqishi mumkin. Bor ${}^{11}_5\text{B}$ protonlar bilan bombardimon qilinda uchta α -zarra hosil bo'lsa, qancha energiya ajraladi? ${}^{11}_5\text{B}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^1_1\text{H}$ izotoplarining massalari mos ravishda 11,009305, 4,002603, 1,007825 m.a.b. ga teng.

20. ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ yadroviy reaksiyada qancha energiya ajraladi? ${}^7_3\text{Li}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^8_4\text{Be}$ izotoplarining va neytronning massalari mos ravishda 7,016004, 2,014102, 8,005307 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

21. Quyidagi yadroviy reaksiyalarda energiya ajraladimi yoki yutiladimi: 1) ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$; 2) ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$? ${}^6_3\text{Li}$, ${}^1_1\text{H}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^3_2\text{He}$, ${}^{10}_5\text{B}$ izotoplarining va neytronning massalari mos ravishda 6,015125, 1,007825, 4,002603, 3,016049, 7,016004, 10,012939 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

22. ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ yadroviy reaksiyada ajraladigan energiyani hisoblang. ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^{17}_8\text{O}$ va ${}^1_1\text{H}$ izotoplarining massalari mos ravishda 14,003074, 4,002603, 16,999133 va 1,007825 m.a.b. ga teng.

23. ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$ yadroviy reaksiyada ajralib chiqadigan energiyani aniqlang. ${}^{10}_5\text{B}$, ${}^7_3\text{Li}$, ${}^4_2\text{He}$ izotoplarining va neytronning massalari mos ravishda 10,012939, 7,016004, 4,002603 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

24. ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$ yadroviy reaksiyada chiqadigan energiyani aniqlang. ${}^6_3\text{Li}$, ${}^2_1\text{H}$ va ${}^4_2\text{He}$ izotoplarining massalari mos ravishda 6,015125, 3,014102 va 4,002603 m.a.b. ga teng.

25. ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ termoyadroviy reaksiyada qancha energiya ajraladi? ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$, ${}^4_2\text{He}$ izotoplarining va neytronning massalari mos ravishda 2,014102, 3,016046, 4,002603 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

26. Parchalanish jarayonida uran yadrosi ikki bo'lakka ajraladi. Bu bo'laklarning umumiy massasi uran yadrosining massasidan protonning tinch holatidagi massasining $\eta = 0,200$ qismicha kam bo'ladi. Uranning bitta yadrosi parchalanganda qancha energiya ajralib chiqadi? Protonning tinch holatdagi massasi $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

27. Nima uchun zarrachalarning Vilson kamerasida kuzatiladigan izlari tez g'oyib bo'ladi?

28. Geyger sanagichi yaqinida radioaktiv preparat bo'lmasa ham ionlashgan zarrachalar paydo bo'lishini qayd qilaveradi. Buni qanday tushuntirish mumkin?

29. AgBr dagi fotokimyoviy o'zgarishlar bu moddaga tushadigan yorug'likning to'liq uzunligi $\approx 0,60 \mu\text{m}$ bo'lgandagina ro'y beradi. Fotoemulsiyaga tushgan $W = 5,0 \text{ MeV}$ energiyali α -zarra AgBr molekulalaridan nechtasini ionlashtiradi? $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

30. Atom bombalarining quvvati istalgancha katta bo'la olmasligining sababi nimada?

VI.3. Uchinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Protonning massasi uning tinchlikdagi massasiga nisbatan $n = 4$ marta ortishi uchun proton qanday tezlik bilan harakatlanishi kerak?

2. Serpuxovodagi yuqori energiyalar fizikasi institutidagi tezlatkichda protonlar $W = 76 \text{ GeV}$ energiya olsa, ularning massasi necha marta ortadi? Protonning tinchlikdagi energiyasi $E_0 = 938 \text{ MeV}$.

3. Yerevan fizika institutidagi tezlatkichda energiyasi $W = 6,0 \text{ GeV}$ bo'lgan elektronlar olish mumkin. Bunday elektronlarning massasi qanday va ularning massasi tinchlikdagi massasidan necha marta katta? Elektronning tinchlikdagi energiyasi $E_0 = 0,511 \text{ MeV}$, massasi esa $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

4. Vodorod atomiga nurlar ta'sir ettirilganda elektronlar birinchi statsionar orbitadan uchinchi o'tdi, dastlabki vaziyatga qaytishda esa uchinchi orbitadan ikkinchi orbitaga, so'ngra ikkinchi orbitadan birinchi orbitaga o'tdi. Atomlar yutgan va chiqargan kvantlarning energiyalarini aniqlang. Vodorod atomining asosiy holatdagi energiyasi $E_1 = -13,60$ eV.

5. Vodorod atomidagi elektronning birinchi uchta Bor orbitalari radiuslarini va bu orbitalar bo'ylab harakat tezliklarini toping. $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s, $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m.

6. Vodorod atomidagi birinchi ($n=1$) Bor orbitasi bo'ylab aylanayotgan elektronning kinetik T , potensial Π va to'la E energiyalarini aniqlang. $r_1 = 0,529$ Å, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s, $m = 9,11 \times 10^{-31}$ kg, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m.

7. Vodorod atomi nurlanganda to'liq uzunligi $\lambda = 486$ nm bo'lgan foton chiqaradi. Bunda vodorod atomidagi elektronning kinetik energiyasi T qanchaga o'zgaradi? $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s, $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

8. Ko'zga ko'rinadigan; ultrabinafsha; infraqizil nurlar chiqarganda vodorod atomidagi elektronlar qaysi statsionar orbitalarga o'tadi?

9. Xlorning nisbiy atom massasi $A = 35,5$. Uning ikkita izotopi bor: $^{35}_{17}\text{Cl}$ va $^{37}_{17}\text{Cl}$. Ularning foiz miqdorlari η_1 va η_2 larni aniqlang.

10. Radiy yadrosidan $v = 15$ Mm/s tezlik bilan uchib chiqqan α -zarra havoda $s = 3,3$ sm uchib to'xtadi. Zarraning kinetik energiyasini, tormozlanish vaqtini va tezlanishini toping. α -zarraning massasi $m = 6,64 \cdot 10^{-27}$ kg.

11. Yarim yemirilish davrining yarmiga teng vaqt ichida radioaktiv yadrolarning qancha qismi yemiriladi?

12. Elementar zarra myuonning o'rtacha yashash vaqti $\tau = 2,2$ mks. Myuonlarning $\eta = 75$ foizi qancha vaqtda yemiriladi?

13. Massasi $m = 0,10$ mg bo'lgan poloniyning radioaktiv yemirilishida sanagich $N = 3,0 \cdot 10^{17}$ ta α -zarra chiqqanligini qayd etgan. Bunda poloniyning massasi $\eta = 2,0$ % ga kamaygan. Geliy atomining massasini toping.

14. Geyger sanagichining elektr sig'imi $C = 25$ pF. Unga ulangan voltmetr kuchlanishning $U = 20$ V pasayganligini ko'rsatdi. Ana shu sanagichda necha juft ion hosil bo'lgan? $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C.

15. Deyteriy ^2_1H yadrosining bog'lanish energiyasini (MeV larda) toping. ^2_1H izotopining massasi $M = 2,014102$ m.a.b.,

proton, neytron va elektronning massalari: $m_p = 1,007276$ m.a.b., $m_n = 1,008665$ m.a.b., va $m_e = 0,000549$ m.a.b.

16. Aluminij $^{27}_{13}\text{Al}$ yadrosining bog'lanish energiyasini toping. $^{27}_{13}\text{Al}$ atomining massasi $M = 26,981539$ m.a.b., proton, neytron va elektronning massalari: $m_p = 1,007276$ m.a.b., $m_n = 1,008665$ m.a.b. va $m_e = 0,000549$ m.a.b.

17. Litiy ^7_3Li va kislorod $^{16}_8\text{O}$ yadrolarining solishtirma bog'lanish energiyasini toping. Bu yadrolarning, protonning va neytronning massalari mos ravishda 7,014358, 15,990526, 1,007276 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

18. Litiy ^6_3Li va azot $^{14}_7\text{N}$ yadrolarining solishtirma bog'lanish energiyasini toping. Bu yadrolarning, protonning va neytronning massalari mos ravishda 6,013479, 13,999234, 1,007276 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

19. $^7_3\text{Li} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n}$ yadroviy reaksiya amalga oshishi uchun α -zarra kamida qancha energiyaga ega bo'lishi lozim? ^7_3Li , ^4_2He , $^{10}_5\text{B}$ izotoplarning va neytronning massalari mos ravishda 7,016004, 4,002603, 10,012939 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

20. $^{235}_{92}\text{U}$ yadrosi ikki bo'lakka bo'linganda $W = 200$ MeV energiya ajraladi. Yadro reaktorida shu izotopdan $m = 1,0$ g «yoqilsa», qancha Q energiya ajraladi? Shuncha miqdorda energiya olish uchun qancha toshko'mir yoqish kerak? Toshko'mirning solishtirma yonish issiqligi $q = 29$ MJ/kg, Avogadro doimiysi $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$.

21. Uran $^{235}_{92}\text{U}$ izotopi parchalanganda $W = 200$ MeV energiya ajraladi, bunda bu energiyaning $\eta = 0,84$ qismini bariy $^{137}_{56}\text{Ba}$ va kripton $^{94}_{36}\text{Kr}$ yadrolaridan iborat parchalar oladi. Bu parchalarning impulslerini modul jihatdan bir xil deb hisoblab, ularning kinetik energiyalarini toping.

22. Bir sutkada $m = 220$ g uran $^{235}_{92}\text{U}$ izotopi sarf qiladigan atom elektrostansiyasining FIK $\eta = 0,25\%$ bo'lsa, uning elektr quvvati qanday? Bitta $^{235}_{92}\text{U}$ yadrosi bo'linganda $W = 200$ MeV energiya ajraladi deb hisoblang. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$.

23. Uran $^{235}_{92}\text{U}$ ning yadrosi parchalanganda $W = 200$ MeV energiya ajraladi. $m = 1,0$ kg uranning zanjir reaksiyasi vaqtida yadrolarning $\eta = 0,10$ qismi parchalansa, qancha energiya ajraladi?

24. $m = 1,0$ kg uran $^{235}_{92}\text{U}$ ning zanjir reaksiyasi $t = 1,0$ μs davom etadi. Bunda hamma yadrolarning $\eta = 0,10$ qismi parchalanadi.

Portlash quvvati P ni toping. Bitta ${}^{235}_{92}\text{U}$ yadrosi parchalanganda $W = 200$ MeV energiya ajraladi. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

25. Elementar zarra pi-nol-mezon (π^0) ikkita γ -kvantga parchalanadi. Agar bu zarraning tinchlikdagi massasi $m_0 = 264,3m_e$ ($m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ — elektron massasi) bo'lsa, γ -nurlanish chastotasini toping. $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

26. Elektron bilan pozitronning annigilyatsiyalanishida ikkita bir xil γ -kvant hosil bo'ladi. Zarralarning reaksiyaga qadar bo'lgan kinetik energiyasini hisobga olmagan holda γ -kvantlarning to'liq uzunligini toping. $m_e = m_p = m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

27. Energiyasi $E = 3,00$ MeV bo'lgan γ -kvant elektronpozitron juftiga aylandi. Zarralarning T kinetik energiyalari bir xil deb hisoblab, T ni toping. $m_e = m_p = m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

28. Har birining kinetik energiyasi $T = 0,24$ MeV bo'lgan elektron va pozitron uchrashganda ikkita bir xil fotonga aylanadi. Har bir fotonning energiyasi E ni va unga to'g'ri kelgan to'liq uzunligi λ ni toping. $m_e = m_p = m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

VI.4. To'rtinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Vodorod atomining n -orbitasidagi elektronning kinetik energiyasini toping. Masalani $n = 1, 2, 3$ hollari uchun yeching. $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $r_1 = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

2. Vodorod spektrining ko'rinadigan qismidagi eng kichik nurlanish chastotasi $\nu = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ekanini bilgan holda Balmer formulasi

$$\nu = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

dagi R doimiyning qiymatini uchta qiymatli raqamgacha aniqlikda toping.

3. 1814-yilda I. Fraunhofer Quyosh spektrining ko'rinadigan qismida vodorodning to'rtta yutilish chiziqlarini aniqladi. Yutilish spektridagi eng katta to'liq uzunlik $\lambda_1 = 656 \text{ nm}$ edi. Qolgan uchta chiziqning to'liq uzunliklarini toping.

4. Vodorod atomining ultrabinafsha seriyasidagi eng katta to'liq uzunlikni toping. Mana shu chiziq yuzaga kelishi uchun vodorod

atomini qanday tezlikka ega bo'lgan elektronlar bilan bombardimon qilish kerak? $R = 3,290 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$,

$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

5. Vodorod atomining Balmer seriyasi spektral chiziqlarining eng katta λ_1 va eng kichik λ_∞ to'liq uzunligi topilsin. Ridberg doimiysi $R = 3,290 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$, $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

6. Deyteriy va tritiydan geliy ${}^4_2\text{He}$ sintez qilishda sodir bo'ladigan termoyadroviy reaksiyani yozing. Bitta geliy yadrosi sintez qilinganda qancha W energiya ajraladi? $m = 2,0 \text{ g}$ geliy sintez qilingandachi? ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$, ${}^4_2\text{He}$ izotoplari va neytronning massalari mos ravishda 2,014102, 3,016046, 4,002603 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

7. Azot ${}^{15}_7\text{N}$ izotopi protonlar bilan nurlantirilganda uglerod va α -zarra hosil bo'ladi. Reaksiya ro'y berishi uchun protonning kinetik energiyasi $T = 1,2 \text{ MeV}$ bo'lishi lozim bo'lsa, yadroviy reaksiyaning foydali energetik chiqishini toping. ${}^{15}_7\text{N}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^4_2\text{He}$, va ${}^1_1\text{H}$ izotoplarining massalari mos ravishda 15,000107, 12,000000, 4,002603 va 1,007825 m.a.b. ga teng.

8. γ -kvantning ${}^2_1\text{H} + \gamma \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$ yadroviy reaksiyani amalga oshirish uchun zarur bo'lgan eng kichik energiyasi E ni toping. ${}^2_1\text{H}$, ${}^1_1\text{H}$ izotoplarining va neytronning massalari mos ravishda 2,014102, 1,007825 va 1,008665 m.a.b. ga teng.

9. Radiy ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ning α -yemirilish reaksiyasini yozing. Yemirilishga qadar radiy yadrosini tinch turgan deb hisoblab, hosil bo'lgan yadrolarning impulslerini va kinetik energiyalarını taqqoslang.

