

S. Polvonov, X. Daliyev,
E. Bozorov, G. Polvonova

UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI O‘ZBEKISTON MILLIY
UNIVERSITETI**

**S.R. POLVONOV, X.S. DALIYEV,
E.H. BOZOROV, G.S. POLVONOVA**

UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO‘PLAMI

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi tomonidan Oliy
o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan*

Toshkent - “NIF MSH” - 2020

UDK: 53
BBK: -22.3
P 80

S.R.Polvonov, X.S.Daliyev, E.H.Bozorov, G.S.Polvonova.

Umumiy fizikadan masalalar to'plami/darslik./Toshkent: "NIF MSH"
2020. 272 bet.

Ushbu darslik fizikaning barcha bo'limlariga oid masalalarni o'z ichiga olgan. Har bir bo'limga tegishli asosiy formulalar, uslubiy ko'rsatmalar va masalalarni yechishga doir misollar keltirilgan.

Darslik oliy o'quv yurtlarida fizika mutaxassisligi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar, tayanch doktorantlar hamda o'qituvchilar uchun mo'ljallangan.

Darslik Mirzo Ulug'bek nomli O'zbekiston Milliy universiteti Kengashining kengaytirilgan yig'ilishida muhokama qilinib, chop etishga tavsiya qilingan. (2017 – yil «25» oktyabr № 2-son yig'ilish bayoni).

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2018-yil 27-martdagi 274-sonli buyrug'iga asosan, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarga nashr qilishga ruxsat berildi. Ro'yxatga olish raqami 274-319.

Taqrizchilar:

Sh.B. Utamuradova-

O'zMU "Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronikasi" institute direktori, fizika-matematika fanlari doktori, professor

X.M.Iliyev-

TATU fizika-matematika fanlari doktori, professori,

D.A. Qarshiyev-

Tosh PTI "Tibbiy va biologik fizika, informatika va informatsion texnologiyalar" kafedrası mudiri, fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI TOMONIDAN NASHRGA TAVSIYA ETILGAN.**

ISBN 978-9943-7011-1-3

©S.R Polvonov va boshq. 2020
© "NIF MSH", 2020.



SO‘Z BOSHI

*Fizika fanini o‘rganishda masalalar yechish muhim ahamiyatga ega. O‘quvchilar masalalar yechish jarayonida turli muammoli vaziyatlar vujudga kelishi mumkin. Bu muammoli vaziyatlarni hal qilish uchun esa o‘quvchilar nazariy bilimlarni tahlili nuqtai nazardan qayta ko‘rib chiqishga majbur bo‘ladi. Bu esa o‘z navbatida fizikadan olgan bilimlarini *mustahkamlashga, chuqurlashtirishga va turmushga tatbiq etishga* yordam beradi.*

Mazkur darslikning asosiy maqsadi o‘quvchilarning mustaqil masalalar yechish qobiliyatini rivojlantirishdan va yechish uslublarini o‘rgatishdan iboratdir. Mustaqil masalalar yechish, o‘quvchilarni ishda yuz beradigan qiyinchiliklarni yengishga o‘rgatadi.

Darslikning har bir mavzusida asosiy nazariy tushunchalar, qonunlar va formulalarni qisqacha bayon qilish bilan boshlanadi. Har bir mavzusiga oid masalalar yechish uchun namunalar keltirilgan bo‘lib, ular o‘quvchilarning fizika qonunlarini tushunishga va ularning fikrlash qobiliyatini rivojlantirishga qaratilgan. Har bir bob yakunida mustaqil yechish uchun berilgan masalalarning javoblari, ilovalar va foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati keltirilgan.

Ushbu “Umumiy fizikadan masalalar to‘plami” akademik litsey va kasb-hunar kollejlari o‘quvchilari, universitet va institut talabalari hamda o‘qituvchilari foydalanishlari uchun mo‘ljallangan.

Mualliflar

UMUMIY USLUBIY KO'RSATMALAR

Fizika masalalarini yechishda quyidagi *reja* yoki *algoritmga* rioya etish maqsadga muvofiq bo'ladi:

1. *Masala shartini diqqat bilan o'qib chiqing va unda qanday fizikaviy hodisa yoki jarayonlar berilganligini aniqlang.*
2. *Masala shartida keltirilgan hodisaga qanday fizikaviy qonunlar to'g'ri kelishini eslang.*
3. *Masala shartida keltirilgan hodisa yoki jarayonni oydinlashtiruvchi kattaliklarning fizikaviy ma'nosini aniqlang.*
4. *Masalada berilgan kattaliklarni va izlanayotgan kattaliklarni chap tomonga yozing. Barcha kattaliklarni xalqaro birliklar sistemasi (SI) ga o'tkazing.*
5. *Masala yechishda rasm, chizma va grafik talab qilinsa, ularni masala shartiga mos holda chizing.*
6. *Masala shartini hisobga olgan holda zarur fizik qonunlar va fizik kattaliklar ta'rifini matematik ko'rinishda yozing.*
7. *Masaladagi hodisani oydinlashtiruvchi qo'shimcha shartlarning fizik ma'nosini ifodalovchi munosabatlarni matematik ko'rinishga keltiring.*
8. *Olingan tenglamalar sistemasini umumiy holda izlanayotgan kattaliklarga nisbatan yeching.*
9. *Olingan formulalar yordamida izlanayotgan kattalik o'lchamining mos kelishini tekshiring.*
10. *Izlangan kattaliklarning son qiymatini topilgan ishchi formulaga qo'ying, matematik hisoblashlarni bajaring va uning fizik ma'nosini aniqlang.*

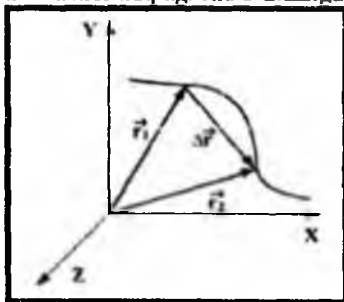
I-BOB. M E X A N I K A

- 1.1-§. Kinematika
- 1.2-§. Dinamika
- 1.3-§. Statika
- 1.4-§. Qattiq jism dinamikasi
- 1.5-§. Hidrostatika
- 1.6-§. Suyuqliklar va gazlar mexanikasi
- 1.7-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1.1-§. Kinematika

Asosiy formulalar

- Moddiy nuqtaning fazodagi holatini radius r vektor bilan aniqlanadi, ya'ni koordinata boshidan mazkur nuqtagacha o'tkazilgan vektor (1.1-rasm).



1.1-rasm.

- Nuqtaning ko'chishi (Δr) bu uning boshlang'ich holatidan oxirgi holatiga o'tkazilgan vektor va u mazkur nuqtadagi radius-vektor ortirmasiga teng (1.1-rasm).

- Tezlik deb, harakatlanavotgan nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo'yicha olingan hosilaga atiladi:

$$\vec{g} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (1.1)$$

- To'g'ri chiziqli tekis harakat, ya'ni vaqt o'tishi bilan tezlik vektori o'zgarmaydigan harakat ($\vec{g} = \text{const}$). Tekis harakat tezligi nuqta ko'chishining shu ko'chish sodir bo'lgan vaqtga nisbatiga teng:

$$\vec{g} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad \text{yoki} \quad \Delta \vec{r} = \vec{g} \cdot \Delta t \quad (1.2)$$

• Tezlanish deb, tezlikdan vaqt bo'vicha olingan hosilaga voki nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo'vicha olingan ikkinchi hosilaga aytiladi:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (1.3)$$

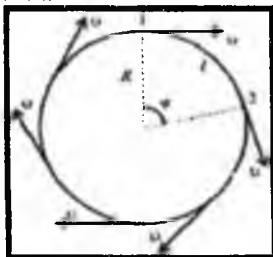
• Vaqt o'tishi bilan tezlanish o'zgarmaydigan ($a = \text{const}$) harakat tekis o'zgaruvchan harakat deyiladi. Mazkur harakatda harakat tenglamalari quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (1.4)$$

$$\Delta\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad (1.5)$$

bu yerda v_0 - boshlang'ich tezlik.

• Jismning aylana bo'ylab harakati egri chiziqli harakatning xususiy holi hisoblanadi. Kinematikada harakatning bunday ko'rinishi ham ko'rib chiqiladi. Egri chiziqli harakatda jism tezlik vektorining yo'nalishi hamma vaqt trayektoriyaga urinma bo'ladi. Xuddi shunday hol aylanma bo'ylab harakatda ham sodir bo'ladi (1.2-rasm). Aylana bo'ylab tekis harakatda nuqtaning harakatini tavsiflash uchun quyidagi kattaliklar kiritilgan: chastota ν , aylanish davri T va burchak chastota ω .



1.2-rasm.

• Moddiy nuqtaning aylanish markazi atrofida bir sekund ichidagi aylanishlar soni aylanish chastotasi deyiladi:

$$\nu = \frac{N}{t} \quad (1.6)$$

• Nuqtaning aylana bo'ylab bir marta to'lia aylanib chiqishi uchun ketgan vaqt oralig'i davr deyiladi:

$$T = \frac{t}{N} \quad (1.7)$$

- Aylana bo'ylab harakatning umumiy holda **burchak tezligi** quyidagiga teng bo'ladi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad (1.8)$$

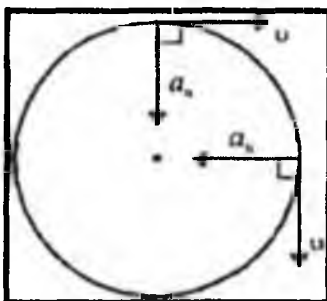
- Aylana bo'ylab tekis harakatda **burchak tezlik**:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad (1.9)$$

ω burchak tezlik bilan \mathcal{V} chiziqli tezliklar orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$\mathcal{V} = \omega \cdot R. \quad (1.10)$$

- Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakatida to'liq tezlanish a , tangensial a_t va normal a_n tezlanishlar vektor yig'indisidan iborat.



To'liq tezlanish moduli quyidagiga teng:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}. \quad (1.11)$$

Tangensial a_t va normal a_n tezlanishlar quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$a_t = \frac{d\mathcal{V}}{dt} \quad (1.12)$$

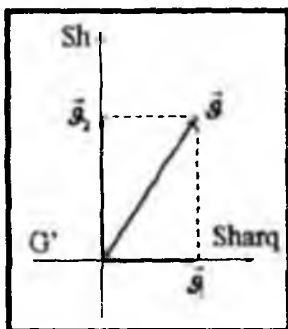
$$a_n = \frac{\mathcal{V}^2}{R} \quad (1.13)$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Samolyot yerga nisbatan 48 m/s tezlik bilan shimolga uchib bormoqda. Agar g'arbdan tezligi 14 m/s bo'lgan shamol esa boshlagan bo'lsa, samolyot yerga nisbatan qanday tezlik bilan harakatlanadi?

Berilgan: $\mathcal{V}_1 = 48 \text{ m/s}$; $\mathcal{V}_2 = 14 \text{ m/s}$.

Topish kerak: \mathcal{G} — ?
Yechilishi.



Tezliklarni qo‘shish qoidasidan foydalanamiz:

$$\vec{\mathcal{G}} = \vec{\mathcal{G}}_1 + \vec{\mathcal{G}}_2$$

bu yerda \mathcal{G}_1 - shamol tezligi, \mathcal{G}_2 - samolyotning havoga nisbatan tezligi bo‘lib, u shimol tomonga yo‘nalgan va 48 m/s ga teng. Pifagor teoremasiga asosan:

$$\mathcal{G} = \sqrt{\mathcal{G}_1^2 + \mathcal{G}_2^2} = 50 \text{ m/s}$$

Javob: 50 m/s

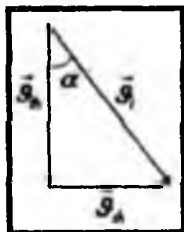
2-masala. Shamol tezligi 10 m/s ga teng bo‘lganda yomg‘ir tomchisi vertikalga nisbatan 30° burchak ostida tushmoqda. Shamolning tezligi qanday bo‘lganda tomchi vertikalga nisbatan 60° burchak ostida tushadi?

Berilgan: $\mathcal{G}_{sh1} = 10 \text{ m/s}$; $\alpha_1 = 30^\circ$; $\alpha_2 = 60^\circ$.

Topish kerak: \mathcal{G}_{sh2} - ?

Yechilishi.

Tomchining harakatdagi havo bilan bog‘liq bo‘lgan sanoq sistemadagi tezligi \mathcal{G}_h bu shamol bo‘lmagandagi yomg‘ir tomchisining tushish tezligi.



Ushbu tezlik vertikal pastga yo‘nalgan bo‘lib, u faqat yomg‘ir turi (tomchi o‘lchami) bo‘yicha aniqlaniladi. Tomchi uchun tezliklarni qo‘shish qonuni, ya’ni:

$$\vec{g}_1 = \vec{g}_{sh} + \vec{g}_{sh}$$

Bu yerda g_{sh} — *shamol tezligi*. Bu vektor tenglikni uchburchak ko'ri-
nishida tasvirlaymiz (shamol tezligi gorizontal yo'nalgan) (rasmga qarang). Bu
uchburchakdan tomchining tushish burchagi bilan shamol tezligi orasidagi
quyidagi munosabatni topamiz:

$$tg\alpha = \frac{g_{sh}}{g_{sh}}$$

Bu nisbatni ikkita burchak uchun yozamiz va ularning nisbatlarini olamiz:

$$\frac{g_{sh2}}{g_{sh1}} = \frac{tg\alpha_2}{tg\alpha_1}$$

Bundan

$$g_{sh2} = g_{sh1} \frac{tg\alpha_2}{tg\alpha_1} = 30 \text{ m/s}$$

Javob: 30 m/s.

3-masala. Avtomobil yo'lining birinchi yarmini $g_1 = 36 \text{ km/soat}$, ik-
kinchi yarmini esa $g_2 = 54 \text{ km/soat}$ tezlik bilan o'tdi. Butun yo'l davomi-dagi
o'rtacha tezlikni toping. O'rtacha tezlik g_1 va g_2 ning o'rtacha arifmetik
qiymatidan kichik ekanligini isbotlang.

Berilgan: $g_1 = 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s}$; $g_2 = 54 \text{ km/soat} = 15 \text{ m/s}$.