10. Tinch holatdagi uran -235 atomining yadrosi ${}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr}$ sxema bo'yicha parchalanadi. Ikkala bo'lakning yig'indi kinetik energiyasi $T = 2,55 \cdot 10^{-11} \text{ J}$. Bariy yadrosining tezligini toping. 1 m.a.b. = $m_n = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

VI.5. Beshinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. $v = 0,600 \text{ s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan elektronning kinetik energiyasini (MeV larda) toping. Elektronning tinchlikdagi massasi $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

2. Poloniyni yemirilishi natijasida hosil bo'ladigan α -zarraning havodagi yo'li $d_1 = 3,85 \text{ sm}$. Shu zarra Geyger sanagichining darchasi orqali o'tishi uchun bu darchani qoplagan neylon

pardaning qalinligi d ko'pi bilan qanday bo'lishi mumkin? Havo-ning va neylonning zichliklari mos ravishda $\rho_1 = 1,3 \text{ kg/m}^3$ va $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

3. Qishloq xo'jaligida ishlatiladigan γ - nurlanish qurilmalarida seziyning β -radioaktiv izotopi $^{137}_{55}\text{Cs}$ dan foydalaniladi. β^- -yemirilish reaksiyasini yozing. Agar γ - kvantlarning eng katta energiyasi $E_\gamma = 0,66 \text{ MeV}$ bo'lsa, γ -nurlanishning maksimal chastotasini toping. β^- -zarralarning energiyasi $E_\beta = 1,18 \text{ MeV}$ ekanini bilgan holda ularning relativistik tezligini hisoblang. Elektronning tinchlikdagi energiyasi $m_0c^2 = 0,511 \text{ MeV}$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

4. $^1_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + \gamma$ termoyadroviy reaksiyada hosil bo'ladigan γ -nurlanish chastotasini va to'lqin uzunligini toping. α -zarra $T = 19,7 \text{ MeV}$ kinetik energiya oladi, vodorod va tritiy yadrolari boshlang'ich vaziyatda tinch turgan deb hisoblang. ^1_1H , ^3_1H va ^4_2He izotoplarining massalari mos ravishda 1,007825, 3,016046 va 4,002603 m.a.b. ga teng. $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

5. Litiy ^7_3Li yadrosi bitta proton qo'shib olib, ikkiga bo'linadi. Shu yadroviy reaksiyani yozing. Hosil bo'lgan zarralarning kinetik energiyalari yig'indisi T ni toping. Protonning kinetik energiyasini hisobga olmang. ^7_3Li , ^1_1H va ^4_2He izotoplarining massalari mos ravishda 7,016004, 1,007825 va 4,002603 m.a.b. ga teng.

6. Deytron (^2_1H) γ -kvant ($\lambda = 4,7 \cdot 10^{-13} \text{ m}$) ni yutib, proton va neytronga parchalanadi. Hosil bo'lgan zarralarning jami kinetik energiyasi T ni toping. Deytron, proton va neytronning massalari mos ravishda 2,013553, 1,007276 va 1,008665 m.a.b. ga teng. $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

ATOM VA YADRO FIZIKASI BO'LIQIGA OID QO'SHIMCHA MASALALAR

I. Birinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Kalsiy va sirkoniyning davriy jadvaldagi tartib nomerlari mos ravishda 20 va 40 ga teng. 1 mol sirkoniydagi barcha yadrolar zaryadi 2 mol kalsiydagi barcha yadrolar zaryadidan necha marta katta? (*Javobi: 1.*)

2. Agar kadmiy izotopining massa defekti 0,008 m.a.b. bo'lsa, bu yadroning bog'lanish energiyasini MeV larda hisoblang. (*Javobi: 7,47 MeV.*)

3. Pluton yadrosining α - zarra bilan o'zaro ta'sirlashishi tufayli kyuriy ^{242}Pu yadrosi va neytron hosil bo'ldi. Pluton yadrosining massa sonini toping. (*Javobi: 239.*)

4. Biror atomni ionlashtirish uchun 0,825 eV energiya zarur bo'lsa, bu ionlashtirishni yuzaga keltiruvchi elektromagnit nurlanishning minimal chastotasini THz larda hisoblang. (*Javobi: 200 THz.*)

5. 600 THz chastotali kvantni yutgan atom biror statsionar holatdan energiyasi $E = -6,875$ eV bo'lgan boshqa statsionar holatga o'tdi. Atomning oxirgi statsionar holati energiyasi eV da topilsin. (*Javobi: $-4,4$ eV.*)

6. Litiy yadrosining bog'lanish energiyasi 29,88 MeV. Bu yadroning massa defektni m.a.b. da toping. (*Javobi: 0,032 m.a.b.*)

7. Atom energiyasi $E = -6$ eV bo'lgan uyg'ongan holatdan asosiy holatga o'tganida 1200 THz chastotali kvant chiqardi. Atomning asosiy holat energiyasini eV da hisoblang. (*Javobi: $-10,95$ eV.*)

8. Litiy izotoplaridan birining massasi 7,007 m.a.b. ga teng. Litiy yadrosining atom nomeri 3, massa soni 7ga teng bo'lsa, litiy izotopining massa defekti m.a.b. da topilsin. (*Javobi: 0,05 m.a.b.*)

9. Massa defekti 0,05 m.a.b. bo'lgan biror element yadrosining bog'lanish energiyasi pJ da hisoblansin. (*Javobi: 2,9 pJ.*)

10. Uzlüksiz rejimda ishlayotgan gaz lazeri 500 THz chastotali monoxromatik nurlanish chiqarib, bir sekund davomida 66 mJ energiya nurlaydi. Bunday lazer bir pikosekund davomida nechta foton chiqaradi? $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. (*Javobi: $2 \cdot 10^5$ ta.*)

11. Yadro reaksiyasi davomida biror yadroga tezlatilgan proton kelib urildi va buning natijasida α - zarra uchib chiqdi. Bu jarayon davomida yadroning zaryadi (elementar zaryad birligida) necha birlikka kamaygan? (*Javobi: 1.*)

12. Elektron vodorod atomida energiyasi $-13,6$ eV bo'lgan statsionar holatda turibdi. U chastotasi $3 \cdot 10^{18}$ Hz bo'lgan fotonni yutishi natijasida ma'lum statsionar holatga o'tdi. Elektronning shu holatdagi energiyasini eV da hisoblang. (*Javobi: $-1,225$ eV.*)

13. Atom energiyasi $-2,35$ eV bo'lgan uyg'ongan holat-dan asosiy holatga o'tishi natijasida chastotasi $4 \cdot 10^{14}$ Hz bo'lgan foton chiqarilgan bo'lsa, bu atomning asosiy holat energiyasini eV da hisoblang. (*Javobi: -4 eV.*)

14. Biror zarraning de-Broyl to'lqin uzunligi $13,24$ pm bo'lsa, bu zarraning impulsini kgm/s da hisoblang. (*Javobi: $5 \cdot 10^{-31}$ kgm/s.*)

15. Atom nurlanganda to'lqin uzunligi 4000 Å bo'lgan nurlanish chiqardi. Nurlanishning to'lqin sonini sm^{-1} da toping. (*Javobi: $25 \cdot 10^3 \text{ sm}^{-1}$*)

16. Atom nurlanishining to'lqin soni $2 \cdot 10^4 \text{ sm}^{-1}$ bo'lsa, nurlanish to'lqin uzunligini Å da aniqlang. (*Javobi: 5000 Å.*)

17. Vodorod atomi bir statsionar holatdan ikkinchisiga o'tganda 600 THz chastotali nur chiqardi. Nurlanishning to'lqin sonini m^{-1} da ifodalang. (*Javobi: $2 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$.*)

18. Atom nurlanishining to'lqin soni $7 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$ bo'lsa, nurlanish chastotasini THz da aniqlang. (*Javobi: 2100 THz.*)

19. Vodorod atomidagi elektronning potensial energiyasi $-16 \cdot 10^{-19}$ J bo'lsa, uning to'liq energiyasini eV da toping. (*Javobi: -5 eV.*)

20. Vodorod atomidagi elektronning to'liq energiyasi $-3,4$ eV bo'lsa, uning potensial energiyasini J da aniqlang. (*Javobi: $-10,88 \cdot 10^{-19}$ J.*)

21. Energiyasi $20,6875$ eV bo'lgan zarraning de-Broyl to'lqini chastotasini THz da toping. (*Javobi: 5000 THz.*)

22. Biror zarraning de-Broyl to'lqini chastotasi 400 THz bo'lsa, uning energiyasi necha J bo'ladi? (*Javobi: $26,48 \cdot 10^{-20}$ J.*)

23. Orbital kvant soni 2 ga teng bo'lgan elektronning orbital momenti modulini $\hbar$ birligida hisoblang. (*Javobi: $\sqrt{6}$.*)

24. Agar elektronning magnit kvant soni 3 ga teng bo'lsa, elektron orbital momentining Z o'qidagi proyeksiyasini $\hbar$ birligida toping. (*Javobi: 3 .*)

25. Spin kvant soni 1 ga teng zarraning spin momentini $\hbar$ birligida hisoblang. (*Javobi: $\sqrt{2}$.*)

26. $r_0 = 1,5$ fm va massa soni 64 ga teng bo'lgan yadroning radiusini m da toping. (*Javobi: $6 \cdot 10^{-15}$ m.*)

27. Radiusi $7,2$ fm va $r_0 = 1,2$ fm bo'lgan yadroning massa sonini toping. (*Javobi: 216 .*)

28. Yemirilish doimiysi $0,01\text{s}^{-1}$ bo'lgan radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqtini s da aniqlang. (*Javobi: 100 m.*)

29. Biror radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti $2 \cdot 10^{-10}$ s bo'lsa, uning yemirilish doimiysi necha s^{-1} ? (*Javobi: $5 \cdot 10^9 \text{s}^{-1}$.*)

30. Yemirilish doimiysi $69,3 \text{s}^{-1}$ bo'lgan yadroning yarim yemirilish davri ms da topilsin. (*Javobi: 10 ms.*)

31. Yarim yemirilish davri 1,386 soat bo'lgan radioaktiv yadroning yemirilish doimiysi soat $^{-1}$ da aniqlansin. (*Javobi: 0,5 soat $^{-1}$.*)

32. Yarim yemirilish davri 30 yil bo'lgan radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti yilda hisoblansin. (*Javobi: 43,2 yil.*)

33. O'rtacha yashash vaqti 50 yil bo'lgan radioaktiv yadroning yarim yemirilish davri yilda topilsin. (*Javobi: 34,65 yil.*)

34. Yemirilish doimiysi $0,004 \text{s}^{-1}$ bo'lgan radioaktiv elementda $2 \cdot 10^9$ ta yadro bo'lsa, uning aktivligi necha Bq? (*Javobi: $8 \cdot 10^6$.*)

35. Yemirilish doimiysi $0,00025 \text{s}^{-1}$ bo'lgan radioaktiv elementning aktivligi 10 Rd bo'lsa, bu elementdagi yadrolar sonini toping. (*Javobi: $4 \cdot 10^{10}$.*)

36. Boshlang'ich aktivligi 32 Rd bo'lgan radioaktiv elementning 81 yildan keyingi aktivligi necha Rd? Elementning yarim yemirilish davri 27 yil. (*Javobi: 4 Rd.*)

37. Biror radioaktiv elementdagi yadrolar soni $39 \cdot 10^{10}$ ta ga teng. Agar elementning o'rtacha yashash vaqti $26 \cdot 10^4$ s bo'lsa, uning aktivligi necha Rd? (*Javobi: 1,5.*)

38. O'rtacha yashash vaqti 1 sutka, aktivligi esa $8 \mu\text{Ci}$ bo'lgan radioaktiv elementdagi yadrolar sonini aniqlang. (*Javobi: $6,9 \cdot 10^5$.*)

39. γ -kvant elektronda 120° burchakka sochildi. Bunda uning to'liq uzunligi necha Å ga o'zgargan? $\lambda = 0,0242 \text{ Å}$. (*Javobi: 0,0363 Å.*)

40. Massasi 50 kg bo'lgan moddaga 20 mJ nurlanish energiyasi berilganda, modda tomonidan yutilgan nurlanish dozasi necha rad bo'ladi? (*Javobi: 0,04 rad.*)

41. Massasi 80 kg bo'lgan odam 36 mJ nurlanish energiyasi yutgan bo'lsa, uning 1 soatdagi doza quvvati necha Gy/s? (*Javobi: $125 \cdot 10^{-9}$.*)

42. g- nurlanishning ekspozitsion dozasi 10 fer bo'lsa, uning ekvivalent dozasi qancha rem? (*Javobi: 10 rem.*)

43. Agar biror zarralar oqimning ekspozitsion dozasi 48 fer, ekvivalent dozasi 4,8 rem bo'lsa, nisbiy biologik effektivlik nimaga teng? (*Javobi: 10.*)

44. Geyger-Myuller sanagichi orqali ($S=12 \text{ sm}^2$) 5 min davomida 900 ta kosmik zarra o'tgan bo'lsa, kosmik nurlarning intensivligini zarra/ $\text{m}^2 \cdot \text{s}$ da aniqlang. (*Javobi: 2500.*)

II. Ikkinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Protonlari soni 2 ta, 1 ta neytroni bo'lgan geliy izotopining solishtirma bog'lanish energiyasini pJ da hisoblang. Bu yadroning massa defekti 0,005 m.a.b. ga teng. (Javobi: 0,249 pJ.)

2. Kalsiy yadrosining bog'lanish energiyasi 7,47 MeV. Protonlar soni 20, neytronlar soni ham 20. Ushbu yadroning massasini m.a.b. da toping. (Javobi: 40,31 m.a.b.)

3. Azot yadrosi α -zarrani qamrab olish natijasida proton va yangi yadro hosil bo'ladi. Bu yangi yadrodagi protonlar sonini toping. (Javobi: 8.)

4. Atom elektron bilan noelastik to'qnashishi natijasida 4,5 eV energiya oldi va o'zidan elektromagnit nurlanish chiqardi. Bu nurlanishning minimal to'lqin uzunligini nm da aniqlang. (Javobi: 275 nm.)

5. Atom o'zidan elektromagnit nurlanish chiqarish natijasida uning energiyasi 412,5 eV ga o'zgardi. Elektromagnit nurlanishning to'lqin uzunligini nm da hisoblang. (Javobi: 300.)

6. To'lqin uzunligi 412,5 nm bo'lgan fotonni chiqargan atomning energiyasi qancha eVga o'zgargan? (Javobi: 3 eV.)

7. Vodorod atomining asosiy holat energiyasi $-13,6$ eV; birinchi uyg'ongan holat energiyasi $-3,4$ eV; ikkinchi uyg'ongan holat energiyasi $-1,4$ eV. Birinchi uyg'ongan holatdan asosiy holatga o'tishdagi chiqarilgan fotonning energiyasi, ikkinchi uyg'ongan holatdan birinchi uyg'ongan holatga o'tishda chiqarilgan fotonning energiyasidan necha marta katta? (Javobi: 5,1.)

8. Tezligi 3310 km/s bo'lgan elektronning de-Broyl to'lqin uzunligini nm da toping, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J $\cdot$ s. (Javobi: $\lambda = \frac{h}{mv} = 0,22$ nm.)

9. Kinetik energiyasi 182 eV bo'lgan elektronning de-Broyl to'lqin uzunligini pm da toping. (Javobi: $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = 91$ pm.)

III. Uchinchi darajali qiyinlikdagi masalalar

1. Atom nomeri 7, massa soni 14 bo'lgan azot neytronni qamrab olishi natijasida α - zarra va yangi yadro hosil bo'ladi. Yangi yadrodagi neytronlar sonini toping. (Javobi: 6.)

2. Elektron kuchlanishi 1,02 MV bo'lgan elektr maydonida harakatlanmoqda. Agar elektronning tinchlikdagi energiyasi 0,51 MeV bo'lsa, uning de-Broyl to'lqin uzunligini, m da toping. (Javobi: $8,6 \cdot 10^{-13}$ m.)

3. Elektronning orbital kvant sonini qanday qiymatida uning orbital momenti modul jihatdan $\sqrt{6}h$ ga teng bo'ladi? (Javobi: 2.)

4. Kinetik energiyasi 1 MeV bo'lgan elektronning de-Broyl to'liq uzunligini Å da toping. (Javobi: 0,0087 Å.)

5. Bo'linish jarayonida uran yadrosi ikki qismga ajraladi, bu qismlarning umumiy massasi yadroning bo'linishdan oldingi massasidan taqriban protonning tinchlikdagi massasining 0,2 qismigacha kam bo'ladi. Uraning bitta yadrosi bo'linganda necha MeV energiya ajralib chiqadi? (Javobi: 200 MeV.)

6. Uran-235 izotopining kritik massasi 1000 g bo'lsa, uning kritik hajmi necha sm^3 ? (Javobi: 56 sm^3 .)

7. Vodorod atomi biror uyg'ongan holatdan asosiy holatga qaytganida to'liq uzunligi 972,5 Å bo'lgan foton hosil bo'lsa, uyg'ongan holatga mos keluvchi n kvant soni aniqlansin. (Javobi: 4.)

8. Bosh kvant soni 3 ga teng bo'lgan elektronning orbital momenti Z o'qidagi proyeksiyasining eng katta qiymati h birligida topilsin. (Javobi: 2.)

9. Bosh kvant soni 4 ga teng bo'lgan elektron orbital momentining Z o'qidagi proyeksiyasi nechta qiymat qabul qiladi? (Javobi: 7.)

10. Vodorod atomining o'lchami 10^{-8} sm tartibga ega deb hisoblab, undagi elektronning tezligini aniqlashdagi noaniqlikni m/s da baholang. (Javobi: $\approx 10^6$ m/s.)

11. Elektronning energiyasi 200 eV ga ortganida uning de-Broyl to'liq uzunligi 2 marta kamaydi. Elektronning boshlang'ich de-Broyl uzunligini Å da toping. (Javobi: 1,5 Å.)

12. Elektronning orbital momenti moduli $\sqrt{12}h$ ga teng. Uning bosh kvant sonini toping. (Javobi: 4.)

BIRLIKLARNING XALQARO BELGILANISHI

Birlik nomi	Belgilanishi	Birlik nomi	Belgilanishi	Birlik nomi	Belgilanishi
Amper	A	Kaloriya	cal	Radian	rad
Angstrom	Å	Kandela	cd	Rentgen	R
Ar	a	Kilogramm	kg	Rezerford	Rd
Atmosfera, fizik	atm	Kulon	C	Santimetr	sm
Bekkerel	Bq	Kuyri ?	Ci	Sekund	s
Dioptriya	D	Litr	/	Simens	S
Farada	F	Luyks	lx	Soat	h
Funt	lb...	Lyumen	lm	Steradian	sr
Fut	ft	Metr	m	Tesla	T
Gektar	ha	Mikro	μ	Tonna	t
Genri	H	Minut	min	Vatt	W
Gers	Hz	Mol	mol	Veber	Wb
Grey	Gy	Nit	nt	Volt	V
Joul	J	Nyuton	N	Kelvin	K

BA'ZI FIZIK DOIMIYLAR

Gravitatsiya doimiysi	$G = 6,67259 \ (\approx 6,67) \cdot 10^{-11} \text{ H} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$
Normal erkin tushish tezlanishi (Yer uchun)	$g = 9,80665 \ (\approx 9,8) \text{ m} / \text{s}^2$
Birinchi kosmik tezlik (Yer uchun)	$v_1 = 7,90 \text{ km/s}$
Suvning eng katta zichligi ($t = 4^\circ\text{C}$ da)	$\rho_s = 999,973 \ (\approx 1000) \text{ kg/m}^3$
Normal atmosfera bosimi	$p_0 = 101,325 \ (\approx 101) \text{ kPa}$
Avogadro doimiysi	$N_A = 6,0221367 \ (\approx 6,02) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Bolsman doimiysi	$k = 1,380658 \ (\approx 1,38) \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Gazning universal doimiysi	$R = 8,314511 \ (\approx 8,31) \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$
Elektr doimiysi	$\epsilon_0 = 8,854187818 \ (\approx 8,85) \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
$k = 1/(4\pi\epsilon_0)$	$k = 8,987551787 \ (\approx 9,0) \cdot 10^9 \text{ m/F}$
Magnit doimiysi	$\mu_0 = 1,256637061 \ (\approx 1,26) \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$
Elementar zaryad	$e = 1,60217733 \ (\approx 1,60) \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Faradey doimiysi	$F = 9,6485309 \ (\approx 9,65) \cdot 10^4 \text{ C/mol}$
Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi	$c = 2,99792458 \ (\approx 3,00) \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Plank doimiysi	$h = 6,6260755 \ (\approx 6,626) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Massaning atom birligi	$\text{m.a.b.} = 1,6605402 \ (\approx 1,66) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Elektronning tinchlikdagi massasi	$m_e = 9,1093897 \ (\approx 9,11) \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5,4857990 \ (\approx 5,49) \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.}$
Protonning tinchlikdagi massasi	$m_p = 1,6726231 \ (\approx 1,67) \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0072765 \text{ m.a.b.}$
Neytronning tinchlikdagi massasi	$m_n = 1,6749286 \ (\approx 1,67) \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0086649 \text{ m.a.b.}$

JAVOBLAR

I. Mexanika

I.1.

1. $t = s/v = 8$ soat 20 min. 2. $\vec{v} = s/t = 18$ km/soat. 3. $v = at = 2,5$ m/s; $\overline{v} = at/2 = 1,25$ m/s. 4. $h = gt^2/2 = 44,1$ m; $v = gt = 29,4$ m/s. 5. $v = v_0 + at = 5,2$ m/s; $s = v_0t + at^2/2 = 28,8$ m. 6. $v = \sqrt{2gh} = 5,0$ m/s. 7. $a = v^2/R = 0,30$ m/s²; 4 marta kamayadi. 8. $a = 4\pi^2 n^2 R = 14,8$ m/s²; $n' = \sqrt{2}n = 42,4$ ayl/min. 9. a) $F = mv^2/R = 250$ N; b) $F = 1,0$ kN. 10. $F = 2sm/t^2 = 54$ N. 11. $F = Gm_1m_2/r^2 = 8,2$ μ N. 12. $F = Gm_1m_2/r^2 = 2,0 \cdot 10^{20}$ N. 13. $F = mg = 686$ N. 14. $p_1 = mv_1 = 6,0$ kg $\cdot$ m/s; $\Delta p = m(v_2 - v_1) = -4,0$ kg $\cdot$ m/s. 15. $A = Fs = 48$ J. 16. $A = Fs \cos \alpha = 1,0$ kJ. 17. $N = A/t = 50$ W. 18. $A = Nl = 81$ MJ. 19. $N = Fv = 12$ kW. 20. $F = N/v = 20$ kN. 21. $E_k = mv^2/2 = 7,2$ MJ. 22. $E_{k2}/E_{k1} = (v_2/v_1)^2 = 4$. 23. $l = l_1 + l_2 = 140$ km; $s = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} = 100$ km. 24. 1,5 marta ortadi. 25. $F_2 = F_1l_1/l_2 = 2,0$ N. 26. $l_2 = l_1F_1/F_2 = 75$ sm. 27. $L = l_1(F_1 + F_2)/F_2 = 7,0$ sm. 28. $\rho = m/V = 1180$ kg/m³. 29. $P = \rho Vg = 174$ N. 30. $p = mg/S = 14,7$ kPa. 31. $F = pab = 101$ MN, bu kuch tomni ham ustidan, ham ostidan bosadi. 32. $p = \rho gh = 3,9$ kPa. 33. $p = \rho gh + p_0 = 180$ kPa. 34. $h = p/(\rho g) = 22,4$ m. 35. $h = p/(\rho g) = 10,33$ m; 0,102 mm. 36. $F_A = \rho_s Vg = 784$ kN. 37. $V = F_A/(\rho_k g) = 20,4$ dm³. 38. $\eta = 100mg/F = 96$ %.

I.2

1. $s_2 = t_2s_1/t_1 = 3,6$ km. 2. $\vec{v}_2 = v_1t_1/t_2 = 8,0$ m/s. 3. $t = 2s/v_0 = 9,0$ s. 4. $a = 2s/t^2 = 0,060$ m/s²; $v = 2s/t = 0,30$ m/s; 5. $v_0 = 2s/t = 1,5$ m/s; $a = -2s/t^2 = -0,030$ m/s². 6. $s = (v^2 - v_0^2)/(2a) = 32$ m; $t = (v - v_0)/a = 4,0$ s. 7. $s = v_0(t_1 + t_2) + at_2^2/2 = 106$ m; 8. $v_0 = s/t - at/2 = 20$ m/s. 9. $v_0 = -at = 15$ m/s; $s = -at^2/2 = 225$ m. 10. $v = \sqrt{2as} = 20$ m/s. 11. $s = v^2/(2a) = 375$ m. 12. $a = (v^2 - v_0^2)/(2s) = 75$ sm/s². 13. $h = gt^2/2 = 44$ m; $l = v_0t = 75$ m. 14. $v = 2\pi R/T = 1670$ km/soat. 16. $F = m|v_2 - v_1|/t = 29,2$ kN. 17. $F = mv^2/(2s) = 225$ kN. 18. $a = (F - F_q)/m = 50$ sm/s².

19. $F = m(a + kg) = 250 \text{ kN}$. 20. $F = m[v^2/(2s) + kg] = 0,26 \text{ MN}$. 21. $P = F\Delta l_2 / \Delta l_1 = 12,8 \text{ N}$. 22. 1600. 23. $M = rv^2 / G = 5,8 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. 24. $F = m(g - a) = 7,8 \text{ N}$. 25. $a = T / m - g = 2,7 \text{ m/s}^2$. 26. $a = g \cdot (P - T) / P = 2,0 \text{ m/s}^2$. 27. $T = m(g + v^2/l) / 2 = 250 \text{ N}$. 28. $v = \sqrt{gR} = 20 \text{ m/s}$. 29. $s = v^2 / (2kg) = 65 \text{ m}$. 30. $F = m\sqrt{2gh} / t = 5,0 \text{ kN}$. 31. $t = mv / F = 75 \text{ s}$. 32. $v_b = v_s m_s / m_b = 1,0 \text{ m/s}$. 33. $u = (m_1 v_1 + m_2 v_2) / (m_1 + m_2) = 1,0 \text{ m/s}$. 34. $u = (m_1 v_1 - m_2 v_2) / (m_1 + m_2) = 0$. Ular to'xtaydi. 35. $F = pSl = 912 \text{ J}$. 36. $A = \rho Vgh = 635 \text{ kJ}$. 37. $N = \rho Vgh / t_1 = 2,0 \text{ kW}$; $A = Nt = 7,1 \text{ MJ}$. 38. $t = \rho Vgh / N = 1 \text{ soat}$ 38 min. 39. $A = m(g + a)h = 3,3 \text{ kJ}$. 40. $a = A / (mh) - g = 1,7 \text{ m/s}^2$. 41. $A = Fvt = 10 \text{ MJ}$. 42. $N = Ph / t = 160 \text{ W}$. 43. $N = Phn / t = 1,1 \text{ kW}$. 44. $N = \rho Vgh / t = 735 \text{ W}$. 45. $t = Fs / N = 12 \text{ min}$. 46. $A = k\Delta l^2 / 2 = 5,0 \text{ J}$. 47. $A = mg\Delta l_2^2 / (2\Delta l_1) = 4,7 \text{ J}$. 48. $E_{pb} = mgh = 96 \text{ kJ}$; $E_{kb} = 0$; $E_{pa} = 0$; $E_{ka} = mgh = 96 \text{ kJ}$; $E_{pa'} = E_{ka'} = mgh / 2 = 48 \text{ kJ}$. 49. $s = v^2 / (2\mu g) = 25,5 \text{ m}$. 50. $v = \sqrt{2\mu gs} = 2,0 \text{ m/s}$. 51. $-\Delta E = mg(h_1 - h_2) = 14 \text{ J}$. 52. $\bar{F} = mv^2 / (2s) = 50 \text{ N}$. 53. $v = \sqrt{2gl} = 7,0 \text{ m/s}$. 54. $t = l / v_a = 220 \text{ s}$; $s = v_a t = 154 \text{ m}$; $v = \sqrt{v_q^2 + v_o^2} = 1,57 \text{ m/s}$. 55. $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 0,50 \text{ m/s}$. 56. $F = \sqrt{2}mg$. 57. $F = \sqrt{(F_T - F_q)^2 + F_{sh}^2} = 5 \text{ kN}$. 58. $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha} = 6,1 \text{ N}$. 59. $F_1 = F \cos \alpha = 10 \text{ N}$. 60. $a = gh / l = 0,98 \text{ m/s}^2$. 61. $a = g \sin \alpha = 0,49 \text{ m/s}^2$; $t = \sqrt{2s / a} = 20 \text{ s}$. 62. $l_1 = L / (1 + F_1 / F_2) = 0,90 \text{ m}$; $l_2 = L / (1 + F_2 / F_1) = 0,10 \text{ m}$. (Katta kuch ta'sir qilayotgan uchidan 10 sm masofada.) 63. $\rho = (M - m) / V = 1,5 \text{ g/sm}^3 = 1500 \text{ kg/m}^3$. 64. $m = \rho abc = 216 \text{ kg}$. 65. $h = m / (\rho S) = 3,1 \text{ }\mu\text{m}$. 66. $N = m / (\rho V_1) = 50$. 67. $F = (m + \rho V)g = 49 \text{ N}$. 68. $\rho_a = \rho_s V_s / V_a = 185 \text{ kg/m}^3$. 69. $m_2 = m_1 \rho_2 / \rho_1 = 70 \text{ kg}$. 70. $p = mg / (2ld) = 2,45 \text{ kPa}$. 71. $p = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)gh / 3 = 6,0 \text{ kPa}$. 72. $p = F_1 / S_1 = 0,20 \text{ MPa}$; $F_2 = \rho S_2 = 4,0 \text{ kN}$. 73. $N_A = \rho gabc / 2 = 5,1 \text{ kN}$. 74. $D = 2\sqrt{V / (\pi \omega t)} = 20 \text{ sm}$. 75. $Q = (a + b)Hv / 2 = 0,90 \text{ m}^3/\text{s}$. 76. $v_2 = v_1 S_1 / S_2 = 0,50 \text{ m/s}$. 77. $\eta = mgh / (Fl) \cdot 100\% \approx 61\%$.

I.3

1. $\bar{v} = (s_1 + s_2) / (s_1/v_1 + t_2) = 45 \text{ km/soat}$. 2. $\bar{v} = 2v_1 v_2 / (v_1 + v_2) = 60 \text{ km/soat}$. 3. $t = (\sqrt{v_0^2 + 2as} - v_0) / a = 15 \text{ s}$. 4. $u = 2v$. 5. $a = -v_0^2 / (2s) = -0,20 \text{ m/s}^2$; $t = 2s / v_0 = 100 \text{ s}$; $v = v_0 / \sqrt{2} \approx 14 \text{ m/s}$. 6. $v' = v / \sqrt{2} \approx 18 \text{ m/s}$. 7. $s_2 = 2s_1 = 2,0 \text{ km}$.