Topish kerak: g_{or} - ?

Yechilishi.

Avtomobil o'rtacha tezligini topish uchun o'rtacha tezlik formulasidan
foydalanamiz:

$$g_{or} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} \quad (1)$$

bu yerda S_1 va S_2 yo'lining birinchi va ikkinchi yarmi, t_1 va t_2 esa shu yo'llarni
bosib o'tish uchun ketgan vaqt.

Butun yo'lni S bilan, to'liq vaqtni esa t bilan belgilab olamiz. U holda to'liq
vaqt:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{S_1}{g_1} + \frac{S_2}{g_2} + \frac{S_3}{g_3} \quad (2)$$

(2) ifodani (1) formulaga qo'yib, o'rtacha tezlikni topamiz:

$$\bar{g} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} = \frac{S/2 + S/2}{t_1 + t_2} = \frac{2g_1g_2}{g_1 + g_2} = 12 \text{ m/s}$$

O'rtacha tezlik g_1 va g_2 ning o'rtacha arifmetik qiymatidan kichik, ya'ni:

$$\bar{g}_{arf} = \frac{g_1 + g_2}{2} = 12,5 \text{ m/s}$$

Javob: 12,5 m/s.

4-masala. Tezligi 100 m/s bo'lgan samolyot qo'nish yo'liga kelib tushdi. U 20 s vaqt davomida to'xtaydi. Tezlanish va tormozlanish yo'lining uzunligi topilsin.

Berilgan: $g_0 = 100 \text{ m/s}$, $t = 20 \text{ s}$.

Topish kerak: a -? S -?

Yechilishi.

Samolyotning tezlanishini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$a = \frac{g - g_0}{t}$$

bu yerda g - oxirgi tezlik bo'lib, u nolga teng.

Demak

$$a = -\frac{g_0}{t}$$

To'xtashigacha bo'lgan yo'l uzunligini topamiz:

$$S = g_0 t + \frac{at^2}{2} = g_0 t - \frac{g_0 t^2}{2} = \frac{1}{2} g_0 t$$

Yo'lni aniqlashda quyidagi formuladan ham foydalanish mumkin:

$$g^2 - g_0^2 = 2aS$$

bu yerdan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$0 - g_0^2 = 2aS = -2 \frac{g_0 S}{t}$$

bu yerdan S ni topamiz:

$$S = \frac{1}{2} g_0 t$$

Son qiymatlarini qo'yib hisoblashlarni bajaramiz:

$$a = -5 \text{ m/s}^2; \quad S = 1000 \text{ m}$$

Javob: $a = -5 \text{ m/s}^2$; $S = 1000 \text{ m}$.

5-masala. Velosipedchi tinch holatidan boshlab birinchi 4 s davomida 1 m/s^2 tezlanish bilan o'tdi, so'ngra $0,1 \text{ min}$ davomida tekis harakatlandi va oxirgi 20 m davomida to to'xtagunicha tekis sekinlanuvchan harakat qildi. Butun harakatlanish vaqtidagi o'rtacha tezlikni toping.

Berilgan: $t_1 = 4 \text{ s}$; $a = 1 \text{ m/s}^2$; $t_2 = 0,1 \text{ min} = 6 \text{ s}$.

Topish kerak: $\bar{g}_{o'r} = ?$

Yechilishi.

Yo'ning birinchi qismini boshlang'ich tezliksiz va tekis tezlanuvchan harakat qilgani uchun:

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} \quad (1)$$

Yo'ning ikkinchi qismini to'g'ri chiziqli tekis harakat qilgani uchun:

$$S_2 = g_1 \cdot t_2 \quad (2)$$

Yo'ning uchinchi qismini to'g'ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakat qilgani uchun:

$$S_3 = g_1 t_3 - \frac{a_3 t_3^2}{2} \quad (3)$$

Masalada so'ralayotgan o'rtacha tezlik formulasini yozib olamiz:

$$\bar{g} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (4)$$

Masala shartida t_1 va t_2 lar hamda S_3 berilgan. S_1 ni (1) formula orqali topamiz. U $S_1 = 8 \text{ m}$ ga teng bo'ladi. S_2 ni topish uchun g_1 bilish kerak. Bu quyidagi formulaga asosan topiladi:

$$g_1 = a_1 t_1 = 4 \text{ m/s} \quad (5)$$

Demak

$$S_1 = g_1 t_2 = 24 \text{ m}$$

t_3 quyidagi formulaga asosan topiladi: $0 = g_1 - a_3 t_3$

Bundan

$$a_1 = \frac{g_1}{t_1} \quad (6)$$

(6) ifodani (3) ga qo'yamiz:

$$S_1 = \frac{g_1 \cdot t_1}{2}$$

Bundan

$$t_1 = \frac{2S_1}{g_1} = 10 \text{ s}$$

Aniqlangan qiymatlarni (1) ifodaga qo'yamiz va quyidagi qiymatni olamiz: $g_{o'rt} = 2,6 \text{ m/s}$.

Javob: $g_{o'rt} = 2,6 \text{ m/s}$.

6-masala. Avtomobil tekis tezlanuvchan harakat qilib, harakat boshlangandan 5 s vaqt o'tgandan keyin 36 km/soat tezlikka erishgan. Harakatning uchinchi sekundida avtomobil qancha yo'l bosib o'tadi?

Berilgan: $t_1 = 5 \text{ s}$; $g_1 = 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s}$.

Topish kerak: $g_{2-3} = ?$

Yechilishi.

Avtomobilning boshlang'ich tezligi nolga teng, ya'ni $g_0 = 0$ bo'lgani uchun

$$g = at$$

Ushbu formulaga $t_1 = 5 \text{ s}$; $g_1 = 10 \text{ m/s}$ qiymatlarni qo'yamiz va tezlanish-ni topamiz: $a = 2 \text{ m/s}^2$. Uchinchi sekundda bosib o'tilgan yo'l, uch sekund davomida bosib o'tilgan yo'ldan ikki sekund davomida bosib o'tilgan yo'llar farqiga teng:

$$S_{2-3} = S_3 - S_2 = \frac{at_3^2}{2} - \frac{at_2^2}{2}$$

bu yerda $t_2 = 2 \text{ s}$, $t_3 = 3 \text{ s}$. Mazkur qiymatlarni formulaga qo'yamiz va quyidagi qiymatni olamiz: $g_{2-3} = 5 \text{ m}$.

Javob: $g_{2-3} = 5 \text{ m}$.

7-masala. Moddiy nuqta to'g'ri chiziq bo'yicha harakatlanmoqda. Uning harakat tenglamasi $S = t^4 + 2t^2 + 5$. Moddiy nuqtaning harakat boshlanganidan ikkinchi sekundi oxiridagi oniy tezligi va tezlanishi, shuningdek ushbu vaqt davomida bosib o'tgan yo'li va o'rtacha tezligi topilsin.

Berilgan: $S = t^4 + 2t^2 + 5$; $t = 2 \text{ s}$.

Topish kerak: g — ?; a — ?; $g_{o'rt}$ — ?

Yechilishi.

Oniv tezlik bu yo'ldan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosiladir, ya'ni:

$$g = \frac{dS}{dt} = 4t^3 + 4t = 40 \text{ m/s.}$$

Oniv tezlanish bu tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosiladir, ya'ni:

$$a = \frac{dg}{dt} = 12t^2 + 4 = 52 \text{ m/s}^2$$

$\Delta t = t - t_0$ vaqt davomidagi moddiy nuqtaning o'rtacha tezligi quyidagi formula bo'yicha aniqlaniladi:

$$g_{\text{ort}} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S(t) - S(0)}{t - t_0}$$

$t_0 = 0$ bo'lganda

$$g_{\text{ort}} = \frac{t^4 + 2t^2 + 5 - 5}{t} = t^3 + 2t = 12 \text{ m/s}$$

$t = 2 \text{ s}$ vaqt davomida nuqta bosib o'tgan yo'l quyidagiga teng bo'ladi:

$$S = S(t) - S(0) = t^4 + 2t^2 + 5 - 5 = 24 \text{ m.}$$

Javob: 24 m.

9-masala. Yuqoriga vertikal otilgan sharcha, otilgan joyiga (nuqtasiga) 2,4 s da qaytib tushgan bo'lsa, sharcha qanday balandlikka ko'tarilgan?

Berilgan: $t = 2,4 \text{ s}$.

Topish kerak: $h_{\text{max}} - ?$

Yechilishi.

Sharchaning maksimal balandlikka ko'tarilish vaqti quyidagiga teng:

$$t_1 = \frac{g_1}{g} \quad (1)$$

Havoning qarshiligi hisobga olinmasa, ko'tarilish vaqti tushish vaqtiga teng, demak to'liq harakatlanish vaqti:

$$t = \frac{2g_0}{g} \quad (2)$$

Bundan g_0 boshlang'ich tezlikni aniqlaymiz:

$$g_0 = \frac{gt}{2} \quad (3)$$

Sharchaning maksimal ko'tarilish balandligi:

$$h_{\max} = \frac{g_0^2}{2g}$$

(4)

(3) formulani (4) formulaga qo'yamiz:

$$h_{\max} = \frac{g t^2}{8} = 7,2 \text{ m}$$

Javob: 7,2 m.

10-masala. Agar jism oxirgi sekundda 45 m masofani o'tgan bo'lsa, u qanday balandlikdan tushgan?

Berilgan: $l = 45 \text{ m}; \Delta t = 1 \text{ s}.$

Topish kerak: h — ?

Yechilishi.

Jism oxirgi sekund bosib o'tgan yo'li, jismning t vaqt davomida erkin tushgandagi balandligidan ($g_0 = 0$) $t - \Delta t$ ($\Delta t = 1 \text{ s}$) vaqt davomida bosib o'tilgan yo'llar farqi ko'rinishda yozamiz:

$$l = \frac{g t^2}{2} - \frac{g(t - \Delta t)^2}{2}$$

Ushbu formuladan t vaqtini topamiz va $h = g t^2 / 2$ formulaga qo'yamiz. Hisoblashni bajarib quyidagi qiymatni olamiz: $h = 125 \text{ m}.$

11-masala. Vagon tinch holatdan 25 sm/s tezlanish bilan harakatga keldi. Harakat boshlangandan 10 s o'tgach, u qanday tezlikka erishadi? Uning 10 s davomidagi o'rtacha tezligi qancha?

Berilgan: $v_0 = 0; a = 25 \text{ sm/s}^2 = 0,25 \text{ m/s}^2; t = 10 \text{ s}$

Topish kerak: $v = ?$

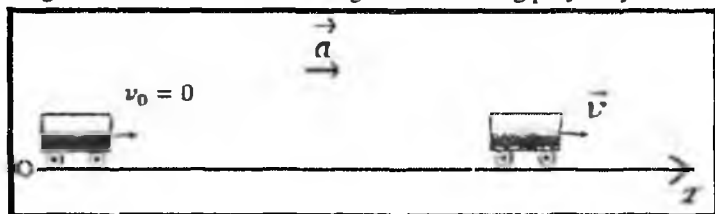
Yechilishi:

Ilgarilanma harakat kinematikasiga ko'ra aravacha harakatini xarakterlovchi kinematik tenglamani vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

(1)

Tenglama vektor ko'rinishida bo'lgani uchun uning proyeksiyasini



olishimiz lozim bo'ladi. (1) ning OX koordinata o'qiga proyeksiyasi

$$v = v_0 + at = 0 + at$$

$$v = at$$

$$v_{o'rt} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{v + 0}{2} = \frac{v}{2}$$

yoki
$$v_{o'rt} = \frac{at}{2}$$

Demak

$$v = 0,25 \frac{m}{s^2} \cdot 10 s = 2,5 m/s$$

$$v_{o'rt} = \frac{2,5 m}{2 s} = 1,25 m/s$$

ga teng.

Javob: $v = 2,5 m/s$; $v_{o'rt} = 1,25 m/s$.

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

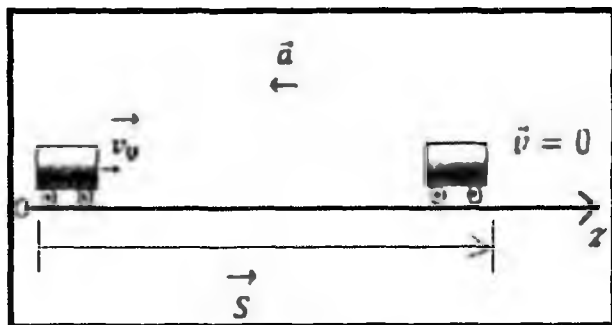
Berilgan: $v = 12 m/s$; $S = 54 m$

Topish kerak: $t = ?$

Yechilishi:

Masala shartiga mos chizma chizamiz va OX o'qni kiritib olamiz.

Avtobusning harakatini xarakterlovchi kinematik tenglamalarni vektor ko'rinishida yozib olamiz:



$$\begin{cases} S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases}$$

Tenglama **vektor** ko'rinishida bo'lgani uchun uning proyeksiyasini olishimiz lozim bo'ladi. Tenglamaning OX koordinata o'qiga proyeksiyasi quyidagicha:

$$\begin{cases} S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases} \quad (1)$$

Bu yerdan *boshlang'ich tezlikni* topamiz:

$$v_0 = at,$$

$$a = \frac{v_0}{t}$$

(2)

(2) ni (1) ifodaga qo'yamiz :

$$S = v_0 t - \frac{v_0 t^2}{2} = \frac{v_0 t}{2}$$

va bundan

$$t = \frac{2S}{v_0}$$

(3)

kelib chiqadi

$$t = \frac{2 \cdot 54}{12} \text{ s} = 9 \text{ s.}$$

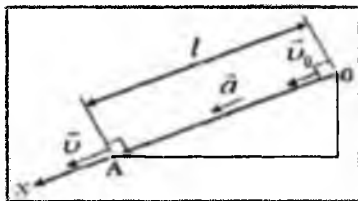
Javob: 9 s.

13-masala. Chang'ichi uzunligi 135 m bo'lgan qiya tekislikdan tushmoqda. Agar tezlanishi 40 sm/s , boshlang'ich tezligi 6 m/s bo'lsa, u pastga qancha vaqtda tushadi?