8. $h = 320$ m. 9. $\Delta s = g(2t - \Delta t)\Delta t/2$; $\Delta s_1 = 14,7$ m; $\Delta s_2 = 34,3$ m. 10. $v_0 = 2s/t = 10$ m/s; $F = 2ms/t^2 = 2,0$ kN. 11. $v_x = v_0 = 15$ m/s; $v_y = gt = 3,0$ m/s; $t_2 = v_0/g = 1,5$ s. 12. $v = \sqrt{gH/2}$. 13. $H = 8v_0^2/g$. 14. $v = 2\pi r/T = 838$ km/soat; g' arb yo'nalishida. 15. $T = Fm_2/(m_1 + m_2) = 0,72$ kN. 16. $T = m(g - 2s/t^2) \approx 2,7$ kN. 17. $v_0 = \sqrt{2\mu gs} = 10$ m/s. 18. $\mu = 2s/gt^2 = 0,0030$. 19. $a = g(m_1 - \mu m_2)/(m_1 + m_2) = 1,2$ m/s²; $T = m_1(g - a) = 17,2$ N. 20. $\mu \geq 4\pi^2 h^2 R/g = 0,20$. 21. $v = \sqrt{\mu g R} = 72$ km/soat. 22. $a = g(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})/s = 4,9$ m/s²; $t = \sqrt{2s/a} = 2,5$ s. 23. $h_1 = v_0 t - gt_1^2/2 = 15$ m; $t_2 = v_0/g = 2,0$ s; $h = v_0^2/(2g) = 20$ m. 24. 1) $v_{02}/v_{01} = 2$; 2) $v_{02}/v_{01} = \sqrt{2} = 1,4$. 25. $F = 3mg$. 26. $v = \sqrt{\eta g_{\text{yer}} R} = 1,68$ km/s. 27. $v = v_f \sqrt{R/(R+h)}$; $v_1 = 7,3$ km/s; $v_2 = 5,6$ km/s; bu yerda $v_1 = 7,9$ km/s — birinchi kosmik tezlik. 28. Mumkin, $h = gR^2/v^2 - R \approx 391000$ km bo'lganda. 29. $v = v_1 \sqrt{R/(R+h)} = 7,02$ km/s; $T = 2\pi(R+h)/v = 2,00$ soat. 30. $A = mgvt/2 \approx 7,4$ kJ. 31. $A = m(g+a)at^2/2 = 6,6$ MJ. 32. $v = \sqrt{2(F-F_q)s_1/m} = 0,50$ m/s; $s_2 = mv^2/(2F_2) = 0,25$ m. 33. $\sin \alpha = N/(mgv) - \mu = 0,0052$; $\alpha = 18'$. 34. $E_k = m(v_0^2 + g^2 t^2)/2 = 0,97$ kJ. 35. $E_k = mgs^2/(4h) = 2,45$ J. 36. $v_0 = \sqrt{2g\Delta h} = 14$ m/s. 37. $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = 14,3$ m/s. 38. $v = \sqrt{2gh} = 0,70$ m/s; $E_k = mgh = 0,025$ J. 39. $s = (v_1 + v_2) \times \sqrt{2h/g} = 813$ m. 40. $F_2 = \sqrt{F^2 + F_1^2} = 300$ N. 41. $F = mg/\sqrt{2+2\cos\alpha} = 283$ N. 42. $F = \sqrt{m^2 g^2 - T^2} = 0,147$ N. 43. $F_2 = F_1 \sin \alpha_2 / \sin \alpha_1 = 1,4$ N. 44. $l_1 = Lm_2/(m_1 + m_2) = 20$ sm (kichik shardan 20 sm masofada). 45. $F_1 = P/(l + d_1/d_2) = 18$ kN, $F_2 = P/(l + d_2/d_1) = 6$ kN. 46. $p = F\eta/(0,5 - \eta) = 80$ N. 47. $\rho = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)/(V_1 + V_2) = 8540$ kg/m³. 48. $F = \rho gh^2 d/2 = 1,2$ MN. 49. $F = 3\rho gh^3 = 29,4$ N. 50. $F_2 = F_1 l_1/l_2 = 1,5$ kN. 51. $F_2/F = l_2 S_2/(l_1 S_1) = 1000$. 52. $P = Fl_2 S_2/(l_1 S_1) = 160$ kN. 53. $G = mg(1 - \rho_s/\rho) = 0,62$ N. 54. $F = (\rho_s/\rho - 1)P = 120$ N. 55. $F = (\rho_s/\rho - 1)P = 2,4$ N. 56. $v = 4m/(\pi D^2 \rho t) = 1,12$ m/s. 57. $\eta = 1/(1 + \mu\sqrt{l^2/h^2 - 1}) = 0,67$. 58. $v = l/(nT_s) = 72/n$ km/soat, $n = 1, 2, 3, \dots$

I.4

1. $h = \left[t + \frac{v}{g} - \sqrt{\left(2t + \frac{v}{g} \right) \frac{v}{g}} \right] v = 153$ m. 2. $\tau = at(1 + \sqrt{1 + g/a})/g = 3,4$ s. 3.

$t = \sqrt{2h/g} = 2.0 \text{ s}$; $v = \sqrt{v_0^2 + 2hg} = 25 \text{ m/s}$; $\varphi = \arctg(gt/v_0) = 53^\circ$. 4. $s_2 = s_1(2t_2 - \Delta t)/(2t_1 - \Delta t) = 38 \text{ m}$. 5. $a = 2s_1/(t_2^2 - t_1^2) = 1.0 \text{ m/s}^2$; $s_1 = a(t_4^2 - t_3^2)/2 = 48 \text{ m}$, bu yerda: $t_1 = 3 \text{ s}$, $t_2 = 5 \text{ s}$, $t_3 = 10 \text{ s}$, $t_4 = 14 \text{ s}$. 6. $h = l^2/Rg = 7.7 \text{ sm}$. 7. $a \approx g(m_1 - m_2)/(m_1 + m_2) = g/5 \approx 2.0 \text{ m/s}^2$. 8. $a = \Delta mg/(m_1 + m_2 + \Delta m) \approx 0.60 \text{ m/s}^2$; $v_1 = v_2 = at = 3.0 \text{ m/s}$; $s_1 = s_2 = at^2/2 = 7.5 \text{ m}$. 9. $F_1 = 2M(m + M)g/(2M + m)$; $F_2 = 2F_1$; $F_3 = 2Mmg/(2M + m)$. 10. Ekvator ustida aylanma orbita bo'ylab sharqqa yo'nalishda $h = \sqrt[3]{gT^2R^2/(4\pi^2)} - R = 35830 \text{ km}$ balandlikda, bu yerda $T = 24$ soat. 11. Mumkin, orbitaning balandligi $h = \sqrt[3]{gT^2R^2/(4\pi^2)} - R = 760 \text{ km}$ bo'lganda; mumkin emas. 12. $F_1 = \mu mg/(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \approx 289 \text{ N}$; $F_2 = \mu mg/(\cos \alpha - \mu \sin \alpha) = 411 \text{ N}$. 14. $F = mg(h/\mu - \sqrt{l^2 - h^2})/l \approx 7.8 \text{ N}$. 15. $m = F/(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) = 4.0 \text{ kg}$. 16. $\mu = \tg \alpha_0$. 17. $\alpha = \arctg \mu \approx 35^\circ$. 18. $h = v_0^2 \sin^2 \alpha/(2g) = 1.25 \text{ m}$; $\tau = 2v_0 \sin \alpha/g = 1.0 \text{ s}$; $l = v_0^2 \sin^2 2\alpha/g \approx 8.7 \text{ m}$. 19. $\alpha = \arctg 4 \approx 76^\circ$. 20. $F_{AB} = P/\sin \alpha = 750 \text{ N}$, siquvchi; $F_{BS} = P/\tg \alpha = 375 \text{ N}$, cho'zuvchi. 21. $F_{AB} = Pl_1/\sqrt{l_2^2 - l_1^2} = 30 \text{ N}$; $F_{BC} = Pl_2/\sqrt{l_2^2 - l_1^2} = 50 \text{ N}$. 22. Cho'yan qismida, sterjen o'rtasidan $x = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \frac{l}{4} = 2.2 \text{ sm}$ masofada. 23. $N_{\text{chop}} = \varepsilon_1 F_1 + \varepsilon_2 F_2 = 0.90 \text{ kN}$; $N_{\text{orng}} = (1 - \varepsilon_1)F_1 + (1 - \varepsilon_2)F_2 = 1.5 \text{ kN}$, bu yerda: $\varepsilon_1 = 0.25$, $\varepsilon_2 = 0.5$, $F_1 = F_2 = 1.2 \text{ kN}$. 24. $N_1 = (1 - l/L)F + P/2 = 2.7 \text{ kN}$. $N_2 = Fl/L + P/2 = 2.3 \text{ kN}$. 25. Ag'darilib ketadi. 26. Og'ir toshli uchidan $x = l(P_0/2 + P_1)/(P_0 + P_1 + P_2) = 37.5 \text{ sm}$ masofaga. 27. $\rho = \rho_1 \rho_2/(\eta_1 \rho_2 + \eta_2 \rho_1) = 8137 \text{ kg/m}^3$. 28. $m_1 = (m - \rho_2 V)\rho_1/(\rho_1 - \rho_2) = 226 \text{ g}$; $m_2 = m - m_1 = 73 \text{ g}$. 29. $F_1 = \rho g(H + h)ab \approx 5.9 \text{ MN}$; $F_2 = \rho gH(H + 2h) \cdot (a + b) \approx 21 \text{ MN}$; $F_3 = \rho gh ab \approx 1.2 \text{ MN}$. 30. $m = V_1 \rho_s = 720 \text{ kg}$; $\rho = V_1 \rho_s/V_2 = 800 \text{ kg/m}^3$.

1.5

1. $a_1 = 2s/(t_1 t) = 10 \text{ sm/s}^2$; $a_2 = -2s/(t^2 - t_1) = -2.5 \text{ sm/s}^2$. 2. $t = T + \sqrt{T(T - \tau)} = 6 \text{ s}$. 3. $R_1 = v_0^2 \cos^2 \alpha/g = 2.5 \text{ m}$; $R_2 = v_0^2/(g \cos \alpha) = 20 \text{ m}$. 4. $v = \sqrt{lg/\cos \alpha \sin \alpha}$, $\tau = 2\sqrt{lg/\cos \alpha/g}$. 5. $v = v_1 g/(g - a_1) = 9.0 \text{ m/s}$. 6. $a = g \sin(\alpha/2)(m_2 - m_1)/(m_2 + m_1) \approx 2.0 \text{ m/s}^2$. 7. $x = x_1(g - \alpha)/g = 10 \text{ sm}$. 8. $T = 2\pi\sqrt{R/(GM)}$; $T = 2\pi R^2/\sqrt{GM}$; $T = 2\pi R/\sqrt{GM}$. 9. $g = 16\pi^2 R/(T^2 \alpha^2) = 274 \text{ m/s}^2$. 10. $F = 4gm_1 m_2/(m_1 + m_2) = 23.5 \text{ N}$. 11. $T = 2\pi\sqrt{R/g} =$

$= 84,4 \text{ min.}$ 12. $\alpha = 4\pi' R \sin(2\varphi) / (2gT') = 0,00172 \text{ radian} \approx 6,0'.$ 13. $F = mg \sin \alpha, \alpha \leq \alpha_0$ da; $F = \mu mg \cos \alpha, \alpha > \alpha_0$ da, bu yerda $\alpha_0 = \arctg \mu \approx 31^\circ.$ 14. $a = [F - (\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2)g] / (m_1 + m_2) = 2,0 \text{ m/s}^2;$ $T = m_1(\mu_1 g + a) \approx 17,8 \text{ N.}$ 15. $T = T' = (1 + \mu)gm_1 m_2 / (m_1 + m_2),$ o'zgarmaydi. 16. $\mu = 2m(k-1)/(kM) = 0,20.$ 17. $R = v^2 / (\mu g) = 102 \text{ m}; \alpha = \arctg(1/\mu) = 60,2^\circ.$ 18. $\mu_{\min} = (a + g \sin \alpha) / (g \cos \alpha).$ 19. $\mu = \tg \alpha - 2L / (gr' \cos \alpha) = 0,106.$ 20. $t_1 / t_2 = \sqrt{(\tg \alpha - \mu) / (\tg \alpha + \mu)} \approx 0,48.$ 21. $l = v_0 \cos \alpha (v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}) / g.$ 22. $v_a = v m_b / (m_b + m_c) = 2,0 \text{ m/s.}$ 23. $v = \sqrt{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 + 2m_1 m_2 v_1 v_2 \cos \alpha} / m = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos \alpha} / 2 = 250 \text{ m/s.}$ 24. $s = v^2 / [2\mu g (1 + M/m)^2] \approx 0,51 \text{ m.}$ 25. $\mu = h/l = 0,20.$ 26. $t_{\min} = mu^2 / (2N) + N / (2m\mu^2 g^2) = 3,29 \text{ s.}$ 27. $v_1 = \sqrt{5gl},$ $v_2 = \sqrt{4gl},$ $G_1 = 6mg;$ $G_2 = 5mg.$ 28. $t_2 = (1 + L/l_1) t_1 = 45 \text{ s;}$ $t_3 = t_2 t_1 / (t_1 + v_2 t_1) = 12 \text{ s.}$ 29. $v_{\min} = v_0 h / \sqrt{h^2 + s^2} = 1,6 \text{ m/s;}$ $\beta = 180^\circ - \arccos (h / \sqrt{h^2 + s^2}) = 143^\circ.$ 30. $m = 2(M - F_A / g) = 200 \text{ kg.}$

II. Molekular fizika va termodinamika

II. 1

1. $N = N_A m / \mu = 3,0 \cdot 10^{24}.$ 2. $n = N_A m / (\mu t) = 3,9 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}.$ 3. $V_0 = V / (v N_A) \approx 3,0 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3.$ 4. $p = \rho v_{kv}^2 / 3 = 112 \text{ kPa.}$ 5. $p = mRT / (\mu V) = 7,45 \text{ MPa.}$ 6. $V_0 = p T_0 V / (p_0 T) = 9,4 \text{ l.}$ 7. $p = n m_0 v_{kv}^2 / 3 = 5,4 \text{ kPa.}$ 8. $\Delta t = (n - 1) \times (t + 273)^\circ \text{C} = 293^\circ \text{C.}$ 9. $V_{\text{sol}} = RT / (p\mu) = 1,8 \text{ m}^3/\text{kg.}$ 10. $\bar{E} = 3p / (2n) = 10^{-21} \text{ J.}$ 11. $V = NkT / p = 30 \text{ m}^3.$ 12. $T = 2\mu U / (3mR) = 200 \text{ K.}$ 13. $U = 3pV / 2 = 9,0 \text{ MJ.}$ 14. $A = \nu R \Delta T.$ 15. $t = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2) = 36,2^\circ \text{C.}$ 16. $\eta = Pt / (qm) = 0,34 (34\%).$ 17. $T_1 = T_2 / (1 - \eta) = 1500 \text{ K.}$ 18. $\eta = (Q_1 - Q_2) / Q_1 = 0,25 (25\%).$ 19. $\rho_2 / \rho_1 = p_2 T_1 / (p_1 T_2) = 4,34.$ 20. $m = \pi \sigma d / g = 28 \text{ mg.}$ 21. $\sigma = F / S = 1,0 \text{ MPa;}$ $E = Fl / (S \Delta l) = 500 \text{ MPa.}$

II. 2

1. $l = N_A dm / \mu = 6,9 \cdot 10^{10} \text{ m.}$ 2. $v_{kv} = \sqrt{3pV / m} = 707 \text{ m/s.}$ 3. $v_{kv,b} / v_{kv,ch} = \sqrt{N_A m_0 / \mu} = 6,0 \cdot 10^4.$ 4. $T = \mu p / (\rho R) = 240 \text{ K.}$ 5. $T_2 = m T_1 / (V_1 \rho_2) = 300 \text{ K.}$ 6. $p_2 = (p_0 + \Delta p)(t_2 + 273) / (t_1 + 273) = 310 \text{ kPa.}$ 7. $V = mRT / (\mu p) = 3,4 \text{ m}^3.$ 8. $m_2 / m_1 = p_2 T_1 / (p_1 T_2) = 1$ (hammasi). 9. $p = (m_1 / \mu_1 + m_2 / \mu_2) RT / V = 10,2 \text{ MPa.}$

1. $p = p_1 V_1 / (V_1 + V_2) = 150 \text{ kPa}$. 11. $W = 3nV_k T / 2 = 1,1 \text{ J}$. 12. $v_{kv} = \sqrt{3RT/\mu} = 1,93 \text{ km/s}$; $p = \sqrt{3\mu kT/N_A} = 6,4 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. 13. $V' = \mu p V / (\rho R T) = 2,0 \text{ l}$. 14. $T = \Delta T / (k-1) = 280 \text{ K}$. 15. $t_2 = t_1 + \mu A / (mR) = 113^\circ \text{C}$. 16. $\Delta T = AT' / (pV) = 132 \text{ K}$. 17. $A = pV\Delta T / T = 200 \text{ kJ}$. 18. $A = \nu R\Delta T = 1,66 \text{ MJ}$; $\Delta U = Q - A = 4,16 \text{ MJ}$. 19. $m = Q / [r + c(t_1 - t_2)] = 10 \text{ kg}$. 20. $m = Mc(t_2 - t_1) / q = 4,4 \text{ g}$. 21. $Q = \rho S d \lambda = 1,2 \text{ MJ}$. 22. $h = c\Delta T / (\eta g) = 1,07 \text{ km}$. 23. $\mu = (T_1 - T_2) / T_1 = 0,25$; $Q_2 = (1 - \eta) Q_1 = 45 \text{ kJ}$. 24. $d = mg / (\pi N \sigma) = 1,2 \text{ mm}$. 25. $W = 8\pi r^2 \sigma = 2,5 \text{ mJ}$. 26. $F = ES\Delta l / l = 142 \text{ N}$. 27. $h = \sigma / (K\rho g) = 142 \text{ m}$.