Berilgan: $l = 135 \text{ m}$; $a = 0,4 \text{ m/s}^2$; $v_0 = 6 \text{ m/s}$

Topish kerak: $t = ?$

Yechilishi:



Masala mazmunidan kelib chiqib chizma chizamiz hamda chang'ichining ilgari lanma harakatini xarakterlovchi kinematik kattaliklarni chizmada ko'rsatamiz. Ilgari lanma harakat kinematikasidan foydalanib, chang'ichi harakatining kinematik tenglamasini vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$\begin{cases} l = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases}$$

Tenglamaning OX koordinata o'qiga proyeksiyasi quyidagicha:

$$\begin{cases} l = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases} \quad (1)$$

tenglamadan t ni topib olamiz,

$$t = \frac{v - v_0}{a} \quad (2)$$

(2) \rightarrow (1) ga qo'ysak

$$l = v_0 \frac{v - v_0}{a} + \frac{a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2}{2} = \frac{v^2}{2a} - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$2al = v^2 - v_0^2 \quad v = \sqrt{2al + v_0^2} \quad (3)$$

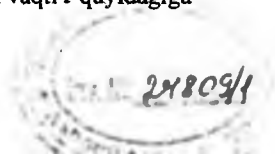
(3) \rightarrow (2)

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{\sqrt{2al + v_0^2} - v_0}{a} \quad (4)$$

Demak, chang'ichining qiya tekislik oxiridagi tezligi masala shartida so'ralmagan bo'lsada, hisoblab qo'yishimiz mumkin:

$$v = \sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 135 + 6^2} \frac{m}{s} = 12 \frac{m}{s}$$

Chang'ichining qiya tekislik uchidan pastgacha tushish vaqti t quyidagiga



teng bo'ladi:

$$t = \frac{12-6}{0,4} = 15 \text{ s.}$$

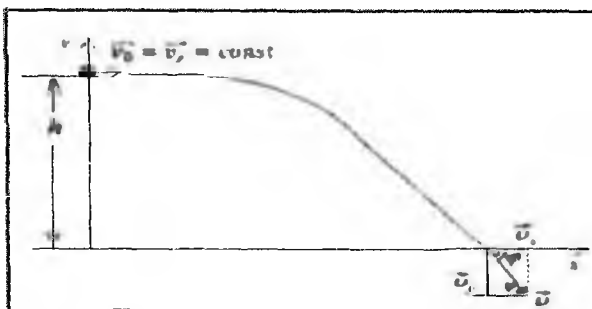
Javob: 15 s.

14-masala. 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/s² deb olinsin.

Berilgan: $h = 20 \text{ m}$; $v_0 = 15 \text{ m/s}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

Topish kerak: $t = ?$; $v = ?$; $\varphi = ?$

Yechilishi:



$$h = \frac{gt^2}{2}$$
$$v_x = v_0, v_y = gt; v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

(1)

(1) ifodadan toshning otilgandan suvga borib tushguncha o'tgan vaqtni topib olishimiz mumkin:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} \text{ s} = 2 \text{ s.}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} = \sqrt{15^2 + (2 \cdot 10)^2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$$\text{tg} = \frac{gt}{v_0} = \frac{10 \cdot 2}{15} = 1,33 \quad \varphi = \text{arctg}(1,33) = 53^\circ$$

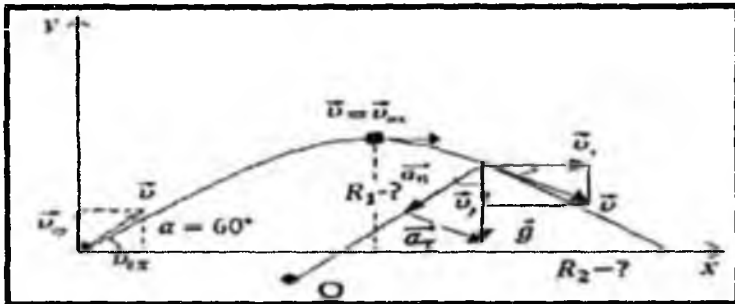
Javob: 53°

15-masala. Tosh gorizontga 60° burchak ostida 10 m/s tezlik bilan otilgan. Trayektoriyaning eng yuqori nuqtasidagi va oxiridagi egrilik radiuslarini toping.

Berilgan: $\alpha = 60^\circ$; $v_0 = 10 \text{ m/s}$

Topish kerak: $R_1 = ?$; $R_2 = ?$

Yechilishi:



Chizmadan ko'rinib turibdiki,

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha, \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha, \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = g$$

Og'irlik kuchi ta'siri ostida harakatlanayotgan jism gorizont bilan ixtiyoriy biror bir β burchak hosil qilgan paytda

$$\left. \begin{aligned} \cos \beta &= \frac{v_x}{v} = \frac{a_n}{g} \\ \sin \beta &= \frac{v_z}{v} = \frac{a_r}{g} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ifodalar o'rinli bo'ladi. Bu yerdan normal tezlanish a_n va a_r larni topib olamiz:

$$\left. \begin{aligned} a_n &= \frac{v_x}{v} g \\ a_r &= \frac{v_z}{v} g \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Ma'lumki, markazga intilma tezlanish $a_n = v^2/R$ ifoda bilan aniqlanadi. Yuqoridagi formulalardan foydalanib so'ralgan kattaliklarni topishimiz mumkin. Gorizontga burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasining eng yuqori nuqtasidagi tezligi faqatgina tezlikning v_x tashkil etuvchisidan iborat bo'ladi:

$$v = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \quad (3)$$

Bu nuqtadagi to'la tezlanish faqatgina markazga intilma tezlanishdan iborat bo'ladi,

$$a = g = a_n = \frac{v^2}{R} \quad (4)$$

(3) va (4) ifodalardan trayektoriyaning eng yuqori nuqtasidagi egrilik radiusini aniqlasak,

$$R_1 = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g} \quad (5)$$

Endi trayektoriyaning oxiridagi egrilik radiusini topamiz. Trayektoriyaning oxiridagi tezlik boshlang'ich tezlikka teng bo'ladi: $v=v_0$

$$a_n = \frac{v^2}{R} \quad \text{va} \quad a_n = \frac{v_x}{v} g$$

ifodalardan egrilik radiusini topsak,

$$R = \frac{v^2}{v_x g} = \frac{v_0^2}{v_0 \cdot \cos \alpha \cdot g} = \frac{v_0^2}{\cos \alpha \cdot g}$$

Shunday qilib, trayektoriyaning oxiridagi egrilik radiusi uchun quyidagi ifoda o'rinli ekan:

$$R_2 = \frac{v_0^2}{\cos \alpha \cdot g}$$

(6)

(5) va (6) ifodalar yordamida so'ralgan kattaliklarning son qiymatini aniqlaymiz:

$$R_1 = \frac{10^2 \cos^2 60^\circ}{10} \text{ m} = 2,5 \text{ m};$$

$$R_2 = \frac{10^2}{\cos 60^\circ \cdot 10} \text{ m} = 20 \text{ m}$$

Javob: $R_1 = 2,5 \text{ m}; R_2 = 20 \text{ m}$.

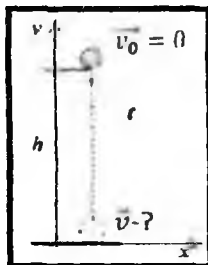
16-masala. Daryo qirg'og'idan tashlangan tosh 3 s dan so'ng suvga tegsa, qirg'oqning suv sirtidan balandligi qancha ekan? Toshning oxirgi tezligi qancha?

Berilgan: $t = 3 \text{ s}$

Topish kerak: $h = ?; v = ?$

Yechilishi:

Masalaga tegishli chizma chizib, unda kinematik kattaliklarni ko'rsatamiz.



Jismning Y o'qi bo'ylab harakat tenglamalari

$$v = v_0 + gt$$

(1)

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

(2)

ko'rinishda yozib olinadi. (I) ni skalyar ko'rinishda ifodalasak,

$$v = v_0 + gt = 0 + gt = gt,$$

$v = gt$ (3) va (2) ifodani esa

$$h = 0 \cdot t + \frac{gt^2}{2} = \frac{gt^2}{2}$$

(4)

ko'rinishga egaligini ko'ramiz. Bundan qirg'oqning suv sirtidan balandligi

$$h = \frac{9,81 \cdot 3^2}{2} m = 44,1 m$$

hamda toshning suv sirtidagi tezligi

$$v = 9,81 \cdot 3 \frac{m}{s} = 29,4 m/s$$

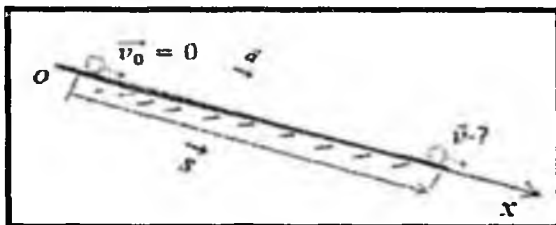
ga teng bo'lishligini hisoblab topamiz.

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

Berilgan: $v_0 = 0$; $t = 5$ s; $S = 75$ sm = 0,75 m

Topish kerak: $a = ?$; $v = ?$

Yechilishi:



Masala shartiga mos chizma chizamiz va OX o'qni kiritib olamiz. Sharchaning harakatini xarakterlovchi tenglamalarni vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$\begin{cases} S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases}$$

(1)

(1) ifodani OX o'qqa proyeksiyalaymiz,

$$\begin{cases} S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases}$$

(2)

Masala shartiga ko'ra, $v_0 = 0$ dan (2) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\begin{cases} S = 0 \cdot t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2} \\ v = 0 + at = at \end{cases}$$

(3)

(3) ifodadan tezlanish a va sharchaning tarnov oxiridagi tezligi v ni aniqlay olamiz.

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,75}{5^2} \text{ m/s}^2 = 0,06 \text{ m/s}^2$$

$$v = at = 0,06 \cdot 5 \text{ m/s} = 0,3 \text{ m/s}$$

Javob: 0,3 m/s.

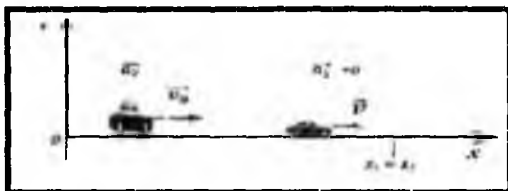
18-masala. DAN posti yonidan katta v tezlik bilan avtomobil o'tdi. U post bilan tenglashganda DAN inspektori uni boshqa avtomobilda quva boshladi. DAN inspektori avtomobilining harakatini tekis tezlanuvchan deb hisoblab, uning qochayotgan avtomobilni quvib yetgan tezligi u ni aniqlang.

Qulaylik uchun qochayotgan avtomobilni -1 , DAN inspektori avtomobilini esa -2 deb belgilab olamiz. Qochayotgan avtomobilni tekis harakat qilyapti, deb qarash mumkin, $a_1 = 0$ hamda masala shartiga ko'ra, DAN inspektori avtomobili tekis tezlanuvchan harakat qilayotganligi uchun uning tezlanishi biror a qiymatga teng bo'ladi, $a_2 = a$. Harakat boshida $v_{02} = 0$ ekanligi masala shartidan ma'lum. DAN inspektori qochayotgan avtomobilni quvib yetganda ularning oxirgi koordinatalari bir xil bo'ladi: $x_1 = x_2$

Berilgan: $v_1 = v$; $v_{02} = 0$; $a_1 = 0$; $a_2 = a$; $x_1 = x_2$

Topish kerak: $u = ?$

Yechilishi:



Avtomobillarning harakat tenglamalarini vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$\vec{u} = \vec{v}_0 + \vec{a}_0 t \quad (1)$$

$$\vec{V} = \vec{v}_1 + \vec{a}_1 t \quad (2)$$

$$x_1 = x_0 + v_1 t + \frac{a_1 t^2}{2} \quad (3)$$

$$x_2 = x_0 + v_2 t + \frac{a_2 t^2}{2} \quad (4)$$

(1), (2) ifodalarni OX o'qqa proyeksiyasini olsak,

$$u = 0 + a_2 t = a_2 t, \quad u = at \quad (5)$$

$$V = v_1 + 0 \cdot t, \quad V = v_1 = const \quad (6)$$

DAN inspektori qochayotgan avtomobilni quvib yetganda ularning oxirgi koordinatalari bir xil bo'ladi,

$$x_1 = x_2 \quad (7)$$

(7) ifodadan

$$x_0 + v_1 t + \frac{a_1 t^2}{2} = x_0 + v_2 t + \frac{a_2 t^2}{2}$$

(8)

ga ega bo'lamiz.

Masala shartida berilganlardan foydalansak

$$0 + vt + \frac{0 \cdot t^2}{2} = 0 + 0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$vt = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$\frac{a \cdot t^2}{2} - vt = 0$$

$$t \left(\frac{a \cdot t}{2} - v \right) = 0$$

$t = 0$ hamda

$$t = \frac{2v}{a}$$

(9)

(9) va (5) dan,

$$u = at = a \cdot \frac{2v}{a} = 2v$$

$$u = 2v$$

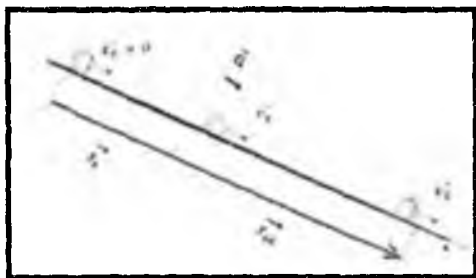
Demak, DAN inspektori qochayotgan avtomobilni quvib yetganda uning tezligi $u = 2v$ ga teng bo'larkan.

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

Berilgan: $v_0 = 0$; $t_1 = 4 \text{ s}$; $\Delta S_4 = 14 \text{ m} = 0,14 \text{ m}$; $t_2 = 10 \text{ s}$

Topish kerak: $\Delta S_{10} = ?$

Yechilishi:



Masala mazmunidan kelib chiqib chizma chizamiz hamda sharchaning ilgari lanma harakatini xarakterlovchi kinematik kattaliklari chizmada ko'rsatamiz.

Ilgari lanma harakat kinematikasidan foydalanib, sharcha harakatining kinematik tenglamasini vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$S_4 = v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2}; \quad S_{10} = v_1 t_2 + \frac{a t_2^2}{2}$$

Masalada berilganlar asosida yuqoridagi tenglamalarning OX o'qiga proyeksiyalarini olamiz:

$$S_4 = \frac{a t_1^2}{2}; \quad S_{10} = v_1 t_2 + \frac{a t_2^2}{2}$$

(1)

To'rtinchi sekundda bosib o'tilgan yo'l deyilganda $\Delta S_4 = S_4 - S_3$ ni,

O'ninchi sekundda bosib o'tilgan yo'l deyilganda esa $\Delta S_{10} = S_{10} - S_9$ ni tushunamiz.

(1) ga ko'ra,

$$\Delta S_4 = \frac{a t_1^2}{2} - \frac{a (t_1 - 1)^2}{2};$$

$$\Delta S_{10} = v_1 t_2 + \frac{a t_2^2}{2} - \left(v_1 (t_2 - 1) + \frac{a (t_2 - 1)^2}{2} \right)$$

deb yozib olishimiz o'rindir. Matematik soddalashtirishlardan keyin quyidagi ifodalarga ega bo'lamiz:

$$\Delta S_4 = \frac{a}{2}(2t_1 - 1) \quad (2)$$

$$\Delta S_{10} = \frac{a}{2}(2t_2 - 1) \quad (3)$$

Demak, umumiy holda *n*-sekunda bosib o'tilgan yo'l uchun

$$\Delta S_n = \frac{a}{2}(2t_n - 1)$$

formula o'rinli ekan.

Bizning masalamizda hozircha tezlanish noma'lum. Lekin tezlanishni (2) ifodadan topib olishimiz mumkin va undan foydalanib, (3) ning son qiymatini aniqlashimiz mumkin bo'ladi:

$$a = \frac{2 \cdot \Delta S}{(2t_1 - 1)} = \frac{2 \cdot 0,14 \text{ m}}{(2 \cdot 4 - 1) s^2} = 4 \frac{sm}{s^2}$$

$$\Delta S_{10} = \frac{a}{2}(2t_2 - 1) = \frac{4}{2}(2 \cdot 10 - 1)sm = 38sm.$$

Javob: 38 sm.

20-masala. 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?

Berilgan: $R = 750m$; $v = 54km/soat = 15m/s$

Topish kerak: $a=?$; $v'=v/2$; $a'=?$

Yechilishi:

Masalaning mazmunini to'liq tushunib unga mos chizma chizamiz.



Aylanma harakatda markazga intilma tezlanish formulasidan foydalanib a ni topamiz:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{15^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{750 \text{ m}} = 0.3 \text{ m/s}^2$$

2-holda agar tezlik 2 *marta kamaysa*, tezlanishimiz qanday bo'lishini topishimiz kerak. Formuladan ko'rinadiki tezlanish tezlikning kvadratiga to'g'ri proporsional. Shunday ekan v 2 *marta kamaysa*, a 4 *marta kamayadi*. Ya'ni:

$$a' = \frac{\left(\frac{v}{2}\right)^2}{R} = \frac{v^2}{4R} = \frac{a}{4}$$

Javob: 0,3 m/s²; 0,075 m/s².

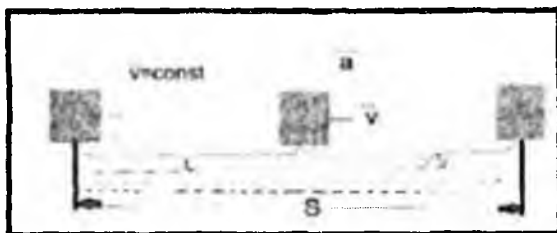
21-masala. Agar kater 5 s davomida 10 m/s o'zgarmas tezlik bilan harakat qilib, so'ngi 5 s da 0,5 m/s o'zgarmas tezlanish bilan harakat qilsa, u qancha yo'l o'tadi?

Berilgan: $t_1 = 5 \text{ s}$; $v = 10 \text{ m/s}$; $t_2 = 5 \text{ s}$; $a = 0,5 \text{ m/s}^2$

Topish kerak: $S = ?$

Yechilishi:

Masala shartiga mos chizma chizamiz:



Masalani yechilishi uchun kinematika formulalariga murojaat qilamiz

$$S = S_1 + S_2 \quad (1)$$

Biz bilamizki tekis o'zgaruvchan harakatda yo'l formulasi quyidagicha:

$$S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} \quad (2)$$

Bundan har bir holat uchun S larni topib olamiz. Harakatning *birinchi besh sekundida* kater o'zgarimas tezlik bilan harakat qilgan, bunda $a=0$ bo'ladi. Shuning uchun

$$S_1 = v \cdot t \quad (3)$$

Harakatning ikkinchi qismida tezlanish bilan harakat qilgan. Bu holda:

$$S_2 = v_0 t + \frac{at_2^2}{2} = v_1 t_2 + \frac{at_2^2}{2} \quad (4)$$

3) va (4) ifodalarni (t) ga qo'yamiz:

$$S = v_1 t_1 + v_0 t_2 + \frac{at_2^2}{2}$$

$$v_0 = v_1; \quad t_2 = t_1 = t$$

$$S = v_1 t + v_1 t + \frac{at^2}{2} = 2v_1 t + \frac{at^2}{2} \quad (5)$$

(5) - ishchi formulani keltirib oldik. Endi masalada berilgan kattaliklarni (5) ga qo'yib hisoblaymiz.

$$S = 2 \cdot 10 \cdot 5 + \frac{0,5 \cdot 25}{2} = 100 + 6,25 = 106,25 \text{ m}$$

Javob: 106,25 m

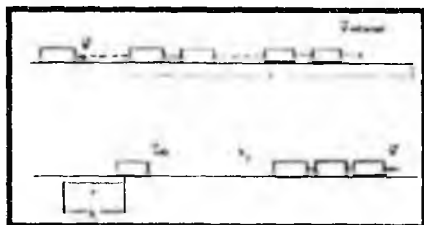
22-masala. Tekis harakat bilan borayotgan poyezddan uzib yuborilgan oxirgi vagon tekis sekinlanuvchan harakat qilgan va to'xtaguncha 1 km yo'l bosgan. Shu vaqt ichida poyezd qancha yo'l bosgan?

Berilgan: $S_1 = 1 \text{ km}$

Topish kerak: $S_2 = ?$

Yechilishi:

Masalani Yechilishi uchun uni mazmunini to'liq tahlil qilib, unga mos chizma chizamiz:



Masala shartidan bizga tormozlanish yo'li berilgan:

$$S_{\text{tor}} = S_1 = 1 \text{ km}$$

Tekis o'zgaruvchan harakatda tormozlanish yo'li quyidagiga teng:

$$S_{\text{tor}} = \frac{v_0 t}{2} \quad (1)$$

Bundan vaqtni topib olamiz:

$$t = \frac{2S_1}{v_0} \quad (2)$$

Shu vaqtda poyezdni bosib o'tgan yo'li

$$S_2 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

formuladan topish kerak. Poyezd tekis harakat qilgani uchun uning tezlanishi $a=0$ bo'ladi. Buni hisobga olsak, (3) formulamiz quyidagi ko'rinishga keladi.

$$S_2 = v_0 t \quad (4)$$

(4) dagi t ni o'miga (2) ni qo'yamiz:

$$S_2 = v_0 \frac{2S_1}{v_0} = 2S_1 = 2 \text{ km}$$

Javob: 2 km

23-masala. Radiusi $1,5 \text{ m}$ bo'lgan shamol g'ildiragi minutiga 30 marta aylanadi. G'ildirak parragi uchidagi nuqtalarning markazga intilma tezlanishi qanday bo'ladi? Chastotasi (ayl/min larda) qanday bo'lganda markazga intilma tezlanish 2 marta katta bo'ladi?

Berilgan: $R = 1,5 \text{ m}; N = 30; t = 60 \text{ s}$

Topish kerak: $a = ?; v = ?$

Yechilishi:

a) Bu masalani yechilishi uchun aylanma harakat kinematikas. formulalaridan foydalanamiz.

$$a = \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$a = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2 R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \quad (3)$$

$$T = \frac{t}{N} \quad (4)$$

$$(4) \rightarrow (3)$$

$$a = \frac{4\pi^2 RN^2}{t^2} \quad (5)$$

(5) ishchi formulaga masalada berilgan kattaliklarning qiymatini qo'yib hisoblaymiz:

$$a = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot 1,5 \cdot (30)^2}{60^2} = 14,79 \text{ m/s}^2$$

b) Masalaning shartiga ko'ra tezlanishimiz **2 marta katta** bo'lishi uchun chastota qanday bo'lishi kerak? Demak, bunga ko'ra tezlanishni $a=29,6 \text{ m/s}^2$ deb olamiz. Yana aylanma harakat kinematikasi formula-lariga murojaat qilamiz.

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$v = 2\pi R\nu \Rightarrow a = 4\pi^2 R\nu^2 \quad (1)$$

(1) dan ν ni topamiz:

$$v = \sqrt{\frac{a}{4\pi^2 R}}$$

(2)

(2) ishchi formula yordamida hisoblashlarni bajaramiz.

Javob: $a = 14,79 \text{ m/s}^2$; $v = 42,44 \text{ ayl/min}$.

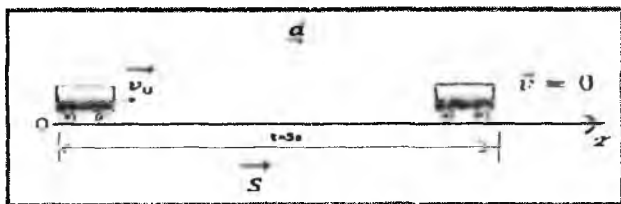
24-masala. Avtomobil 2 m/s tezlanish bilan harakat qilib, 5 s da 125 m yo'l o'tgan. Avtomobilning boshlang'ich tezligi topilsin.

Berilgan: $S = 125 \text{ m}$; $v = 2 \text{ m/s}$; $t = 5 \text{ s}$

Topish kerak: $v_0 = ?$

Yechilishi:

Masala shartiga mos chizma chizamiz:



$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{2S - at^2}{2t}$$

(1)

(2)

(2) — formula orqali v_0 ni hisoblab topamiz:

$$v_0 = \frac{2 \cdot 125 - 2 \cdot 5^2}{2 \cdot 5} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Javob: 20 m/s .

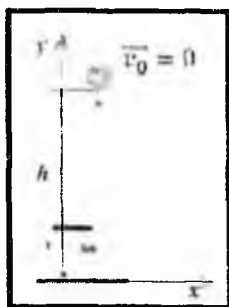
25-masala. Agar jism tushishining oxirgi sekundida 75 m yo'l o'tgan bo'lsa, u qanday balandlikdan tushgan?

Berilgan: $S = 75 \text{ m}$

Topish kerak: $h = ?$

Yechilishi:

Avval masala shartiga mos chizma chizib olamiz:



Bu h balandlikni topish uchun

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

(1)

formuladan foydalanamiz. t noma'lum bo'lgani uchun uni t -sekunda bosib o'tilgan yo'l formulasi yordamida topib olamiz:

$$S = (2t - 1) \frac{g}{2}$$

(2)

$$t = \frac{2S + g}{2g} = \frac{2 \cdot 75 + 10}{2 \cdot 10} = 8 \text{ s}$$

$t = 8 \text{ s} \rightarrow (1)$

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 64}{2} = 320 \text{ m}$$

Javob: 320 m

26-masala. $-0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan poyezd tormozlanish boshlagandan 30 s o'tgach to'xtadi. Tormozlanish boshlangandagi tezligi va tormozlanish yo'li topilsin.

Berilgan: $a = -0,5 \text{ m/s}^2$; $t = 30 \text{ s}$

Topish kerak: $v_0 = ?$; $S_T = ?$

Yechilishi:

$$v_0 = at$$

(1)

$$S_T = \frac{v_0 t}{2}$$

(2)

$$v_0 = 0,5 \frac{m}{s^2} \cdot 30s = 15 m/s$$

$$S_T = \frac{15 \frac{m}{s} \cdot 30s}{2} = 225 m$$

Javob: 225 m.

27-masala. Vertolyotdan 2 ta yuk boshlang'ich tezliksiz tashlandi, ammo bu yuklarning ikkinchisi birinchisidan bir sekund keyin tashlandi. Birinchi yuk tushgandan 2 s o'tgandan keyin bu ikki yuk orasidagi masofa qancha bo'ladi? 4 s o'tgandan keyinchi?

Berilgan: $v_0 = 0$; $t_0 = 1s$; 1) $t = 2s$; 2) $t = 4s$;

Topish kerak: $S_1 = ?$; $S_2 = ?$

Yechilishi:

$$S_1 = S_0 + \Delta S_2$$

$$S_2 = S_0 + \Delta S_2$$

$$S_0 = \frac{g}{2} t_0^2 = \frac{10 \frac{m}{s^2}}{2} \cdot 1s^2 = 5m$$

$$\Delta S_1 = v_0 t_1 + \frac{g}{2} t_1^2 - \frac{g}{2} t_0^2 = v_0 t_1 + g t_0 t_1 = 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1s \cdot 2s = 20m$$

$$\Delta S_2 = v_0 t_2 + g \cdot t_0 \cdot t_2 = 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1s \cdot 4s = 40m$$

$$S_1 = 5m + 20m = 25m$$

$$S_2 = 5m + 40m = 45m$$

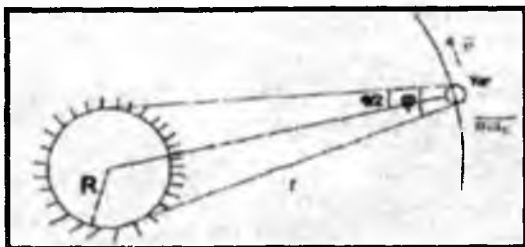
Javob: 25 m; 45 m.

28-masala. Quyidagi ma'lumotlarga ko'ra quyosh sirtidagi erkin tushish tezlanishini toping. Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa $1,5 \cdot 10^{11} m$. Quyoshning Yerdan ko'rinish burchagi $9,3 \cdot 10^{-3} rad$, Yerning Quyosh atrofidan aylanish davri $3,16 \cdot 10^7 s$.