II. 3

1. $N = \rho S h N_A / \mu = 1,2 \cdot 10^{20}$. 2. $v = 360n\Delta R / \alpha = 200 \text{ m/s}$. 3. $Q = Q_0 p V T_0 / (\rho_0 V_0 T) = 381 \text{ MJ}$. 4. $V_2 / V_1 = k / (1 + \eta) = 1,6$. 5. $\Delta m = \rho_1 V (1 - T_1 / T_2) = 8,24 \text{ kg}$. 6. $p_2 / p_1 = k_1 k_2 = 6$ (6 marta ortadi). 7. $N = \Delta p V / (kT) = 1,0 \cdot 10^{22}$. 8. $T = \Delta T / (V_2 / V_1 - 1) = \Delta T' / \eta = 300 \text{ K}$. 9. $p = (p_1 V_1 + p_2 V_2) / (V_1 + V_2) = 300 \text{ kPa}$. 10. $T = 2mgh / (3k) = 4,7 \cdot 10^{20} \text{ K}$. 11. $T_2 = T_1 (\nu \mu / m_2 - 1) V_2 / V_1 = 49 \text{ K}$. 12. $U_1 / U_2 = k / (1 + \eta) = 3,0$ (3 marta kamaygan). 13. $V_1 = V(t_2 - \theta) / (t_2 - t_1) = 80 \text{ l}$; $V_2 = V(\theta - t_1) / (t_2 - t_1) = 120 \text{ l}$. 14. $P = [(m_1 c_1 + m_2 c_2)(\theta - t_1) + m_3] / (\eta \tau) = 3,5 \text{ kW}$, bu yerda $\theta = 100^\circ \text{C}$. 15. $\tau_2 = \tau_1 r / (c\theta - cr) = 61 \text{ min}$, bu yerda $\theta = 100^\circ \text{C}$. 16. $m_b / m = \lambda / (\lambda + r) = 0,12$. 17. $m = M(c_2 t_2 - c_1 t_1 + \lambda) / (q\eta) = 22 \text{ kg}$. 18. $\Delta T = Kgh / c$. 19. $\Delta t = 9v^2 / (8c)$. 20. $v = \sqrt{2\lambda + 2c(t_2 - t_1)} = 358 \text{ m}$. 21. $N = \rho V q \eta / s = 8,9 \text{ kW}$. 22. $F = 2\sigma l = 4,0 \text{ mN}$; $A = Fs = 0,40 \text{ mJ}$. 23. $m = \pi \sigma d / g \approx 12 \text{ mg}$. 24. $N = \rho V g / (\pi \sigma d) \approx 58$. 25. $A = 8\pi(r_2^2 - r_1^2)\sigma = 3,5 \text{ mJ}$. 26. $\Delta t = Mv^2 / (4mc) \approx 0,27^\circ \text{C}$.

II. 4

1. $p_1 = (\Delta V_2 - \Delta V_1) \Delta p_1 \Delta p_2 / (\Delta p_2 \Delta V_1 - \Delta p_1 \Delta V_2) = 0,80 \text{ MPa}$; $V_1 = (\Delta p_2 - \Delta p_1) \times \Delta V_1 \Delta V_2 / (\Delta p_2 \Delta V_1 - \Delta p_1 \Delta V_2) = 30 \text{ l}$. 2. $t = (k-1)V / V_0 = 120 \text{ s}$. 3. $p = p_0(V_0 + nV) / V_0$. 4. $\Delta V = (1 + \Delta T_2 / \Delta T_1) \Delta V_1 = 1,5 \text{ l}$. 5. $\rho = \rho(m_1 + m_2) / [(m_1 / \mu_1 + m_2 / \mu_2)RT] \approx 1,04 \text{ kg/m}^3$. 6. $V = V_0 \{ p_0 T / [(\rho gh + p_{at}) T_0] - 1 \} = 0,88 \text{ m}^3$. 7. $v = mRT / (\mu \rho S \tau) \approx 0,9 \text{ m/s}$. 8. $p_1 / p_2 = T_1 / [(1 - \eta)(T_1 + \Delta T)] \approx 1,7$. 9. $m = \mu p V (T_2 - T_1) / (RT_1 T_2) = 17,7 \text{ g}$. 10. $\Delta m = \rho_0 T_0 V (T_2 - T_1) / (T_1 T_2) = 5,0 \text{ kg}$ ($T_0 = 273 \text{ K}$). 11. $V_2 / V_1 = 2Q / (5\nu R T_1) + 1 = 4,00$. 12. $v = NRT / (r\mu\rho S) = 7,6 \text{ m/s}$. 13. $m = m_3 - [(m_1 c_1 + \rho V c_2)(t_1 - \theta) - m_2 c_2 \theta] / \lambda \approx 23 \text{ g}$ (ρ — suvning

zichligi). 14. $M = \eta m r / (c t + \lambda) = 181 \text{ g}$ ($\eta = 0,500$). 15. $m'/m = [v^2 / \lambda - c(t_2 - t_1)] / r = 0,276$. 16. $v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2c\Delta T / \eta} \approx 195 \text{ m/s}$ ($\eta = 0,30$). 17. $\Delta T = kg / \cos \alpha / c$. 18. $N = \eta p V q p / s = 33 \text{ kW}$. 19. $s = \eta p V q / (mgk) \approx 585 \text{ km}$. 20. $\eta = p(V_b - V_s) / r = 0,0737$, $V_s = 1 \text{ l/kg}$ — suvning solishtirma hajmi. 21. $Q = mgl \sin \alpha - mv^2 / 2 \approx 95 \text{ J}$. 22. $\alpha = [m_2(1 + \beta t) - m_1] / (3m_1 t) \approx 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

II. 5

1. $p = \rho gh [(L - h)^2 - 4\Delta l^2] / [4\Delta l(L - h)] = 50 \text{ kPa}$. 2. $V_1 = (mR\Delta T / \mu - p_2\Delta V) / (p_2 - p_1) = 200 \text{ l}$; $T_1 = [\Delta T - \mu p_2\Delta V / (mR)] p_1 / (p_2 - p_1) = 200 \text{ K}$. 3. $m_1 = \mu_1 \frac{\mu - \mu_2}{\mu_1 - \mu_2} \cdot \frac{pV}{RT} = 5,5 \text{ g}$; $m_2 = \mu_2 \frac{\mu - \mu_1}{\mu_2 - \mu_1} \cdot \frac{pV}{RT} = 3,7 \text{ g}$. 4. $m = n(k - 1) \times M / (n - 1)$. 5. $\mu = mR\Delta T / (Q_p - Q_v) = 32 \text{ g/mol}$ (kislород). 6. $A = p_1 V_1 \ln(V_2 / V_1) \approx 2,6 \text{ kJ}$. 7. $\eta = 100 \text{ s} (t_2 - t_1) / [r + c(t_2 - t_1)] \% \approx 6,3\%$. 8. $0 = [m_k(r + ct_2) - m_m\lambda + (m_k + m_m)ct_1] / [(m_k + m_m + m_h)c] \approx 21^\circ\text{C}$. 9. $V = s(2s / t^2 + g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) / (\eta qp) = 0,10 \text{ l}$. 10. $Q = 3\sigma m / (rp) = 438 \text{ J}$; $\Delta t = 3\sigma / (r\rho c) = 0,104^\circ\text{C}$. 11. $T = 2gr\mu / (3R) \approx 2,0 \cdot 10^4 \text{ K}$. 12. $N_H / N_{He} = 2$. 13. $\Delta F = (\beta_k - 3\alpha_n)(t_2 - t_1)mg(\rho_{ок} / \rho_{оп}) / [1 + \beta_k(t_1 + t_2)] = 2,7 \text{ mN}$ (ortadi).

III. Elektr va magnetizm

III. 1

1. $r = \sqrt{kq_1q_2 / F} = 9,0 \text{ sm}$. 2. $E = F / q = 200 \text{ V/m}$. 3. $F = qE = 24 \text{ }\mu\text{N}$. 4. $\epsilon = r_2^2 / r_1^2 = 81$. 5. $q = \varphi D / (2k) = 100 \text{ nC}$. 6. $a = eE / m = 1,76 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$. 7. $q = A / (\varphi_2 - \varphi_1) = 10 \text{ }\mu\text{C}$. 8. $C = q / U = 20 \text{ pF}$. 9. $q = CU = 2,9 \text{ mC}$. 10. $W = q^2 / (2C) = 0,80 \text{ }\mu\text{J}$. 11. $q_2 / q_1 = C_2 / C_1 = 5000$. 12. $R = kC = 9,0 \cdot 10^9 \text{ }\Omega$. 13. $d = \epsilon_0 \epsilon S / C = 53 \text{ }\mu\text{m}$. 14. $N = It / e = 2,0 \cdot 10^5$. 15. $I = US / (\rho l) = 20 \text{ mA}$. 16. $I = \epsilon / (R + r) = 2,0 \text{ A}$; $U = IR = 10 \text{ V}$. 17. $I = \epsilon / (R + r) = 0,50 \text{ A}$; $U = IR = 4,0 \text{ V}$. 18. $A = qU = 288 \text{ J}$; $P = qU / t = 29 \text{ W}$; $R = Ut / q = 5,0 \text{ }\Omega$. 19. $t = m / (kI) = 50 = 50 \text{ min}$. 20. $B = F / (Il \sin \alpha) = 1,0 \text{ T}$. 21. $F = IB l \sin \alpha \approx 4,2 \text{ mN}$. 22. $F = e\nu B \sin \alpha = 0,32 \text{ pN}$. 23. $F_1 = \mu_0 I^2 / (2\pi r) = 1,0 \text{ mN/m}$. 24. $B = \Phi / S = 50 \text{ mT}$. 25. $\Phi = LI = 0,20 \text{ Wb}$. 26. $L = \Phi / I = 10 \text{ mH}$. 27. $\Delta\Phi / \Delta t = \epsilon / N = 60 \text{ mWb/s}$. 28. $\Delta I / \Delta t = \epsilon / L = 10 \text{ A/s}$. 29. $I = \sqrt{2W / L} = 2,0 \text{ A}$.

III. 2

1. $F_c / F_{gr} = ke^2 / (Gm^2) \approx 4,2 \cdot 10^{42}$. 2. $r' / r = \sqrt{n} = 2$ (2 marta orttirish kerak).
3. $N = r\sqrt{F/k}/e = 1,0 \cdot 10^{11}$. 4. $q_2 / q_1 = \sqrt{\varepsilon} = 9$ (9 marta orttirish lozim).
5. $r_1 / r_2 = \sqrt{\varepsilon} = 1,45$ marta kamaytirish kerak. 6. $r_2 = r_1 / \sqrt{\varepsilon_2}$. 7. $\varphi_1 = 2kq / r = 200$ V; $\varphi_2 = \varphi_1 / \varepsilon_2 = 95$ V. 8. $W_2 / W_1 = n^2 = 16$ (16 marta ortadi).
9. $U_2 / U_1 = \sqrt{n} = 3$. 10. $C = \pi D^2 \varepsilon \varepsilon_0 / (4d) = 584$ pF. 11. $U_2 / U_1 = C_1 / C_2 = 100$. 12. $\varepsilon = U_1 / U_2 = 8,0$. 13. $C = 4\pi \varepsilon_0 R = 708$ μ F; $\Delta\varphi = q / C = 1,4$ kV. 14. $q_m = \varepsilon \varepsilon_0 S U_m / d = 1,6$ μ C. 15. $m = m_e I t / e = 0,20$ mg. 16. $R_1 = R / 3 = 20$ Ω ; $R_2 = R / 2 = 30$ Ω ; $R_3 = 2R / 3 = 40$ Ω ; $R_4 = R = 60$ Ω ; $R_5 = 3R / 2 = 90$ Ω ; $R_6 = 2R = 120$ Ω ; $R_7 = 3R = 180$ Ω .
17. $I_{q1} = \varepsilon I / (\varepsilon - 1r) = 5,5$ A. 18. $I_{q1} = \varepsilon U / [(\varepsilon - U)R] = 0,30$ A. 19. $r = (\varepsilon - U) / I = 2,0$ Ω . 20. $R = (U_1 - U) / P = 6,23$ Ω . 21. $k = (M - M_0) / (It) = 0,30$ mg/C.
22. $W = Um / k = 24$ MJ. 23. $t = m / (kl) = 3,1$ sutka; $W = IUt = 15$ MW·soat.
24. $I = M / (BS \sin \alpha) = 5,0$ A. 25. $B = M_m / (ISN) = 50$ mT.