Berilgan: $r = 1,5 \cdot 10^{11} m$; $\varphi = 9,3 \cdot 10^{-3} rad$; $T = 3,16 \cdot 10^7 s$.

Topish kerak: $g = ?$

Yechilishi:



$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{R}{r}$$

$$R = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \approx r \cdot \frac{\varphi}{2}$$

$$R = 697500 \text{ km}$$

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$$

$$a_n = 5,93 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

$$g_h = a_n = 5,93 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$g_h = g_0 \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^2$$

$$g_0 = g_h \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^2 = 274,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Javob: $274,25 \text{ m/s}^2$.

29-masala. Tramvay to'xtash joyidan qo'zg'alib, $0,3 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qiladi. Harakat boshlangandan qancha masofa o'tgach, tramvayning tezligi 15 m/s ga yetadi?

Berilgan: $v = 0,3 \text{ m/s}^2$; $a = 0,3 \text{ m/s}^2$

Topish kerak: $S = ?$

Yechilishi:

Tekis tezianuvchan harakatda yo'l formulasi

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

Masalada $v_0=0$ deb olsak,

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (2)$$

bo'ladi. Tezligimiz esa

$$v = at \quad (3)$$

t noma'lum bo'lgani uchun vaqt

$$t = \frac{v}{a} \quad (4)$$

ga teng bo'ladi. (4) ni (2) ga qo'ysak,

$$S = \frac{a \left(\frac{v}{a} \right)^2}{2} = \frac{v^2}{2a} = \frac{15^2}{2 \cdot 0,3} = 375 \text{ m}$$

bo'ladi.

Javob: $S = 375 \text{ m}$.

1.2-§. Dinamika

Asosiy formulalar

• Moddiy nuqta uchun *Nyutonning ikkinchi qonuni* quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}.$$

bu yerda ΣF — iismga bir vaqtda ta'sir qiluvchi kuchlarning vektor yig'indisi. ya'ni teng ta'sir etuchi kuch, m va a - jism massasi va uning tezlanishi.

• Sirpanish ishqalanish kuchi moduli tayanchning reaksiya kuchi moduliga proporsionaldir:

$$F_{\text{ishq}} = \mu \cdot N.$$

yerda μ - sirtning xususiyatiga bog'liq bo'lgan sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti, N - tayanchning reaksiya kuchi.

• Ikki moddiy nuqta bir-biriga ularni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalgan, ularning massalari ko'paytmasiga to'g'ri va ujar orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lgan kuch bilan tortadi:

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

yerda m_1 va m_2 - jismlar massasi, G - gravitatsion doimiv.

• Moddiy nuqtaning impulsi (harakat miqdori) deb jismlar massasining harakat tezligiga ko'paytmasiga teng bo'lgan vektor kattalikka aytiladi:

$$p = m\mathcal{G}.$$

• Bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar sistemasi vopiq deviladi, har bunga tashqaridan boshqa jismlar ta'sir ailmasa. Impulsning saalanish qonuni: vopiq sistemadagi jismlar impulslarining geometrik (vektor) yig'indisi o'zgarmasdir:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n = \sum p_n = \sum m_i \mathcal{G}_i = \text{const}.$$

• O'zgarmas kuch ta'sirida bajarilgan A ish formulasi quyidagicha ifodalangan:

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha.$$

unda α - kuch yo'nalishi bilan ko'chish orasidagi burchak.

• Quvvat deb, bajarilgan A ishning shu ishni bajarishga ketgan t vaqtga nisbatiga teng bo'lgan kattalikka aytiladi:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Agar jism harakati tekis bo'lsa, ya'ni vaqt o'tishi bilan tezlik o'zgarmasa:

$$N = F \cdot \mathcal{G}.$$

• Ilgarilanma harakat qilayotgan moddiy nuqta (yoki jism) kinetik energiyasi:

$$T = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}$$

yoki

$$T = \frac{P^2}{2m}.$$

- Yer sathidan h balandlikda joylashgan jismning potensial energiyasi:

$$E_p = mgh.$$

- Elastik deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi:

$$E_p = \frac{kx^2}{2},$$

bu yerda k – jism bikrligi, x – cho'zilish (yoki siqilish) masofasi.

- Jismning to'liq energiyasi kinetik va potensial energiyalar yig'indisiga teng bo'ladi:

$$E = E_k + E_p.$$

Energiya saqlanish qonuni: berk tizmda to'liq mexanik energiya o'zgarmaydi:

$$\sum_{i=1}^n E_i = const.,$$

bu yerda E_i – tizmdagi har bir jismning to'liq energiyasi.

n – tizmdagi jismlar soni.

1.3-§. Statika

- Jism muvozanatda bo'lishi uchun unga ta'sir qilayotgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lishi lozim, ya'ni:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_i = 0.$$

- Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismga ta'sir aйлavotgan kuchning kuch velkasiga ko'paytmasiga kuch momenti deviladi.

$$M = F \cdot l,$$

bu yerda l – aylanish o'aidan kuch ao'vilgan to'g'ri chiziqqacha bo'lgan eng qisqa masofa.

Kuch yelkasi deb, aylanish o'aidan kuch ta'sir chiziq'iga tushirilgan perpendikulyarga aytiladi.

- Jism muvozanatda bo'lishi uchun aylanish o'qiga nisbatan kuchlar momentlarining alqabraik yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum M_i = 0$$

Jism muvozanatda bo'lishi uchun quyidagi ikkita shart bajarilishi kerak.

1. Jismga qo'yilgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lishi, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

bu yerda n – kuchlar soni.

2. Aylanish o'qqa nisbatan kuch momentlarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0$$

bu yerda n – momentlar soni.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

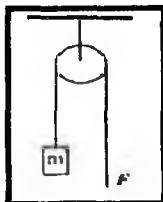
1-masala. Massasi 10 kg bo'lgan jism vertikal yo'nalishda 5 m/s^2 tezlanish bilan harakatlanishi uchun unga qanday kuch bilan ta'sir qilish kerak?

Berilgan: $m = 10 \text{ kg}$; $a = 5 \text{ m/s}^2$.

Topish kerak: F - ?

Yechilishi.

Ushbu holda jismga ikkita kuch, ya'ni og'irlik kuchi va tortish kuchlari ta'sir qiladi.



Bizga tortish kuchining yo'nalishi noma'lum bo'lgani uchun ixtiyoriy yo'nalishni olamiz. Masalan, yuqoriga harakatlanayotgan bo'lsin deb olsak, u holda Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan:

$$mg + F = ma$$

$$F = m(a - g) = -50 \text{ N}$$

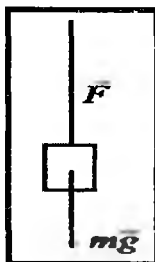
Javob: -50 N .

2-masala. Blok orqali o'tgan ipning bir uchiga massasi $m = 10 \text{ kg}$ bo'lgan yuk osilgan. Yuk $a = 1 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilishi uchun ipning ikkinchi uchidan qanday F kuch tortishi lozim?

Berilgan: $m = 10 \text{ kg}$; $a = 1 \text{ m/s}^2$;

Topish kerak: F - ?

Yechilishi.



Yukga ikkita kuch ta'sir qiladi: mg og'irlik kuchi va F kuchga teng bo'lgan ipning taranglik kuchi. F kuchni Nyuton ikkinchi qonunidan topamiz, ya'ni:

$$ma = F - mg$$

Bundan

$$F = ma + mg = m(a + g)$$

Bu ifodaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz va quyidagi natijani olamiz:

$$F = 108 \text{ N.}$$

Javob: 108 N.

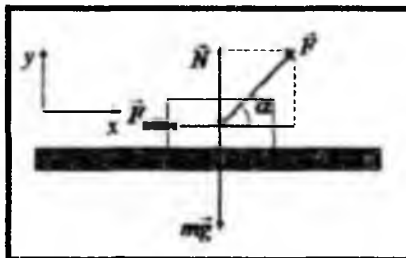
3-masala. Kishi o'zaro bog'langan ikkita chanani 30° burchak ostida kuch bilan ta'sir qilib olib ketmoqda. Agar chanalar tekis harakat qilib ketayotgan bo'lsa, qo'yilgan kuchni toping. Chanalarning har birining massasi 40 kg dan. Ishqalanish koeffitsiyenti $0,3$. $g = 10 \text{ m/s}^2$

Berilgan: $\mu = 0,2$.

Topish kerak: a - ?

Yechilishi.

Ikkala chana ham o'zaro bog'langan bo'lgani uchun bular yagona tizim bo'lib harakatlanadi.



Bu ikki chanadan iborat bo'lgan tizim uchun Nyuton ikkinchi qonunini yozamiz

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{ishq} + \vec{N} = 0 \quad (1)$$

bu yerda F – tortish kuchi, $m = 70\text{kg}$, F_{ishq} – ishqalanish kuchi, N – gori-zontal tavanchning natijaviy normal reaksiya kuchi.

Chanalarning ishqalanish kuchlari bir xil bo‘lib, F_{ishq} va N kuchlar o‘zaro quyidagi munosabat bilan bog‘langan

$$F_{ishq} = \mu N. \quad (2)$$

Harakat tenglamalarini o‘qlarga proeksiyalari ko‘rinishda yozamiz

$$F \cos \alpha - F_{ishq} = 0 \quad (3)$$

$$F \sin \alpha + N - mg = 0 \quad (4)$$

(Bu masalada harakat gorizontol sirt bo‘ylab sodir bo‘layotganiga qaramasdan tayanchning N reaksiya kuchi mg ga teng emas.) (2), (3) va (4) tenglamalardan tortish kuchining ifodasini yozamiz:

$$F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = 240 \text{ N}$$

Javob: 240 N.

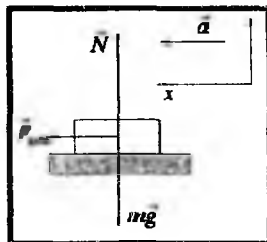
4-masala. Yuk mashinasi qanday tezlanish bilan yurib ketganda, uning kuzovidagi bog‘lanmagan yuk uning orqa devori tomon siljimaydi? Yuk bilan mashina kuzovi tubi orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti $0,2$ ga teng.

Berilgan: $\mu = 0,2$.

Topish kerak: a - ?

Yechilishi.

Yuk mashinasining tezlanishi shunday chegaraviy qiymatga yaqinlashsinki, bunda yuk siljimagan, ammo siljish holatiga yaqinlashib qolgan deb faraz qilamiz.



Bunda tinchlikdagi ishqalanish kuchi maksimal qiymatga erishadi, ya'ni:

$$F_{ishq} = \mu N \quad (1)$$

Jismga ta'sir qiluvchi kuchlarni x va y o'qlar bo'yicha proeksionalaymiz:

$$N - mg = 0.$$

yoki

$$N = mg \quad (2)$$

(2) formulani (1) chi formulaga qo'yamiz:

$$F_{ishq} = \mu mg \quad (3)$$

Tinchlikdagi ishqalanish kuchi yukka, yuk mashinasining tezlanishiga teng bo'lgan tezlanish beradi.

$$F_{ishq} = ma \quad (4)$$

(3) va (4) ifodalardan tezlanishni aniqlaymiz:

$$a = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$$

5-masala. Gorizontga nisbatan qiyalik burchagi 60° va balandligi $2,5 \text{ m}$ bo'lgan qiya tekislikdan kichik shayba qancha vaqtda sirpanib tushadi? Xuddi shunday materialdan yasalgan qiyalik burchagi 30° bo'lgan qiya tekislikdan shu shayba pastga tekis harakat qiladi.

Berilgan: $\alpha = 60^\circ$; $h = 2,5 \text{ m}$; $\beta = 30^\circ$.

Topish kerak: t — ?

Yechilishi.

Qiya tekislikda harakat qilayotgan jism uchun *Nyutonning ikkinchi qonunini* yozamiz:

$$\vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_{ishq} = m\vec{a}$$



x o'qni qiya tekislikka parallel holda harakat yo'nalishi bo'ylab yo'naltiramiz, y o'qni esa qiya tekislikka perpendikulyar yo'naltiramiz va jismga ta'sir qiluvchi kuchlarni mazkur o'qlarga proeksionalaymiz:

$$mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{ishq}} = ma. \quad (1)$$

$$N - mg \cdot \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

Sirpanish ishqalanish kuchi

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

Bu formuladagi reaksiya kuchini (2) tenglamadan aniqlaymiz va mazkur formulaga qo'yamiz:

$$F_{\text{ishq}} = \mu mg \cdot \cos \alpha. \quad (3)$$

(3) ifodani (1) tenglamaga qo'yamiz va tezlanishni topamiz:

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

Ishqalanish koeffitsiyentini masalaning ikkinchi shartidan, ya'ni qiyalik burchagi 30° bo'lgan qiya tekislikdan tekis harakat qilib tushayotgan shartidan aniqlaymiz:

$$g(\sin \beta - \mu \cos \beta) = 0.$$

Bundan

$$\mu = \text{tg} \beta = \frac{\sqrt{3}}{3}.$$

Sirpanib tushish vaqtini quyidagi harakat tenglamasidan topamiz:

$$\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{at^2}{2}.$$

Bundan

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g(\sin \alpha - \text{tg} \beta \cos \alpha) \sin \alpha}} = 1 \text{ s.}$$

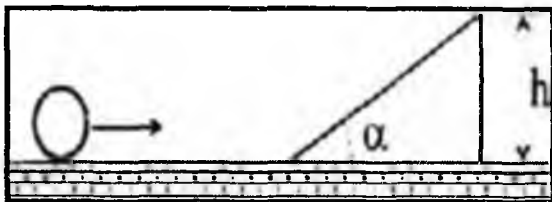
Javob: 1 s.

6-masala. Gorizontal tekislikda balandligi h va oraliq burchagi α bo'lgan pona shaklidagi do'nglik joylashgan. Sharcha ponani sakrab o'tishi uchun qanday minimal tezlik bilan harakatlanishi kerak? Ishqalanish hisobga olinmasin.

Berilgan: $h; \alpha$.

Topish kerak: g_{min} — ?

Yechilishi.



Sharcha pona bilan to'qnashgandan keyin u gorizontga nisbatan 2α burchak ostida g tezlik bilan harakatlanib boshlaydi deb hisoblash mumkin. Sharcha shunday minimal tezlikka ega bo'lishi kerakki, bunda u koordinatalari $x = h \cdot ctg\alpha$ va $y = h$ bo'lgan pona uchiga borib tegishi kerak. Bu tezlikdan katta qiymatlarda u ponadan sakrab o'tib ketadi. Sharcha pona uchiga borib tushishi uchun quyidagi ikkita tenglama o'rinli bo'lishi shart:

$$gt \sin 2\alpha - \frac{gt^2}{2} = h, \quad (1)$$

$$gt \cos 2\alpha = hctg\alpha. \quad (2)$$

(2) tenglamadan t ni topamiz va (1) tenglamaga qo'yib, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$h \approx hctg\alpha \cdot tg2\alpha - \frac{gh^2 ctg^2\alpha}{2g^2 \cos^2 2\alpha},$$

$$g \geq \sqrt{\frac{gh}{2} \frac{ctg^2\alpha}{\cos^2 2\alpha(ctg\alpha \cdot tg2\alpha - 1)}} = \sqrt{\frac{gh}{2} \frac{ctg^2 2\alpha}{\cos 2\alpha}}$$

Javob:

$$g \geq \sqrt{\frac{gh}{2} \frac{ctg^2 2\alpha}{\cos 2\alpha}}$$

7-masala. Radiusi yer radiusidan *uch marta kichik* va o'rtacha zichligi yerning o'rtacha zichligidan **40%** ga kichik bo'lgan planeta sirtida boshlang'ich tezliksiz erkin tushayotgan jism **3 s** davomida qancha masofa bosib o'tadi? Yerdagi erkin tushish tezlanishini **10 m/s²** deb hisoblang.

Berilgan: $R/R_p = 3$; $\rho_p/\rho = 0,4$; $t = 3$ s; $g = 10$ m/s².

Topish kerak: S — ?

Yechilishi.

t vaqt davomida jism bosib o'tgan yo'l

$$S = \frac{g_p t^2}{2}$$

bu yerda g_p – planeta sirtidagi erkin tushish tezlanishi. Erkin tushish tezlanishini planeta moddasining o'rtacha zichligi orqali ifodalaymiz:

$$g_p = G \frac{M_p}{R_p^2}, \quad (2)$$

bu yerda M_p va R_p – mos holda planetaning massasi va radiusi.

$$M_p = \rho_p V_p = \rho_p \left(\frac{4}{3} \pi R_p^3 \right) \quad (3)$$

(3) ni (2) ga qo'yamiz

$$g_p = \frac{4}{3} \pi G \rho_p R_p \quad (4)$$

Ushbu ifodani Yer uchun yozamiz

$$g_p = \frac{4}{3} \pi G \rho R \quad (5)$$

(4) va (5) ifodalardan

$$\frac{g_p}{g} = \frac{\rho_p R_p}{\rho R} = \frac{0,6 \rho \left(\frac{2}{3} R \right)}{\rho R} = 0,4$$

Bu yerdan $g_p = 0,4 \text{ m/s}^2$ erkin tushish qiymatini (1) formulaga qo'ya-miz va $S = 18 \text{ m}$ qiymatni olamiz.

Javob: 18 m.

8-masala. Gorizontaal uchib kelayotgan massasi m bo'lgan o'q massasi M bo'lgan pona sirtiga urilib undan elastik qaytgan va vertikal yuqoriga biror bir balandlikka ko'tarilgan. To'qnashgandan keyingi ponaning gorizontaal tezligi v . O'qing ko'tarilish balandligini toping.

Berilgan: $m; M; v$

Topish kerak: h ?

Yechilishi.

Ushbu jarayon uchun impuls va energiya saalanish qonunlarini yozamiz:

$$m g = M v \quad (1)$$

$$\frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + mgh \quad (2)$$

bu yerda ϑ – o'qning to'qanashishgacha bo'lgan tezligi.
ko'tarilish balandligi. (1) formuladan o'qning tezligini topamiz:

h - o'qning

$$\vartheta = \frac{Mv}{m} \quad (3)$$

(2) tenglamadan h - o'qning ko'tarilish balandligini topamiz:

$$h = \frac{m\vartheta^2 - Mv^2}{2mg} \quad (4)$$

(3) formulani (4) ifodaga qo'yamiz va ba'zi soddalashtirishlardan keyin:

$$h = \frac{Mv^2}{2mg} \left(\frac{M}{m} - 1 \right)$$

Javob:

9-masala. Tezligi 800 m/s va massasi $m = 10 \text{ g}$ bo'lgan o'q yog'ochga sanchilib 10 sm kirib qoladi. O'qning yog'och ichidagi harakatini tekis sekinlanuvchan deb hisoblab, yog'ochning qarshilik kuchini va o'q yog'och ichida qancha vaqt harakat qilishini toping.

Berilgan: $\vartheta = 800 \text{ m/s}$; $m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$; $l = 10 \text{ sm} = 0,1 \text{ m}$.

Topish kerak: F — ? t — ?

Yechilishi.

Bu yerda o'q kinetik energiyasining kamayishi yog'ochning qarshilik kuchiga qarshi ish bajarishga sarf qilinadi, shuning uchun

$$W_k = A,$$

$$\frac{m\vartheta^2}{2} = F \cdot l.$$

bundan esa

$$F = \frac{m\vartheta^2}{2l} = 32 \cdot 10^3 \text{ N} = 32 \text{ kN}.$$

Ikkinchi tarafdin masala shartiga ko'ra o'qning yog'och ichidagi harakatini tekis sekinlanuvchan deb hisoblash mumkin bo'lgani uchun uning tezlik o'zgarishi $\vartheta = \vartheta_0 - at$ bo'ladi, agar $a = F/m$, va to'xtagan paytda $\vartheta = 0$ ekanini hisobga olsak, $\vartheta_0 = F/t$, bundan esa o'qning harakatlanish vaqti

$$t = \frac{m g_2}{F} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 2,5 \text{ ms}$$

ekani kelib chiqadi.

Javob: 2,5 ms.

10-masala. Massasi 2 t bo'lgan samolyot 400 m balandlikda 50 m/s tezlik bilan uchayotgan edi. Samolyot dvigateli o'chirildi, agar qo'nish paytida samolyot tezligi 30 m/s bo'lsa, qo'nish chog'ida havoning qarshilik kuchini yengishga qarshi qancha ish bajarilishini toping.

Berilgan: $m = 2 \text{ t} = 2 \cdot 10^3 \text{ kg}$; $H = 400 \text{ m}$; $g_1 = 50 \text{ m/s}$; $g_2 = 30 \text{ m/s}$.

Topish kerak: A — ?

Yechilishi.

Dvigatel o'chirilgandan keyin samolyotga og'irlik kuchi va havoning qarshilik kuchi ta'sir qiladi. Havoning qarshilik kuchini yengishga qarshi bajarilgan ish esa samolyot to'liq mexanik energiyasining o'zgarishiga teng:

$$A = W_1 - W_2$$

bunda

$$W_1 = mgH + \frac{m g_1^2}{2},$$

$$W_2 = \frac{m g_2^2}{2}.$$

Endi son qiymatlarni o'miga qo'yib hisoblashlarni bajaramiz:

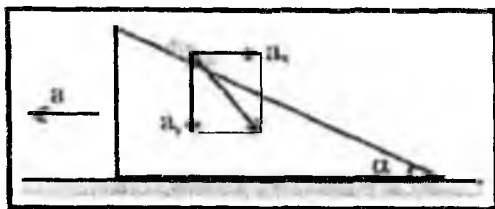
$$A = mgH + \frac{m}{2}(g_1^2 - g_2^2) = 8,6 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

Javob: 8,6 MJ

11-masala. M massali qiya tekislik silliq gorizont tekislikda ishqalanishsiz harakatlanishi mumkin. Qiyalik burchagi α bo'lgan silliq tomoniga m massali brusok qo'yildi. Qiya tekislikning tezlanishini aniqlang. Hech qayerda ishqalanish yo'q.

Yechilishi:

Brusokning tezlanishini gorizont (a_x) va vertikal (a_y) tashkil etuvchilar yordamida yozamiz. Brusokga og'irlik kuchi mg va qiya tekislik tomonidan reaksiya kuchi N ta'sir etadi.



Qiya tekislikka gorizontol yo'nalishda faqat brusok tomonidan *reaksiva kuchi* N ning gorizontol tashkil etuvchisi ta'sir qiladi. Nyutonning II-qonuniga ko'ra quyidagilarni yoza olamiz:

$$Ma = N \sin \alpha, \quad ma_x = N \sin \alpha, \quad ma_y = mg - N \cos \alpha$$

Brusokning tezlanish vektori yo'nalishi qiya tekislikning qiyaligiga mos tushmaydi. Sababi, ular gorizontol tekislikka bog'liq sanoq sistemasiga nisbatan olingan. Agar qiya tekislikka bog'liq sanoq sistemasiga o'tilsa, brusok tezlanishi gorizont bilan α burchak tashkil etadi va uning gorizontol tashkil etuvchisi $a_x + a$ ga teng bo'ladi, vertikal tashkil etuvchisi a_y esa o'zgarmaydi. Unda biz quyidagini yoza olamiz:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_y}{a_x + a}$$

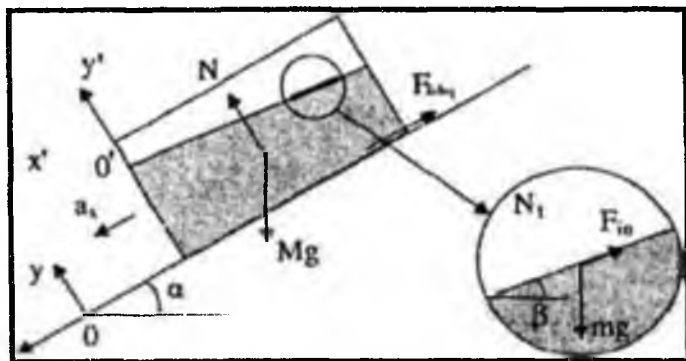
Yuqoridagi *to'rtta* tenglamadan qiya tekislikning **tezlanishi** a ni topamiz:

$$a = \frac{mg \sin 2\alpha}{2(M + m \sin^2 \alpha)}$$

Javob: $a = \frac{mg \sin 2\alpha}{2(M + m \sin^2 \alpha)}$

12-masala. Suvli bak qiyaligi α bo'lgan qiya tekislikda harakatlanmoqda. Suv sirtining gorizont bilan hosil qilgan burchagini toping. Bak bilan qiya tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti μ ($\mu < \operatorname{tg} \alpha$).

Yechilishi:



Suvli bak uchun xOy koordinatalar sistemasida harakat tenglamasini yozamiz:

$$Ox: Ma_x = Mg \sin \alpha - F_{izhq} = Mg \sin \alpha - \mu N$$

$$Oy: N - Mg \cos \alpha = 0$$

va ulardan quyidagini olamiz:

$$a_x = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Endi bak bilan bog'langan $x'O'y'$ noinersial sanoq sistemasiga o'tamiz. Suv yuzasidan yupqa qatlamni qaraymiz. Bu qatlama og'irlik kuchi mg , undan pastda yotuvchi suv qatlami tomonidan reaksiya kuchi N_1 va inertsiya kuchi $F_{in} = -ma_x$ ta'sir etadi. Nyutonning II qonuniga ko'ra $x'O'y'$ koordinatalar sistemasida bu qatlam uchun

$$mg - N_1 + F_{in} = 0$$

ifoda o'rinli bo'ladi. Bu yerda m - bu qatlamning massasi. Bu tenglamani koordinata o'qlari bo'yicha proyeksiyalaymiz:

$$Ox: mg \sin \alpha - N_1 \sin(\alpha - \beta) - mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 0$$

$$Oy: N_1 \cos(\alpha - \beta) - mg \cos \alpha = 0$$

va bulardan quyidagini olamiz:

$$\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \mu$$

Bu ifodadan biz qidirgan burchak β ni topish mumkin:

$$\beta = \alpha - \operatorname{arctg} \mu$$

$$\text{Javob: } \beta = \alpha - \arctg \mu$$

13-masala. 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, sharchaning tezligini va uning aylanish davrini toping.

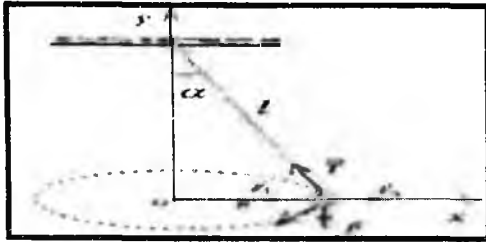
Berilgan: $a; l$

Topish kerak: $v = ?; T = ?$

Yechilishi:

Masala mazmuniga ko'ra chizilgan chizmada sharchaga ta'sir etayotgan kuchlar ko'rsatilgan. Bu kuchlarning vektor yig'indisi

$$\vec{P} + \vec{F}_l + \vec{T} + \vec{F}_q = 0$$



Bu kuchlarning vektor yig'indisini shu ko'rinishida hisoblash mumkin bo'lmaganligi uchun ularni silyar ko'rinishda yozib olamiz. Bunda ularning OX va OY o'qlarga proyeksiyalarini olamiz:

$$OX: -F_l + F_q = 0$$

$$F_l = F_q$$

bundan,

$$OY: T \cos \alpha - P = 0$$

$$T \cos \alpha = P$$

markazga intilma va markazdan qochma kuchlar modul jihatdan bir-biriga teng va yo'nalish jihatdan qarama-qarshi: $F_l = F_q$ va **taranglik kuchi** T ni topib olsak,

$$T = \frac{P}{\cos \alpha}$$

$$\sin \alpha = \frac{F_i}{T} = \frac{F_i}{P \cos \alpha}$$

boshqa tomondan $\sin \alpha = R/l$ ga teng. $R = l \sin \alpha$

Tenglamalarning chap tomonlari tengligidan ularning o'ng tomonlarini ham teng deb olishimiz mumkin:

$$\frac{F_i}{P \cos \alpha} = \frac{R}{l}$$

bu yerda

$$F_i = \frac{mv^2}{R}, P = mg$$

$$\frac{\frac{mv^2}{R}}{mg / \cos \alpha} = \frac{R}{l} \quad \text{dan} \quad v^2 = \frac{R_2 \cdot g}{l \cdot \cos \alpha} = \frac{R}{l \cdot \cos \alpha}$$

tezlikni topsak,

$$v = \sqrt{\frac{l \cdot g}{\cos \alpha}} \cdot \sin \alpha$$

Ikkinchi tomondan aylanma harakatda chiziqli tezlik $v = (2\pi R)/T$ ga ham teng. Oxirgi ikkala ifodadan aylanish davri T uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{2\pi R}{T} = \sqrt{l \cdot \frac{g}{\cos \alpha}} \cdot \sin \alpha$$

$$T = \frac{2\pi R}{\sqrt{l \cdot \frac{g}{\cos \alpha}} \cdot \sin \alpha} = \frac{2\pi l \sin \alpha}{\sqrt{l \cdot \frac{g}{\cos \alpha}} \cdot \sin \alpha} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \cos \alpha}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \cos \alpha}$$

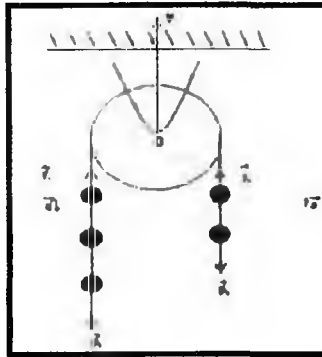
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \cos \alpha}$$

Javob:

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

Yechilishi.