III. 3

1. $x = 1,25r$. 2. q_1 zaryaddan $x = r\sqrt{q_1} / (\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}) = 12$ sm masofada. 3. $F = \sqrt{3}kq^2 / a^2 = 50$ μ N. 4. $F = kq[q_1 / r_1^2 - q_2 / r_2^2] = 2,0$ mN. 5. $q = r\sqrt{mg/k} = 99$ nC. 6. $\sigma = 2\varepsilon_0 \varphi / D = 29,5$ nC/m². 7. $l = mv_1^2 / (2|e|E) = 2,37$ sm; $t = mv_1 / (|e|E) = 47,4$ ns. 8. $v_2 = \sqrt{v^2 + 2e(\varphi_1 - \varphi_2) / m} = 3000$ km/s. 9. $R = 16mp / (\pi^2 d^4 \rho_0) \approx 7,5$ Ω . 10. $t_2 = [R_2(1 + \alpha t_1) - R_1] / (\alpha R_1) \approx 71^\circ$ C. 11. $\eta = 100\Delta P / P\% = 100\alpha(t_1 - t_2) / (1 + \alpha t_2)\% = -11,4\%$. (11,4 % kamayadi).
12. $\varepsilon = I_1 I_2 (R_2 - R_1) / (I_1 - I_2) = 10$ V, $r = (I_2 R_2 - I_1 R_1) / (I_1 - I_2) = 5,0$ Ω . 13. $P_1 = U^2 / R_1 = 80$ W; $P_2 = U^2 / R_2 = 40$ W; $P'_1 = U^2 R_1 / (R_1 + R_2)^2 = 8,9$ W; $P'_2 = U^2 R_2 / (R_1 + R_2)^2 = 17,8$ W. 14. $P_1 = U^2 / R = 600$ W. $P_{k,k} = U^2 / (2R) = 300$ W; $P_{nrr} = 2U^2 / R = 1200$ W. 15. $R = [(\varepsilon^2 - 2Pr) \pm \sqrt{(\varepsilon^2 - 2Pr)^2 - 4P^2 r^2}] / (2P)$; $R_1 = 3,0$ Ω ; $R_2 = 1/3$ Ω . 16. $R = (U - \varepsilon) / I - r = 6,5$ Ω ; $U_1 = U - IR = 5,5$ V. 17. $I = (U_1 - U)RS / Up = 100$ m. 18. $A = IBlx \sin \alpha = 0,30$ J. 19. $B = \varepsilon(vl \sin \alpha) = 2,1$ T. 20. $A = IBlx \sin \alpha = 8,0$ mJ. 21. $N = \varepsilon \tau / (SB_2 - SB_1) = 100$. 22. $B = LI / (NS) = 2,0$ mT. 23. $W = \Phi I / 2 = 1,25$ J. 24. $I_0 = \sqrt{2\Delta W / (Ln^2 - L)} = 2,0$ A; $W_0 = \Delta W / (n^2 - 1) = 1,0$ J.

III. 4

1. $E = 3q / (2\pi\epsilon_0 a^2)$. 2. Katta zaryaddan $r_1 = \sqrt{q_2 a / (\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2})} = 3,0 \text{ sm}$ va kichik zaryaddan $r_2 = 1,0 \text{ sm}$ masofada. 3. $\sigma = q / (4\pi R^2) = 1,4 \text{ } \mu\text{C/m}^2$; $E_1 = 0$; $E_2 = kq / r_2^2 = 90 \text{ kV/m}$. 5. $N = mv^2 r / (2ke^2) = 9,9 \cdot 10^7$. 6. $C' / C = (1 + \epsilon) / 2$; $q' = q$; $U / U' = (1 + \epsilon) / 2$. 7. $W = \epsilon_0 S \Delta E' / 2 = 0,22 \text{ mJ}$; $\Delta W = \epsilon_0 S \Delta d E' / 2 = 0,44 \text{ mJ}$. 8. $\varphi = (C_1 \varphi_1 + C_2 \varphi_2) / (C_1 + C_2)$. 9. $U_1 = (\epsilon_1 + \epsilon_2) C_2 / (C_1 + C_2) = 17,5 \text{ kV}$; $U_2 = (\epsilon_1 + \epsilon_2) \cdot C_1 / (C_1 + C_2) = 7,5 \text{ kV}$. 10. $R_{1,2} = (I_2 \pm \sqrt{I_2^2 - 4I_1 I_2}) \times U / (2I_1 I_2)$; $R_1 = 30 \Omega$; $R_2 = 10 \Omega$. 11. $R = iNr / (I - iN)$; $R_1 = 49 \text{ m}\Omega$; $R_2 = 14,6 \text{ m}\Omega$. 12. $R = [U / (V_0 N) - 1] r$; $R_1 = 0,82 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 2,5 \text{ k}\Omega$. 13. $l = U^2 S \epsilon \eta / [\rho \rho_0 V c (t - t_0)] \approx 69 \text{ m}$. 14. $U_{1,2} = (\epsilon \pm \sqrt{\epsilon^2 - 4Pr}) / 2$; $U_1 = 9,0 \text{ V}$; $U_2 = 1,0 \text{ V}$. 15. $N = (\epsilon - U) U / (rP) = 4$. 16. $W = U \mu p V / (\eta R T k) = 130 \text{ kJ}$. 17. $v = Ber / m \approx 96 \text{ km/s}$. 18. $r = \sqrt{2mW_k / (Be)} \approx 5,8 \text{ sm}$.

III. 5

1. $\Delta q = (q_1 r_2 - q_2 r_1) / (r_1 + r_2) = 1,2 \text{ nC}$; $\varphi = k (q_1 + q_2) / (r_1 + r_2) = -72 \text{ V}$. 2. $\Delta q = (r_2 - r_1) q / (r_1 + r_2) = 2,2 \text{ nC}$ zaryad A dan B ga o'tadi; $\varphi_1 = \varphi_2 = 2qk / (r_1 + r_2) = 804 \text{ V}$; $q'_1 = 2q r_1 / (r_1 + r_2) = 4,5 \text{ nC}$; $q'_2 = 2q r_2 / (r_1 + r_2) = 8,9 \text{ nC}$. 3. $\epsilon = \sin^2(\alpha / 2) \operatorname{tg}(\alpha / 2) / [\sin^2(\beta / 2) \operatorname{tg}(\beta / 2)] \approx 1,73$. 4. $\varphi' = \varphi N^{2/3}$. 5. $q_1 = \epsilon C_1 (C_2 + C_3) / (C_1 + C_2 + C_3)$; $q_2 = \epsilon C_1 C_2 / (C_1 + C_2 + C_3)$; $q_3 = \epsilon C_1 C_3 / (C_1 + C_2 + C_3)$. 6. $E_1 = U \epsilon_2 / (\epsilon_1 d_2 + \epsilon_2 d_1) = 30 \text{ kV/m}$; $E_2 = U \epsilon_1 / (\epsilon_1 d_2 + \epsilon_2 d_1) = 90 \text{ kV/m}$; $U_1 = E_1 d_1 = 300 \text{ V}$; $U_2 = E_2 d_2 = 1,8 \text{ kV}$. 7. $F = \epsilon_0 S U^2 / (2d^2) = 1,23 \text{ mN}$. 8. $I = qv / (2d_0)$. 9. $r = (I_1 P_2 - I_2 P_1) / [I_1 I_2 (I_1 - I_2)] = 0,20 \Omega$; $\epsilon = (I_1^2 P_2 - I_2^2 P_1) / [I_1 I_2 (I_1 - I_2)] = 12 \text{ V}$. 10. $P = \epsilon^2 / (\sqrt{R_1 + R_2} + \sqrt{R_1})^2 = 25 \text{ W}$. 11. $m = 4\rho_0 \rho L^2 P / [U(\epsilon - U) - rP] \approx 15 \text{ kg}$. 12. $\tau_{kk} = \tau_1 + \tau_2 = 45 \text{ min}$; $\tau_{\text{par}} = \frac{\tau_1 \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} = 10 \text{ min}$. 13. $R_1 / R_2 = \epsilon_1 / \epsilon_2$. 14. $F_{\text{max}} = 16\pi\epsilon_0 W_k^2 / q^2 = 444 \text{ N}$. 15. $I_{\text{max}} = \mu mg / (lB) = 13,6 \text{ A}$. 16. $\varphi_1 - \varphi_2 = a l B / (enS)$, e — elektron zaryadi.

IV. Mexanik tebranishlar va to'liqlar. Elektr tebranishlar va to'liqlar

IV.1

1. $T = \frac{1}{N} = 0,2 \text{ s}$. 2. $\nu = \frac{N}{t} = 5 \text{ Hz}$. 3. $x = 0,1 \sin(2\pi t + 0,2\pi)$. 4. $x = 0,05 \sin(\pi t + 0,3\pi)$. 5. O'zgarmaydi. 6. O'zgarmaydi. 7. $x = 0,1 \text{ m}$. 8. $v = 0$.
9. $a = -0,1\pi^2 \sin \pi(t + 0,5) = 1 \text{ m/s}^2$. 10. $k = 4\pi^2 \nu^2 m = 800 \text{ N/m}$. 11. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 4 \text{ s}$. 12. $l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = 0,25 \text{ m}$. 13. $x = A \sin \varphi = 0,1 \text{ m}$. 14. $v = \frac{\lambda}{T} = 2 \text{ m/s}$. 15. $T = \frac{\lambda}{v} = 2,4 \text{ s}$. 16. $t = \frac{s}{v} = 4 \text{ s}$. 17. $\lambda = \frac{v}{\nu} = 0,175 \text{ m}$. 18. $\nu = \frac{\lambda}{T} = 1450 \text{ m/s}$. 19. $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,1 \text{ s}$; $\lambda = vT = 35 \text{ m}$. 20. $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} = 1,57$.
21. $T = 2\pi \sqrt{LC} = 0,25 \text{ } \mu\text{s}$. 22. $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,02 \text{ s}$; $\nu = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz}$. 23. $\omega = \frac{60\nu}{N} = 300 \text{ ayl/min}$. 24. $U_0 = \sqrt{2}U = 120\sqrt{2} \text{ V}$. 25. $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 20 \text{ A}$. 26. $R_C = \frac{1}{2\pi\nu C} = 0,160 \text{ m}$. 27. $L = 2\pi\nu L = 2,5 \text{ k}\Omega$. 28. $Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2} = 5\Omega$. 29. $U = \sqrt{R_{0R}^2 + (U_{0L} - U_{0C})^2} = 130 \text{ V}$. 30. $I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = 25 \text{ A}$.
31. $\cos \varphi = \frac{P}{IU} = 0,5$. 32. $C = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 L} = 2,6 \mu\text{F}$. 33. $N_2 = \frac{U_2}{U_1} N_1 = 1000$. 34. $T = \frac{\lambda}{c} = 1,5 \mu\text{s}$. 35. $s = \frac{ct}{2} = 3,75 \cdot 10^8 \text{ m}$.

IV.2

1. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. 2. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. 3. $N = \nu t = 6 \cdot 10^5$. 4. $\omega = 4\pi \text{ rad/s}$, $\nu = 2 \text{ Hz}$. 5. $k = 4\pi^2 \frac{N^2}{t^2} m = 144 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. 6. $\frac{l_1}{l_2} = 16$. 7. $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}} = 2$. 8. $\frac{T_{oy}}{T_{yer}} = \sqrt{\frac{g}{g_{oy}}} = 2,45$.
9. $l^* = \frac{gT^2}{4\pi^2} = 10 \text{ m}$. 10. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l^*}{g}} = 2,1 \text{ s}$. 11. $F = P \sin \alpha = 0,25 \text{ N}$. 12. $g = \frac{4\pi^2 l N^2}{t^2} = 9,66 \text{ m/s}^2$. 13. $s = 4NA = 0,4 \text{ m}$. 14. $\nu = \frac{\lambda N}{l} = 3,4 \text{ m/s}$. 15. $\lambda = \frac{l}{1,5} = 16 \text{ sm}$. 16. $\lambda_1 = \frac{v}{\nu_1} = 5 \text{ m}$, $\lambda_2 = \frac{v}{\nu_2} = 0,25 \text{ m}$. 17. $\nu_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \nu_1$. 18. $\lambda = \frac{v}{\nu} = 5 \text{ m}$. 19. $\lambda = 2l = 0,2 \text{ m}$. 20. $\nu_{\max} = 2\pi\nu A \approx 0,38 \text{ m/s}$. 21. $I_0 = q_0\omega = 2 \text{ A}$. 22. $i = 0,134 \cos 10^8 \pi t$. 23. $N = \frac{E_0}{BC\omega} = 700$. 24. $L = \frac{U}{2\pi\nu I} = 0,1 \text{ H}$. 25. $I_0 = \sqrt{2} \frac{U}{R} = 4\sqrt{2} \text{ A}$. 26. $\varphi = \arctg \frac{R_C}{R} = 58^\circ$. 27. $Z = 2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C} = 550 \text{ k}\Omega$. 28. $I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}} = 10 \text{ A}$. 29. $Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + (\frac{1}{R_C} - \frac{1}{R_L})^2}} \approx$

$$\approx 32 \Omega. \quad 30. \quad S_2 = \frac{P}{jU_2} = 2 \text{ mm}^2. \quad 31. \quad s = \frac{ct}{2N} = 150 \text{ km}. \quad 32. \quad \lambda = 2\pi c \sqrt{LC} = 110 \text{ m}.$$

IV.3

$$\begin{aligned} 1. \quad \frac{T_0}{T} = \frac{R}{R+h} = 0.998, \Delta t = 270 \text{ s}. \quad 2. \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g^2 + a^2}}. \quad 3. \quad x = \frac{\sqrt{3}}{2} A. \quad 4. \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{mX}{F}} \approx 0.63 \text{ s}. \quad 5. \quad l_1 = 1 \text{ m}, l_2 = 0.64 \text{ m}. \quad 6. \quad \text{Orqada qoladi.} \quad 7. \quad \text{Oradi.} \\ 8. \quad a = 3g. \quad 9. \quad F = 2\pi \sqrt{(mg)^2 - F_f^2} = 0.15 \text{ N}. \quad 10. \quad v = \sqrt{2gh} = 0.71 \text{ m/s}. \quad 11. \\ v = \frac{s}{T} = 12.5 \text{ m/s}. \quad 12. \quad F_b = 50.4 \text{ kN}. \quad 13. \quad A = \frac{\mu g}{4\pi^2 \nu^2} = 0.4 \text{ m}. \quad 14. \quad \text{a) Interferen-} \\ \text{siya, maksimum; b) interferensiya, minimum.} \quad 15. \quad \Delta\varphi = \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{vT} = 2\pi. \quad 16. \\ \Delta t = s \frac{v_2 - v_1}{v_1 v_2} = 59 \text{ s}. \quad 17. \quad N = \nu T = 100. \quad 18. \quad v = \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\Delta\varphi T} = 4000 \text{ m/s}. \quad 19. \\ x = 0. \quad 20. \quad \nu = \frac{1}{hd} \sqrt{\frac{F}{\pi\phi}} = 4 \text{ Hz}. \quad 21. \quad Q = \frac{3}{8} CU^2 = 0.6 \text{ J}. \quad 22. \quad Q = \frac{U_0^2}{2R} = 26.4 \text{ J}. \\ 23. \quad P = \frac{I_0 U_0}{2} \cos\varphi = 1.52 \text{ kW}. \quad 24. \quad I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R} = 11 \text{ A}, \quad U_C = U_L = IR_C = 11 \text{ kV}. \\ 25. \quad N = \frac{\nu I}{N'} = 4. \end{aligned}$$

IV.4

$$\begin{aligned} 1. \quad \frac{T_0}{T} = \frac{R-h}{R}, \Delta t = 13.5 \text{ s}. \quad 2. \quad T \approx 1.71 \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad 3. \quad \Delta t = 72 \text{ s}. \quad 4. \quad \text{Kamayadi.} \quad 5. \quad \text{O'zgar-} \\ \text{maydi.} \quad 6. \quad v = \sqrt{2gk(1 - \cos\alpha)} = 1.15 \text{ m/s}. \quad 7. \quad F_T = 2mg = 4 \text{ N}. \quad 8. \quad t = 2 \text{ s}. \quad 9. \quad t = 1 \text{ s}. \\ 10. \quad \frac{x^2}{16} + \frac{y^2}{9} = 1. \quad 11. \quad T = 2\pi \frac{M+m}{mv} A = 1.26 \text{ s}. \quad 12. \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{k_1 + k_2}{\sqrt{k_1 k_2}}. \quad 13. \quad d_1 = 2.5 \text{ sm}, \\ d_2 = 5 \text{ sm}. \quad 14. \quad v = 100 \text{ m/s}. \quad 15. \quad \frac{W_2}{W_1} = 10^6. \quad 16. \quad F_2 = 4F_1. \quad 17. \quad \nu_n = \frac{2n+1}{4} + \frac{v}{l}, \\ l_n = \frac{2n+1}{4} \frac{v}{\nu}; \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad l_0 = 25 \text{ sm}, \quad l_1 = 75 \text{ sm}. \quad 18. \quad s = \frac{dc}{v} = 10 \text{ km}. \quad 19. \\ \nu = \frac{v}{\lambda} = 175 \text{ Hz}. \quad 20. \quad i = 12 \sin(314t + 30^\circ). \quad 21. \quad Z_2 = 9.9 \Omega. \quad 22. \quad R = \frac{\omega L}{\sqrt{2}} = 320 \Omega. \quad 23. \quad \eta \approx 0.97. \end{aligned}$$