Masalaning mazmunidan kelib chiqib chizma chizib olamiz. Chizmada kuchlarni va kinematik kattaliklarni ko'rsatamiz.



Endi bu chizmaga tegishli dinamika tenglamasini tuzib olamiz:

$$\bar{T}_1 + \bar{P}_1 = 3m\bar{a}$$

(1)

$$\bar{T}_2 + \bar{P}_2 = 2m\bar{a}$$

(2)

OY o'qiga proveksivalaymiz:

$$T_1 - P_1 = -3ma$$

(3)

$$T_2 - P_2 = 2ma$$

(4)

$$P_1 = 3mg, \quad P_2 = 2mg, \quad T_2 = T_1 = T$$

ekanligini hisobga olsak

$$T - 3mg = -3ma$$

$$T - 2mg = 2ma$$

$$T = -3ma + 3mg \quad (5)$$

$$T = 2ma + 2mg \quad (6)$$

$$(5) = (6)$$

$$-3ma + 3mg = 2ma + 2mg$$

$$mg = 5ma$$

$$a = \frac{g}{5}$$

(7)

Ishchi formula (7) ni chiqarib oldik, endi hisoblaymiz:

$$a = \frac{10 \text{ m/s}^2}{5} = 2 \text{ m/s}^2$$

Javob: 2 m/s^2

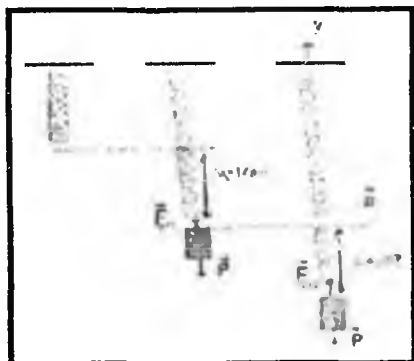
15-masala. Prujimga osilgan yuk uni 14 sm ga choʻzadi. Prujinaning yuk pastga yoʻnalgan $2,8 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan paytdagi choʻzilishi topilsin.

Berilgan: $\Delta x_1 = 14 \text{ sm}$; $a = 2 \text{ m/s}^2$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

Topish kerak: $\Delta x_2 = ?$

Yechilishi:

Masala shartiga mos chizma chizamiz. Taʼsir etayotgan kuchlarni aniqlab chizmada koʻrsatamiz.



Dastlab prujinaga yuk osilgan hol uchun prujinaning bikrligini topib olamiz:

$$P = k\Delta x_1 \quad (1)$$

$$k = \frac{P}{\Delta x_1} = \frac{mg}{\Delta x_1} \quad (2)$$

Endi prujina tezlanish bilan hrakatlangan paytdagi hol uchun tenglama tuzib olamiz.

$$\vec{P} + \vec{F}_{el} = m\vec{a} \quad (3)$$

OY o'qiga proeksiva olamiz

$$-P + F_{el2} = -ma$$

$$F_{el2} = P - ma \quad (4)$$

$$F_{el2} = k\Delta x_2 \quad (5)$$

$$(5) \rightarrow (4)$$

$$k\Delta x_2 = m(g - a) \quad (6)$$

$$\Delta x_2 = \frac{m(g-a)}{k} \quad (7)$$

(7) ga (2) ni keltirib qo'ysak

$$\Delta x_2 = \frac{m(g-a)\Delta x_1}{mg}$$

$$\Delta x_2 = \frac{(g-a)\Delta x_1}{g} \quad (8)$$

Ishchi formulamiz hosil bo'ladi. Hisoblashlarni bajaramiz:

$$\Delta x_2 = \frac{(10 - 2,8) \cdot 14}{10} = 10 \text{ sm}$$

Javob: 10sm

16-masala. 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 s o'tgach, yuklar qanday tezlikka erishadi? Shu vaqt davomida yuklarning har biri qancha yo'l o'tadi? Ishqalanish hisobga olinmasin.

Berilgan: $m = 230 \text{ g} = 23 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$; $m' = 30 \text{ g} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$; $t = 5 \text{ s}$

Topish kerak: $a = ?$; $v = ?$; $S = ?$

Yechilishi:

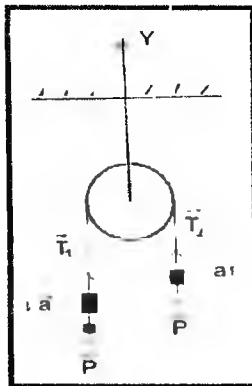
Masalaning mazmuni to'liq tahlil qilib, unga mos chizma chizib olamiz. Chizmada ta'sir etayotgan kuchlarni ko'rsatamiz.

$$T_1 = T_2 = T$$

$$m_1 = m_2 = m = 230 \text{ g}$$

$$a_1 = a_2 = a$$

$$m = 30 \text{ g}$$



$$P = P + m g$$

(1)

Dinamik tenglamalarni tuzib olamiz:

$$\begin{cases} T + \vec{P} = (m + m) a \\ T + \vec{P} = m \vec{a} \end{cases}$$

(2)

OX o'qiga proyeksiyalaymiz:

$$\begin{cases} T - P = -(m + m) a \\ T - P = m a \end{cases}$$

(3)

$$T = P - (m + m) a$$

(4)

$$T = m a + P$$

(5)

$$P - (m + m) a = m a + P$$

$$P - P = m a + (m + m) a$$

$$P' - P = a(m + m' + m)$$

$$P' - P = a(2m + m')$$

$$a = \frac{P' - P}{2m + m'} = \frac{(m + m' - m)g}{2m + m'} = \frac{m'g}{2m + m'} \quad (6)$$

(6) – ishchi formulaga berilgan qiymatlarni qo‘yib hisoblaymiz.

$$a = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{2 \cdot 230 \cdot 10^{-3} + 30 \cdot 10^{-3}} = \frac{330}{490} = 0,61 \text{ m/s}^2$$

5 s dan keyin erishadigan tezligini topish uchun

$$v = v_0 + at \quad (7)$$

dan foydalanamiz.

$v_0 = 0$ bo‘lgani uchun

$$v = at \quad (8)$$

bo‘ladi.

$$v = 0,61 \cdot 5 = 3 \text{ m/s}$$

Shu vaqt davomida yuklarning har biri bosib o‘tgan yo‘lini topish uchun ham kinematika formulalaridan foydalanamiz.

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (9)$$

Bu holda ham $v_0 = 0$ ekanligini hisobga olamiz va (9) formula quyidagicha bo‘ladi:

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (10)$$

(10) ishchi formula orqali hisoblaymiz:

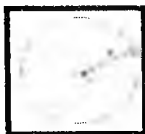
$$S = \frac{0,6 \cdot 5^2}{2} = 7,5 \text{ m}$$

Javob: $a = 0,6 \text{ m/s}^2$; $v = 3 \text{ m/s}$; $S = 7,5 \text{ m}$

17-masala. Sayyoralarning orbitasini aylana deb hisoblab, sayyora 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'lganda, bu bog'lanish qanday o'zgartgan bo'lar edi?

Yechilishi:



a) Biz bilamizki aylana bo'ylab harakatda kuch

$$F = \frac{mv^2}{R}$$

(1)

ga teng tortishish kuchi esa

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

(2)

Shu ikkala kuchni tenglashtirish yo'li bilan T va R orasidagi bog'lanishni topamiz:

(1)=(2)

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$$

(3)

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

(4)

(4) \rightarrow (3)

$$\frac{m4\pi^2 R^2}{RT^2} = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$4\pi^2 R^3 = GMT^2$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{GM}$$

(4)

$$T = \frac{2\pi\sqrt{R^3}}{\sqrt{GM}}$$

(5)

Demak, bunda

$$T = \sqrt{R^3}$$

bo'lar ekan. Agar tortishish kuchi

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

(6)

bo'lsa u holda

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$\frac{m4\pi^2 R^2}{RT^2} = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$4\pi^2 R^4 = GMT^2$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 R^4}{GM}$$

(7)

$$T = \frac{2\pi R^2}{\sqrt{GM}}$$

(8)

$$T \approx R^2$$

bo'lar ekan.

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

(9)

bo'lsa

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$\frac{m4\pi^2 R^2}{RT^2} = G \frac{Mm}{R}$$

$$4\pi^2 R^2 = GMT^2$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{GM}$$

(10)

$$T = \frac{2\pi R}{\sqrt{GM}}$$

(11)

$$T \approx R$$

Javob: $T \approx R$.

18-masala. Massasi $1 t$ 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.

Berilgan: $m = 1 t = 1000 kg$; $R = 100 m$; a) $v_1 = 18 km/soat = 5 m/s$; b) $v_2 = 36 km/soat = 10 m/s$

Topish kerak: $F_{m1} = ?$; $F_{m2} = ?$

Yechilishi:



$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

(1)

$$F_1 = ma_1$$

(2)

$$F_2 = ma_2$$

(2a)

$$F_1 = m \frac{v_1^2}{R}$$

$$F_2 = m \frac{v_2^2}{R}$$

$$F_1 = 250 N$$

$$F_2 = 1000 N$$

Javob: 250 N; 1000 N.

19-masala. 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 olmag.

Yechilishi:



$$F_2 = F_1$$

$$\begin{cases} P_1 + F_1 = Ma \\ P_2 + F_1 = (M + m)a \end{cases}$$

$$-Mg + F_1 = Ma$$

$$-(M + m)g + F_1 = -(M + m)a$$

$$(M + m)g - Mg = ((M + m) - M)a$$

$$mg = ma$$

$$-Mg + F_1 + (M + m)g - F_1 = Ma + (M + m)a$$

$$mg = 2Ma + ma = (2M + m)a$$

$$a = \frac{mg}{2M + m}$$

$$F_1 = M(a + g) = M\left(\frac{m}{2M + m} + 1\right)g$$

$$F_1 = M\left(\frac{m + 2M + m}{2M + m}\right)g = M \cdot 2 \frac{M + m}{2M + m} \cdot g$$

$$F_1 = \frac{2M(M + m) \cdot g}{2M + m}$$

$$F_1 = (M + m)(g - a) = (M + m)\left(g - \frac{mg}{2M + m}\right) = \frac{2M(m + M)g}{2M + m}$$

$$F_1 = \frac{2M(m + M)g}{2M + m}$$

$$F_2 = 2F_1$$

$$F_2 = \frac{4M(m + M)g}{2M + m}$$

20-masala. 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.

Berilgan: $m_1 = m_2 = 70 \text{ t} = 70 \cdot 10^3 \text{ kg}$; $r = 200 \text{ m}$

Topish kerak: $F = ?$

Yechilishi:

Masaladagi berilgan shartlarga asosan vagonlarga ta'sir etuvchi tortishish kuchi Nyutonning butun olam tortishish qonuniga asosan

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

formuladan topiladi. Massalari teng bo'lgani uchun qiymatlarni qo'yib hisoblaymiz.

$$F = \frac{6,67 \cdot 10^{-10} \cdot (70 \cdot 10^3)^2}{200^2} = 8,1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

Javob: $8,1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

1.4-§. Oattiq jisim dinamikasi

Qo'zg'almas Z o'qi atrofida aylanayotgan qattiq jisim dinamikasining tenglamasi:

$$I\varepsilon_z = M_z$$

bu yerda M_z – tashqi kuchlarning Z o'qiga nisbatan momentlarining algebrik yig'indisi.

Ba'zi jismlarning inersiya momenti:

1) aylanish o'qidan R masofadagi m massali nuqta uchun:

$$I = mR^2$$

2) uzunligi l bo'lgan bir jinsli sterjenning unga perpendikulyar bo'lib, massa markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti:

$$I = \frac{1}{12} ml^2$$

bu yerda m – sterjen massasi. Agar aylanish o'qi sterjenga perpendikulyar bo'lib, uning uchi orqali o'tgan bo'lsa:

$$I = \frac{1}{3} ml^2$$

3) radiusi R va massasi m bo'lgan bir jinsli disk yoki silindrning o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$I = \frac{1}{2} mR^2$$

4) yupqa devorli truba yoki halqaning geometrik o'qiga nisbatan inersiya

momenti:

$$I = mR^2$$

5) massasi m bo'lgan kovak silindrning simmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$I = \frac{1}{2} m(R_2^2 - R_1^2)$$

bu yerda R_1 va R_2 – *ichki va tashqi radiuslar*;

6) massasi m va radiusi R bo'lgan bir jinsli sharning massa markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti:

$$I = \frac{2}{5} mR^2$$

7) radiusi R va massasi m bo'lgan yupqa diskning diametri bilan ustma-ust tushgan o'qqa nisbatan inersiya momenti:

$$I = \frac{1}{4} mR^2$$

Jismning ixtiyoriy o'qqa nisbatan inersiya momenti Shtevner teoremasiga ko'ra aniqlanadi:

$$I = I_0 + ma^2$$

bu yerda I_0 – jismning berilgan o'qqa parallel bo'lib, massalar markazi orqali o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti, a – o'q'lar orasidagi masofa

Qattiq jismni qo'zg'almas o'q atrofida burishda tashqi kuchlarning bajargan ishi:

$$A = \int_0^{\varphi} M_z d\varphi$$

Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning kinetik energiyasi:

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}$$

Yassi harakat qilayotgan qattiq jismning kinetik energiyasi:

$$E_k = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

bu yerda m -- jism massasi, v_c -- massa markazining tezligi, I - jismning massa markazi oraali o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti, ω - o'sha o'a atrofida avlanishning burchak tezligi.