IV.5

$$\begin{aligned} 1. \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 m_2}{k(m_1 + m_2)}}. \quad 2. \quad T_1 = T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 m_2}{k(m_1 + m_2)}}. \quad 3. \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2\rho g S}} = 1.54 \text{ s}. \\ 4. \quad x = \frac{A}{\sqrt{2}}. \quad 5. \quad \varphi = \frac{\pi}{4}. \quad 6. \quad A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = 0.05 \text{ m}. \quad 7. \quad x = 2A \cos(\omega t + \frac{\pi}{4}). \end{aligned}$$

$$8. x^2 + y^2 = A^2. \quad 9. a) \quad T \approx 0,09 \text{ s}; \quad b) \quad A = 0,1 \text{ sm}; \quad d) \quad x = 0,001 \cos 70t. \quad 10.$$

$$T = 2\rho \sqrt{m \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)}. \quad 11. a) \quad T = 0,21 \text{ s}; \quad b) \quad A = 0,05 \text{ m}; \quad d) \quad x = 0,05 \sin(30t + 0,92).$$

$$12. \quad t \approx 6,6 \text{ ns}. \quad 13. \quad \lambda = 21\sqrt{\epsilon} = 1,5 \text{ m}.$$

V. Optika

V. 1

$$1. \quad v_1 = c/n_1 = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s}; \quad v_2 = c/n_2 = 1,88 \cdot 10^8 \text{ m/s}. \quad 2. \quad \alpha = \varphi/2 = 35^\circ. \quad 3. \quad \beta = \arcsin(n_1 \sin \alpha/n_2) = 28,5^\circ. \quad 4. \quad n = 1/\sin \alpha_{\text{ch}} = 34^\circ. \quad 5. \quad D_1 = 1/F_1 = 5,0 \text{ D}; \quad D_2 = 1/F_2 = -10 \text{ D}. \quad 6. \quad t = l/c = 500 \text{ s}. \quad 7. \quad v = v\lambda = 2,24 \cdot 10^8 \text{ m/s}. \quad 8. \quad v_1 = c/\lambda_1 = 395 \text{ THz}; \quad v_2 = c/\lambda_2 = 750 \text{ THz}. \quad 9. \quad N = v/c = 2,0 \cdot 10^6. \quad 10. \quad \lambda_0 = n\lambda = 612 \text{ nm}. \quad 11. \quad \lambda = \lambda_0/n = 526 \text{ nm}; \text{ qizil}. \quad 12. \quad \Delta\varphi = 2\pi\Delta L/\lambda = \pi/2 \text{ rad}. \quad 13. \quad \varphi = \arcsin(kl/d) = 3^\circ 9'. \quad 14. \quad U = h\nu/e \approx 41 \text{ kV}. \quad 15. \quad \lambda = hc/E; \quad \lambda_1 = 9,9 \text{ nm}, \text{ rentgen nuri}; \quad \lambda_2 = 500 \text{ nm}, \text{ yorug'lik nuri}; \quad \lambda_3 = 6,6 \text{ mm}, \text{ radioto'lqin}. \quad 16. \quad p = E/c = 2,0 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}. \quad 17. \quad E_k = h\nu - A = 1,7 \text{ eV}. \quad 18. \quad \lambda_0 = hc/A = 0,30 \mu\text{m} < \lambda, \text{ ro'y bermaydi}.$$

V. 2

$$1. \text{ Odam bo'yining yarmiga teng}. \quad 2. \quad \alpha_2 = \arcsin(n_2 \sin \alpha_1/n_1) = 50,6^\circ. \quad 3. \quad \varphi = \alpha - \arcsin(\sin \alpha/n) = 18,8^\circ. \quad 4. \quad \alpha = 2\arccos(n/2) \approx 73,7^\circ. \quad 5. \quad A = \arcsin(1/n) = 38,7^\circ. \quad 6. \quad n = 1 + R/(2F) = 1,5. \quad 7. \quad F_h = F_{\text{sh}} n_s (n_{\text{sh}} - 1)/(1 - n_s) = -80,6 \text{ sm}. \quad 8. \quad F_2/F_1 = n_s(n_k - 1)/(n_k - n_s) = 3,42 \quad (3,42 \text{ marta ortadi}). \quad 9. \quad b = a/(aD - 1) = 50 \text{ sm}; \quad \Gamma = b/a = 4. \text{ Haqiqiy va 4 marta kattalashgan}. \quad 10. \quad k = (a - F)/F = 3 \quad (3 \text{ marta kichik}). \quad 11. \quad b = aF/(a - F) = 0,8F; \quad \Gamma = b/a = F/(a - F) = -0,2 \quad (5 \text{ marta}). \quad 12. \quad a = (100 + \epsilon)F/\epsilon = 101F. \quad 13. \quad d_{\min} = \lambda/(4n) = 100 \text{ nm}. \quad 14. \quad \alpha = \arccos(E_i \cos \alpha_0/E_s) = 60^\circ. \quad 15. \quad E_2/E_1 = (I_2/I_1) \times (\epsilon_1^2/\epsilon_2^2) = 3 \quad (3 \text{ marta ortadi}). \quad 16. \quad E = \hbar h / (h^2 + l^2)^{3/2} = 121 \text{ x}. \quad 17. \quad \bar{\lambda} = Nh\epsilon(tP) = 0,99 \mu\text{m}.$$

V.3

$$1. \quad H = h[l + \Delta L/(l_2 - l_1)] = 3,9 \text{ m}. \quad 2. \quad d = \pi\phi/(180 \cdot 60) = 4,7 \text{ mm}. \quad 3. \quad \alpha = \arctg[n \sin \varphi/(n \cos \varphi - 1)] \approx 36,7^\circ. \quad 4. \quad l = h \left(\operatorname{tg} \alpha - \sin \alpha / \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \right) = 14,9 \text{ sm}.$$

5. $\alpha = \arctg n = 58,0^\circ$. 6. $\Delta\beta = \arcsin(\sin \alpha / n_2) - \arcsin(\sin \alpha / n_1) = 1,0^\circ$. 7. $\theta = \arccos(ncos\phi) = 48,3^\circ$. 8. $a_{1,2} = l/2 \pm \sqrt{l^2/4 - Fl}$; $a_1 = 60$ sm; $a_2 = 30$ sm (ekrandan 30 yoki 60 sm masofada). 9. $t = sL/(vF) = 1,0$ ms. 10. $u = vF/(a-F) = 4,0$ m/s. 11. $F = F/(a-F)$ ($F < 0$ bo'lsa, tasvir mavhum). 12. $D = (f-1)/(af) = -7,5$ D. 13. $a = (1+k)F = 50$ sm. 14. $x_r = l\lambda/d = 2,4$ mm. 15. $\lambda = d\Delta x/l = 0,60$ μ m. 16. Yo'q. 17. $\Delta x = kl(\lambda_2 - \lambda_1)/d = 11,4$ sm. 18. $\lambda = xd/(kF) = 0,50$ μ m. 19. $d = 2kl\lambda/L = 10$. 20. $\lambda = \sin(\Delta\phi/2)/(kn) = 581$ nm. 21. $k_{\max} = [1/(n\lambda)] = 4$, bu yerda $|x| \rightarrow x$ ning butun qismi. 22. $E = E_0/(1 + R^2/H^2)^{3/2} \approx \sqrt{2}E_0/4 = 0,354E_0$. 23. $E = \hbar\omega/\left[h_1^2 + (l-l_1)^2\right]^{3/2} + \hbar\omega_2/\left[h_2^2 + l_2^2\right]^{1/2} = 44$ lx. 24. $E = hc/\lambda$; $m = h/(\lambda c)$. a) 1,88 eV, $3,35 \cdot 10^{-36}$ kg; b) 12,4 keV, $2,21 \cdot 10^{-32}$ kg; d) 1,24 MeV, $2,21 \cdot 10^{-30}$ kg. 25. $\lambda = 10^6 \hbar c/[eU(\text{kV})](\text{nm}) = 62$ pm. 26. $n = P\lambda/(\hbar c)$; $n_1 = 53$ s $^{-1}$; $n_2 = 5,0 \times 10^{13}$ s $^{-1}$. 27. $n = P\lambda/(4\pi r^2 \hbar c^2) = 2,0 \cdot 10^{10}$ m $^{-3}$.

V. 4

1. $\beta = \arcsin\{n\sin[\theta - \arcsin(\sin\alpha/n)]\} = 56,4^\circ$. 2. $\theta = \pi + 2\alpha + 4\arcsin \times \times (\sin\alpha/n)$. 3. $x = l + h/n = 18$ sm. 4. $n \leq 2$ da $F = Rn/[2(n-1)]$; $n > 2$ da $F = R/(n-1)$. 5. $F = ab/(a+b) = [(l-e)/2] \cdot [(l+e)/2]/l = (l^2 - e^2)/(4l)$. 6. $l = 2F + \sqrt{4F^2 + e^2} = 100$ sm. 7. $b + F_2 < d < b$, $b = aF_1/(a - F_1) = 30$ sm; 14 sm $< d < 30$ sm. 8. $\Delta b = (n-1)h/\left\{\left[an - (n-1)h\right]D - n\right\}(aD - 1)\} = 48$ sm (linzadan 48 sm uzoqlashadi). 9. $E_2/E_1 = (k_1+1)^2/(k_2+1)^2 = 4$. 10. $k_2 = nk_1/[(n-1)k_1 + 1] = 1,6$. 11. $k = F_{\text{ob}}(d + F_{\text{ok}})/[(a - F_{\text{ob}})F_{\text{ok}}] = 180$. 12. $f = D/d$. 13. $d = (r-r')(r+r')/(2R) = 1,8$ μ m; $\lambda = r^2/(Rn) = 0,40$ μ m. 14. $F = dl/(a + l \pm a\sqrt{k})$; $F_1 = 12$ sm; $F_2 = 60$ sm. 15. $E = \pi D^2 I/(4a^2 S) = 78$ lx. 16. $I_{\max} = I/h^2 = 50$ lx (markazida); $I_{\min} = \hbar\omega/(h^2 + a^2/4 + b^2/4)^{3/2} = 22$ lx.

V. 5

1. $h = H \sin(\beta + \alpha)/\sin(\beta - \alpha)$. 2. $N = k - 1$. 3. $k = (1-p)/(1+p)$. 4. $l = \hbar g \alpha + H \sin \alpha / \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = 1,1$ m. 5. $h = H \sin \alpha \cdot \left(1 - \cos \alpha / \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}\right) = 1,1$ sm. 6. a) $\delta = \arcsin(ns \sin \theta) - \theta = 13,2^\circ$; b) $\delta = \theta = 20^\circ$. 7. $\alpha = 90(H + h)/[\pi(n-1)l] \times$

$$\begin{aligned} \times(^{\circ}) &= 3,0^{\circ}. \quad 8. \quad n = \sqrt{(1 - \cos \theta \sin \alpha)^2 / \sin^2 \theta + \sin^2 \alpha} \approx 1,24. \quad 9. \quad F' = 2F_1F_2 / (F_2 + \\ &+ 1,33F_1); \quad F'' = 2,66F_1F_2 / (F_2 + 1,33F_1). \quad 10. \quad D = (h_1 - h_2) / (h_1a_1 - h_2a_2) \quad 11. \\ D' &= D / [(1 + sD - s/b) \cdot (1 - s/b)] = 2,5D. \quad 12. \quad a' = a / (1 - aD) = 50 \text{ sm}. \quad 13. \\ R &= ak / (k - 1) = 6,0 \text{ m}. \quad 14. \quad F_2 = F_1d / (\sqrt{k}D) = 10 \text{ mm}. \quad 15. \quad F = \sqrt{k}al / (\sqrt{k}l - a) = \\ &= -60 \text{ sm}. \quad 16. \quad E = \pi D^2 \Phi / (16F^2). \quad 17. \quad \bar{E} = 2E_0 \left(1 - H / \sqrt{H^2 + R^2} \right) \times \\ &\times H^2 / R^2 = (2 - \sqrt{2})E_0 = 0,586 E_0. \end{aligned}$$

VI. Nisbiylik nazariyasi asoslari. Atom va yadro fizikasi

VI. 1

$$\begin{aligned} 1. \quad v_{12} &= (v_1 + v_2) / (1 + v_1v_2/c^2) \approx 0,93c. \quad 2. \quad l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = 0,80 \text{ m} \quad 3. \quad \tau / \tau_0 = \\ &= 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \approx 5,0. \quad 4. \quad \tau_0 = \tau \sqrt{1 - v^2/c^2} = 47,2 \text{ yil}. \quad 5. \quad m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \approx \\ &\approx 1,67 \text{ m.a.b.} \quad 6. \quad \lambda = hc / E = 486 \text{ nm}. \quad 7. \quad \nu = E/h = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}. \quad 8. \\ \lambda &= hc / \Delta E = 0,25 \text{ }\mu\text{m}. \quad 9. \quad 2p + 2n; 3p + 3n; 11p + 12n; 26p + 28n; 92p + 146n. \quad 10. \\ {}^{14}_7\text{N}; {}^{122}_{51}\text{Sb}; {}^{256}_{101}\text{Md}. \quad 11. \quad 9p + 10n; 47p + 60n; 96p + 151n; 101p + 156n. \quad 12. \\ 10p + 10n; 10p + 11n; 10p + 12n. \text{ Atom massasi } \sim 4 \text{ m.a.b. ga, element nomeri} \\ \text{esa 2 ga kamayadi.} \quad 14. \text{ a) } A \text{ va } Z \text{ 1 ga kamayadi; b) } Z \text{ o'zgarmaydi, } A \text{ 1 ga kamayadi.} \\ 15. \quad A \text{ va } Z \text{ o'zgarmaydi, m } \gamma\text{-kvantning massasi qadar kamayadi.} \\ 16. \quad \tau = T / \ln 2 = 11,5 \text{ sutka.} \quad 17. \quad T = \tau \ln 2 = 5,09 \text{ yil.} \quad 18. \quad T = t / \log_2 n = 4,0 \text{ sutka.} \quad 19. \\ \beta^- \text{ - yemirilish.} \quad 20. \quad \alpha \text{ - yemirilish.} \quad 21. \quad {}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}; \quad {}^{209}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{209}_{83}\text{Bi} + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e. \quad 22. \\ {}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{54}_{25}\text{Mn} + {}^4_2\text{He}; \quad {}^{54}_{26}\text{Fe} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{54}_{25}\text{Mn} + {}^1_1\text{H}. \quad 23. \quad {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}; \\ {}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e. \quad 24. \quad {}^3_2\text{He}; {}^{25}_{12}\text{Mg}. \quad 25. \quad \alpha \text{ - zarra; proton; neytron.} \quad 26. \\ {}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{260}_{104}\text{Ku} + 4{}^1_0\text{n}. \quad 27. \quad {}^{253}_{99}\text{Es} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0\text{n}. \quad 28. \quad {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}. \\ 29. \quad {}^{11}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}. \quad 30. \quad {}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^1_1\text{H}. \quad 31. \quad \alpha \text{ - zarralar; } \\ {}^{11}_5\text{B} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{12}_6\text{C}. \quad 32. \quad \text{Pozitron.} \quad 33. \quad \text{Pozitron; } {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_1\text{H} + {}^0_{+1}e + \nu_e. \quad 34. \\ 4{}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^0_{+1}e + 2\nu_e. \quad 35. \quad {}^{85}_{37}\text{Rb}. \quad 36. \quad {}^{88}_{38}\text{Sr}. \quad 37. \quad \beta \text{ -zarralarni va } \gamma\text{-kvantlarni.} \end{aligned}$$

VI. 2

$$1. \quad \text{a) } (v_1 + v_2) / (1 + v_1v_2/c^2) = 0,96c; \quad \text{b) } (v_1 - v_2) / (1 + v_1v_2/c^2) = 0. \quad 2.$$

$v = c\sqrt{1-1/n^2} = 0,866 c$. 3. $v = c\sqrt{1-1/n^2} = 0,943 c$. 4. $\Delta m = m_0 \times$
 $\times \left(1/\sqrt{1-v^2/c^2} - 1\right) = 5,2 \text{ m. a. b.}$ 5. $\Delta m/t = N/c^2 = 4,26 \cdot 10^9 \text{ kg/s.}$ 6. Bir kar-
 rali va ikki karrali ionlanish, chunki kvant energiyasi $E = hc/\lambda < 50 \text{ eV.}$ 7.
 $T = 4\pi^2 m r_1^2 / h = 1,52 \cdot 10^{-16} \text{ s; } \omega = h/(2\pi m r_1^2) = 4,13 \cdot 10^{16} \text{ rad/s.}$ 8. $\Delta E_{nm} =$
 $= E_n(1/m' - 1/n'); \Delta E_{11} = 12,1 \text{ eV; } \Delta E_{42} = -2,55 \text{ eV.}$ 9. $r = qq_0/(2\pi\epsilon_0 m v^2) =$
 $= 3,1 \cdot 10^{-14} \text{ m.}$ 10. $\lambda_{mn}/\lambda_{kl} = (n^2 m^2/k^2 l^2)(k^2 - l^2)/(m^2 - n^2); \lambda_{22}/\lambda_{21} = 5,4.$
 11. $v = BeR/m = 6,0 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$ 12. Neytron; ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^0_1e + \bar{\nu}_e.$ 13. ${}^{63}_{30}\text{Zn; } {}^{62}_{30}\text{Zn;}$
 ${}^{62}_{29}\text{Cu.}$ 14. ${}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^1_0n \rightarrow {}^{56}_{25}\text{Mn} + {}^1_1\text{H; } {}^{56}_{25}\text{Mn} \rightarrow {}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e.$ 15. ${}^{24}_{11}\text{Na;}$
 ${}^{25}_{12}\text{Mg; } {}^1_1\text{H; } {}^1_0n.$ 16. $\eta = 2^{-t/T} \cdot 100\% = 83,5\%.$ 17. $1,513 \cdot 10^{-29} \text{ kg; } 6,996 \cdot 10^{-29} \text{ kg.}$
 18. 2,224 MeV; 28,30 MeV; 342,05 MeV. 19. 8,682 MeV. 20. 15,03 MeV. 21. 1)
 4,004 MeV energiya ajraladi; 2) 2,792 MeV energiya yutiladi. 22. -1,193 MeV,
 ya'ni energiya yutiladi. 23. 2,792 MeV. 24. 22,38 MeV. 25. 17,59 MeV. 26.
 $\Delta E = \eta m_p c^2 = 3,01 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 188 \text{ MeV.}$ 27. Zarrachalar yo'lida hosil bo'lgan
 tomchilar tezda bug'lanib ketadi. 28. Sanagich kosmik nurlarni qayd qiladi. 29.
 $N = W\lambda/hc = 2,4 \cdot 10^6.$ 30. Portlovchi moddaning har bir bo'lagining massasi
 kritik massadan kichik bo'lishi kerak. Bombaning quvvati bu bo'laklar soni bilan
 aniqlanadi.

VI. 3

1. $v = c\sqrt{n^2-1}/n = 0,968 c.$ 2. $m/m_0 = (W + E_0)/E_0 = 82.$ 3. $m/m_0 = (W +$
 $+ E_0)/E_0 \approx 11700; m = m_0 W/E_0 \approx 6,44 \text{ m. a. b.}$ 4. $E_{13} = E_1(1/3^2 - 1) =$
 $= 12,09 \text{ eV; } E_{21} = E_1(1/3^2 - 1/2^2) = 1,89 \text{ eV; } E_{21} = E_1(1/2^2 - 1) = 10,20 \text{ eV.}$ 5.
 $r_n = n^2 h^2 \epsilon_0 / (\pi m e^2) = 0,529 n^2 \text{ \AA; } r_1 = 0,529 \text{ \AA; } r_2 = 2,12 \text{ \AA; } r_3 = 4,76 \text{ \AA;}$
 $v_n = v_1/n; v_1 = h/(2\pi m r_1) = 2,19 \cdot 10^6 \text{ m/s; } v_2 = 1,09 \cdot 10^6 \text{ m/s; } v_3 = 0,729 \times$
 $\times 10^6 \text{ m/s.}$ 6. $T = n^2 h^2 / (8\pi^2 m r_1^2) = 13,6 \text{ eV; } \Pi = -e/(4\pi\epsilon_0 r_n) = -27,2 \text{ eV;}$
 $E = T + \Pi = -13,6 \text{ eV.}$ 7. $\Delta T = -\Delta E = h\lambda/c = 2,55 \text{ eV (ortadi).}$ 8. Ikkinchi;
 birinchi; uchinchi va undan yuqori orbitalarga o'tadi. 9. $\eta_1 = (A_2 - A)/(A_2 - A_1) \times$
 $\times 100\% = 75\%; \eta_2 = (A - A_1)/(A_2 - A_1) \cdot 100\% = 25\%.$ 10. $T = mv^2/2 = 4,7 \text{ MeV;}$
 $t = 2s/v = 4,4 \text{ ns; } a = v/t = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2.$ 11. $\eta = (1 - 2^{-t/T}) \cdot 100\% = 29,3\%.$ 12.
 $t = \tau \ln \frac{100}{100-\eta} = 3,0 \text{ \mu s.}$ 13. $m_{\text{He}} = \eta m/(100N) = 6,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$ 14. $N = CU/e =$
 $= 3,1 \cdot 10^9.$ 15. $\Delta E = (m_p + m_n - M + m_e) \cdot 931,5 \text{ MeV} = 2,224 \text{ MeV.}$ 16. $\Delta E =$
 $= (Zm_p + Nm_n - M + Zm_e) \cdot 931,5 \text{ MeV} = 224,9 \text{ MeV.}$ 17. 5,606 MeV/nuklon;
 7,976 MeV/nuklon. 18. 5,332 MeV/nuklon; 7,476 MeV/nuklon. 19.
 2,792 MeV. 20. $Q = (m/\mu)N_A W = 82 \text{ GJ; } m_k = Q/q = 2,8 \text{ t.}$ 21. $T_1 =$

$$\begin{aligned}
 &= \eta W \mu_2 / (\mu_1 + \mu_2) = 64 \text{ MeV}; \quad T_2 = \eta W \mu_1 / (\mu_1 + \mu_2) = 104 \text{ MeV}. \quad 22. \quad N = \\
 &= \eta W m N_A / (t \mu) = 52 \text{ MW}. \quad 23. \quad Q = (m / \mu) N_A \eta W = 8,2 \cdot 10^{12} \text{ J}. \quad 24. \quad P = \\
 &= m N_A \eta W / (\mu t) = 8,2 \cdot 10^{18} \text{ W}. \quad 25. \quad \nu = m_0 c^2 / (2h) = 1,63 \cdot 10^{22} \text{ Hz}. \quad 26. \quad \lambda = \\
 &= h / (mc) = 2,42 \cdot 10^{-12} \text{ m}. \quad 27. \quad T = E / 2 - mc^2 = 0,99 \text{ MeV}. \quad 28. \quad E = m_0 c^2 + \\
 &+ T = 0,75 \text{ MeV}; \quad \lambda = hc / E = 1,65 \cdot 10^{-12} \text{ m}.
 \end{aligned}$$

VI. 4

$$\begin{aligned}
 1. \quad T_n &= h^2 / (8\pi^2 m r_1^2 n^2); \quad T_1 = 13,6 \text{ eV}; \quad T_2 = 3,40 \text{ eV}; \quad T_3 = 1,51 \text{ eV}. \quad 2. \quad R = \\
 &= v / (1/2^2 - 1/3^2) = 7,2v = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}. \quad 3. \quad \lambda_m = \frac{5}{9} \frac{(2+m)^2}{m(4+m)} \lambda_1, \quad m=2; 3; 4; \dots; \\
 \lambda_2 &= 486 \text{ nm}; \quad \lambda_3 = 434 \text{ nm}; \quad \lambda_4 = 410 \text{ nm}. \quad 4. \quad \lambda = c / R = 91,13 \text{ nm}; \quad v = \sqrt{2hR/m_e} = \\
 &= 2188 \text{ km/s}. \quad 5. \quad \lambda_1 = 7,2c / R = 656,1 \text{ nm}; \quad \lambda_\infty = 4c / R = 364,5 \text{ nm}. \quad 6. \quad {}^2_1\text{H} + \\
 &+ {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}; \quad W = 17,59 \text{ MeV}; \quad Q = (m / \mu) N_A W = 674 \text{ GJ}. \quad 7. \quad W = \\
 &= \Delta mc^2 - T = 3,76 \text{ MeV}. \quad 8. \quad E = 2,224 \text{ MeV}. \quad 9. \quad {}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{226}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}; \text{ impulslar} \\
 &\text{modul jihatdan teng, yo'nalishi qarama-qarshi}; \quad T_\alpha / T_{\text{Rn}} = m_{\text{Rn}} / m_\alpha = 55,5. \quad 10.
 \end{aligned}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2Tm_2}{m_1(m_1 + m_2)}} = \sqrt{\frac{2TA_2}{A_1(A_1 + A_2)m_b}} = 9,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

VI. 5

$$\begin{aligned}
 1. \quad T &= m_0 c^2 \left(1 / \sqrt{1 - v^2 / c^2} - 1 \right) = 0,128 \text{ MeV}. \quad 2. \quad d = \rho_1 d_1 / \rho = 0,050 \text{ mm}. \quad 3. \\
 {}^{137}_{55}\text{Cs} &\rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e} + \gamma; \quad \nu = E_\gamma / h = 1,6 \cdot 10^{20} \text{ Hz}; \quad v = c \sqrt{E_\beta (E_\beta + 2m_0 c^2)} / (E_\beta + \\
 &+ m_0 c^2) = 0,953c. \quad 4. \quad \nu = (\Delta mc^2 - T_\alpha) / h = 2,68 \cdot 10^{19} \text{ Hz}; \quad \lambda = c / \nu = 1,12 \cdot 10^{-11} \text{ m}. \quad 5. \\
 {}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} &\rightarrow 2 {}^4_2\text{He}; \quad T = 17,35 \text{ MeV}. \quad 6. \quad T = \Delta mc^2 + hc / \lambda = 0,41 \text{ MeV}, \text{ bu yerda} \\
 \Delta m &= m_d - m_p - m_n.
 \end{aligned}$$

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. A. P. Rimkevich. Fizikadan masalalar to'plami. T., «O'qituvchi», 1990.
2. V. P. Demkovich, L. P. Demkovich. Fizikadan masalalar to'plami. T., «O'qituvchi», 1979.
3. V. I. Lukashik. Fizikadan masalalar to'plami. T., «O'qituvchi», 1986.
4. S. I. Kashina, Y. I. Sezonov. Fizikadan masalalar to'plami. T., «O'qituvchi», 1986.
5. О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, А. В. Пономарева. Факультативный курс физики, 8 класс. М., «Просвещение», 1985.
6. О. Ф. Кабардин. Физика. Справочные материалы. М., «Просвещение», 1991.
7. В. А. Балаш. Задачи по физике и методы их решения. М., «Просвещение», 1983.
8. И. И. Воробьев и др. Задачи по физике. М., «Наука», 1988.
9. Б. Ю. Коган. Задачи по физике. М., «Просвещение», 1971.
10. Н. И. Гольдфарб. Сборник вопросов и задач по физике. М., «Высшая школа», 1983.
11. Б. Б. Буховцев и др. Сборник задач по элементарной физике. М., «Наука», 1987.
12. Л. П. Баканина и др. Сборник задач по физике. М., «Наука», 1990.
13. В. Горшковский. Польские физические олимпиады. М., «Мир», 1982.

MUNDARIJA

So'zboshi.....	3
-----------------------	----------

I bob. Mexanika

Asosiy formulalar.....	4
Masala yechish namunalari	10
Mustaqil yechish uchun masalalar	21

II bob. Molekular fizika va termodinamika

Asosiy formulalar	40
Masala yechish namunalari	46
Mustaqil yechish uchun masalalar	54

III bob. Elektr va magnetizm

Asosiy formulalar.....	65
Masala yechish namunalari	65
Mustaqil yechish uchun masalalar	74

IV bob. Mexanik tebranishlar va to'liqlar. Elektr tebranishlar va to'liqlar

Asosiy formulalar.....	93
Masala yechish namunalari	99
Mustaqil yechish uchun masalalar	102

V bob. Optika

Asosiy formulalar.....	112
Masala yechish namunalari	123
Mustaqil yechish uchun masalalar	153

VI bob. Nisbiylik nazariyasi asoslari. Atom va yadro fizikasi

Asosiy formulalar	163
Masala yechish namunalari	168
Mustaqil yechish uchun masalalar	178
Atom va yadro fizikasi bo'limiga oid qo'shimcha masalalar	190
Ba'zi fizik doimiylar	196
Javoblar	197
Foydalaniilgan adabiyotlar	213

KOMILJON AHMEDOVICH TURSUNMETOV,
ABDURAIM ABDURAZZOQOVICH UZOQOV,
ISABOY BO'RIBOYEV,
ABDULLA MAHMUDOVICH XUDOYBERGANOV
FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI,

*Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari
uchun o'quv qo'llanma*

4-nashri

*„O'qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent — 2005*

Tahririyat mudiri *M. Po'latov*
Muharrir *X. Alimov*
Badiiy muharrir *M. Kudryashova*
Texnik muharrirlar: *S. Tursunova*
Musahhih *A. Ibrohimov*

IB №8678

Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 26.10.2005. Bichimi 60×90¹/₁₆. Kegli
11,9 shponli. Tayms garniturasi. Ofset bosma usulida chop etildi.
Shartli b.t.13,5. Nashr t.13,5. 2000 nusxada bosildi. Buyurtma № 219.
Bahosi shartnoma asosida.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining „O'qituvchi“ nashriyot-matbaa
ijodiy uyi. Toshkent — 129, Navoiy ko'chasi, 30-uy.// Toshkent, Yunusobod
dahasi, Murodov ko'chasi, 1-uy. Shartnoma № 09—238—05.

F58

Fizikadan masalalar to'plami: Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma/ K. A. Tursunmetov, A. A. Uzoqov, I. Bo'riboyev A.M. Xudoyberganov. 4-nashri — T.: „O'qituvchi“ NMIU, 2005.— 216 b.

1. Muallifdosh

22.3ya 722



"O'QITUVCHI"