Qattiq jismning qo'zg'almas Z o'qqa nisbatan impuls momenti:

$$L_Z = I_Z \omega_Z$$

bu yerda I_Z - jismning Z o'qqa nisbatan inersiya momenti, ω_Z - burchak tezlik.

Qattiq jism muvozanatining shartlari:

1. Qattiq jismga quyilgan barcha tashqi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_i = 0$$

2. Tashqi kuchlarning ixtiyoriy nuqtaga nisbatan jamlangan momenti nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$\vec{M} = \sum \vec{M}_i = 0$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. $m = 0,3$ kg massali moddiy nuqtaning nuqtadan $r = 20$ sm uzoqlikdan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti I aniqlansin.

Berilgan: $m = 0,3$ kg; $r = 0,2$ m

Topish kerak: J — ?

Yechilishi:

$$J = m \cdot r^2 = 0,3 \cdot 0,2^2 = 0,012 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Javob: $J = 0,012 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

2-masala. Har birining massasi $m = 10$ g dan bo'lgan ikkita kichik sharcha uzunligi $l = 20$ sm bo'lgan ingichka, vaznsiz tayoqcha yordamida mahkamlangan. Tizimning tayoqchaga tik va massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti J aniqlansin.

Berilgan: $m = 0,01$ kg; $l = 0,2$ m

Topish kerak: J — ?

Yechilishi:

$$J = J_1 + J_2$$

$$J = \frac{ml^2}{4} + \frac{ml^2}{4} = \frac{ml^2}{2} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Javob: $J = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

3-masala. Uzunligi $l = 60 \text{ sm}$ va massasi $m = 100 \text{ g}$ bo'lgan ingichka bir jinsli tayoqchanning unga tik va tayoqchanning uchlaridan biridan $a = 20 \text{ sm}$ masofadagi nuqtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti J aniqlansin.

Berilgan: $l = 0,6 \text{ m}; m = 0,1 \text{ kg}; a = 0,2 \text{ m}$

Topish kerak: J — ?

Yechilishi:

$$J = J_0 + ma^2$$

$$J = \frac{1}{12} ml^2 + m \left(\frac{l}{2} - a \right)^2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Javob: $J = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

4-masala. Massasi $m = 50 \text{ g}$ va radiusi $R = 10 \text{ sm}$ bo'lgan halqaning halqaga urinma bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti J aniqlansin.

Berilgan: $m = 0,05 \text{ kg}; R = 0,1 \text{ m}$

Topish kerak: J — ?

Yechilishi:

$$J = J_0 + mR^2$$

$$J_0 = \frac{1}{2} mR^2$$

$$J = \frac{1}{2} mR^2 + mR^2 = \frac{3}{2} mR^2$$

$$J = \frac{3}{2} mR^2 = \frac{3}{2} \cdot 0,05 \cdot 0,1^2 = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Javob: $J = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

5-masala. Diskning diametri $d = 20 \text{ sm}$, massasi $m = 800 \text{ g}$. Diskning radiuslaridan birining markazidan disk tekisligiga tik ravishda o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti J aniqlansin.

Berilgan: $d = 0,2 \text{ m}; m = 0,8 \text{ kg}$

Topish kerak: J — ?

Yechilishi:

$$J = J_0 + m \left(\frac{R}{2} \right)^2$$

$$J_0 = \frac{1}{2} m R^2$$

$$J = \frac{1}{2} m R^2 + \frac{m R^2}{4} = \frac{3}{4} m R^2$$

$$J = \frac{3}{4} m R^2 = \frac{3}{4} \cdot 0,8 \cdot 0,1^2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Javob: $J = 6 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

1.5-8. Hidrostatika

Bosim. Sirtga perpendikulvar ta'sir qiluvchi F kuch modulining shu sirtning S yuziga nisbatiga teng fizik kattalik bosim deyiladi:

$$P = \frac{F}{S}$$

Paskal qonuni. Suvuqlik yoki gazga ta'sir ettirilgan bosim suvuqlik voki gazning har bir nuqtasiga o'zgarishsiz uzatiladi.

Gidrostatik bosim. Balandligi h bo'lgan bir jinsli suvuqlikning idish tubiga beradigan bosimi:

$$P = \rho g h$$

Arximed kuchi. Suvuqlikka voki gazga bostirilgan jismni itarib chiqaruvchi kuch jism siqib chiqargan suvuqlik voki gaz og'irligiga teng:

$$F_A = \rho g V$$

bu yerda ρ – suvuqlik voki gazning zichligi. V – suvuqlik voki gazga botirilgan jism qismining hajmi.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Kovak kubga yuqori qismigacha to'ldirib suv quyilgan. Suvning idish tubiga berayotgan bosim kuchi uning yon tomonlariga berayotgan bosim kuchidan qancha marta katta? Atmosfera bosimi hisobga olinmasin.

Topish kerak: F_1/F_2 - ?

Yechilishi.

Idish tubiga berilayotgan bosim kuchi

$$F_1 = PS.$$

bu yerda P - suv ustunining idish tubiga bosimi, S - kub yoqlarining yuzasi. Yon devoriga berayotgan bosim chuqurlik oshishi bilan 0 dan P gacha oshadi. Shu sababli bosim kuchi quyidagiga teng:

$$F_2 = \frac{0 + P}{2} \cdot S.$$

Bosim kuchlari nisbati quyidagiga teng:

$$\frac{F_1}{F_2} = 2.$$

Javob: 2.

2-masala. Silindrik idishga teng massali simob va suv quyilgan. Ikkala suyuqlik qatlamining umumiy balandligi **29,2 sm**. Suyuqliklarning idish tubiga berayotgan bosimi topilsin. Atmosfera bosimi hisobga olinmasin.

Berilgan: $h = 29,2 \text{ sm} = 0,292 \text{ m}$; $m_1 = m_2$; $\rho_1 = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;
 $\rho_2 = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Topish kerak: P - ?

Yechilishi.

Ikkala suyuqlik qatlamining idish tubiga berayotgan umumiy gidrostatik bosimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$P = P_1 + P_2, \quad (1)$$

bu yerda P_1 va P_2 - mos holda simob va suvning idish tubiga beradigan gidrostatik bosimlari bo'lib, bular quyidagiga teng:

$$P_1 = \rho_1 g h_1. \quad (2)$$

$$P_2 = \rho_2 g h_2, \quad (3)$$

bu yerda ρ_1 va ρ_2 - mos holda simob va suvning zichliklari, h_1 va h_2 - mos holda simob va suv ustunlarining balandliklari.

(2) va (3) ifodalarni e'tiborga olib (1) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$P = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = g(\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2). \quad (4)$$

Suyuqliklar ustunlarining balandligi, ya'ni h_1 va h_2 larni masala shartidan foydalangan holda topamiz. Masala shartida suyuqliklarning massalari teng: $m_1 = m_2$ yoki $\rho_1 h_1 S = \rho_2 h_2 S$ bu yerda S – *idish asosining vuzi*. Bu ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2. \quad (5)$$

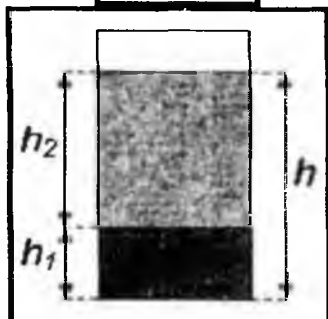
Ikkinchi tomondan

$$h = h_1 + h_2. \quad (6)$$

(5) va (6) tenglamalardan h_1 va h_2 larni topamiz

$$h_1 = \frac{h \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (7)$$

$$h_2 = \frac{h \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \quad (8)$$



(7) va (8) ifodalarni (4) ifodaga qo'yamiz va quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$P = \frac{2\rho_1\rho_2hg}{\rho_1 + \rho_2}$$

Ushbu formulalarga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$P = 53 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 5,3 \text{ kPa.}$$

Javob: 5,3 kPa.

3-masala. Gidravlik pressning kichik porsheni $F_1 = 500 \text{ N}$ kuch ta'sirida $h_1 = 15 \text{ sm}$ masofaga pasaygan. Buning natijasida katta porshen $h_2 = 5 \text{ sm}$ balandlikka ko'tarilgan. Katta porshenga qanday kuch ta'sir qilgan?

Berilgan: $F_1 = 500 \text{ N}$; $h_1 = 15 \text{ sm} = 0,15 \text{ m}$; $h_2 = 5 \text{ sm} = 0,05 \text{ m}$

Topish kerak: $F_2 - ?$

Yechilishi.

Gidravlik pressning kichik porsheni F_1 kuch bilan ta'sir qilinganda suyuqlikda quyidagi bosim hosil bo'ladi.

$$P = \frac{F_1}{S_1} \quad (1)$$

bu yerda S_1 kichik porshen yuzasi. Paskal qonuniga asosan bu bosim suyuqlikning har bir nuqtasiga tekis uzatiladi. Natijada katta porshen ham ushbu bosim ta'siri ostida bo'ladi, ya'ni:

$$P = \frac{F_2}{S_2} \quad (2)$$

bu yerda S_2 katta porshen yuzasi. Demak

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad \text{yoki} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad (3)$$

Bu munosabattan katta porshenga ta'sir qiluvchi kuchni topamiz

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} F_1 \quad (4)$$

Kichik porshen siqib chiqargan suyuqlik katta porshen joylashgan ustun tamonga o'tadi. Suyuqliklarning siqilmaslik xususiyatini e'tiborga olsak quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$V_1 = V_2$$

bundan

$$S_1 h_1 = S_2 h_2$$

yoki

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{h_1}{h_2} \quad (5)$$

(5) ifodani (4) ifodaga qo'yamiz va quyidagi munosabatni olamiz

$$F_2 = \frac{h_2}{h_1} F_1$$

Ushbu formulalarga kattaliklarning son qiymatlar qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$F_2 = 1500 \text{ N} = 1,5 \text{ kN}$$

Demak, katta porshenga $1,5 \text{ kN}$ kuch ta'sir qilar ekan.

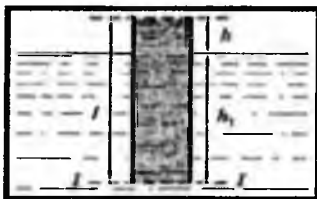
Javob: 1,5 kN.

4-masala. Truba suvda vertikal holatda suzib yuribdi. Trubaning suvdan chiqib turgan qismining balandligi h ga teng. Trubaning ichiga zichligi $\rho_1 = 0,9 \text{ g/sm}^3$ bo'lgan moy quyilgan. Truba uzunligi qanday bo'lganda u butunlay suv bilan ko'milishi mumkin?

Berilgan: h ; $\rho_1 = 0,9 \text{ g/sm}^3 = 0,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Topish kerak: l - ?

Yechilishi.



Truba moy bilan to'ldirilsa, unda truba asosidagi sathda ($l-l$) moy hosil qilgan bosim suv bosimiga teng bo'ladi:

$$P_0 + \rho_1 gl = P_0 + \rho gh_1 \quad (1)$$

bu yerda ρ_1 , ρ – mos holda moy va suv zichliklari.

$$h_1 = l - h \quad (2)$$

(2) ifodani e'tiborga olib, (1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$P_0 + \rho_1 gl = P_0 + \rho g(l - h)$$

Bu tenglamadan l ni topamiz:

$$l = h \frac{\rho}{\rho - \rho_1} = 10h$$

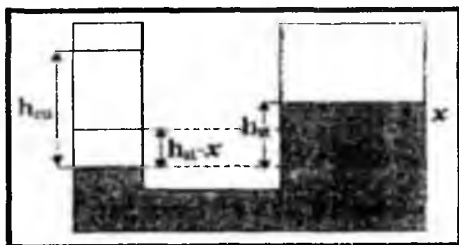
Javob: 10h.

5-masala. Tutash idishda simob turibdi. Bir idishning kesimi yuzasi ikkinchisidan *2 marta katta*. Tor idishga balandligi *1,02 m* gacha bo'lgan suv quyiladi. Keng idishdagi simob qanchaga ko'tariladi? Simobning zichligi 13600 kg/m^3 .

Berilgan: $n = 2$; h_{suv} ; $\rho_{suv} = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{sim} = 13600 \text{ kg/m}^3$.

Topish kerak: x - ?

Yechilishi.



Simob bilan suv chegarasidagi sathda bosimlar tenglashadi, ya'ni:

$$\rho_{sim} g h_{sim} = \rho_{suv} g h_{suv}$$

yoki

$$\rho_{sim} h_{sim} = \rho_{suv} h_{suv} \quad (1)$$

Katta idishdagi simob sathining o'zgarishini x bilan belgilaymiz va simobning hajmi o'zgarishlik shartini yozamiz (keng idishdagi simob hajmining oshishi tor idishdagi hajmining kamayishiga teng bo'ladi):

$$2Sx = S(h_{sim} - x) \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalardan

$$x = \frac{\rho_{suv} h_{suv}}{3\rho_{sim}}$$

Javob: $x = \frac{\rho_{suv} h_{suv}}{3\rho_{sim}}$

6-masala. Jismning suvda og'irligi havodagiga nisbatan *2 marta kam*. Jismning zichligi nimaga teng?

Berilgan: $P_j/mg = 2$; $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Topish kerak: ρ - ?

Yechilishi.

Jismning suyuqlikdagi og'irligi deb, tayanchga yoki osmaga ta'sir qiluvchi kuchga aytiladi. Muvozanat shartidan quyidagi tenglamani olamiz:

$$P_j = mg - F_A$$

Masala shartiga ko'ra

$$mg - F_A = 0,5mg$$

Bu tenglamadagi jism massasini uning zichligi va hajmi orqali ifodalaymiz

$$m = \rho V$$

Arximed kuchi uchun quyidagi ifodani qo'yamiz

$$F_A = \rho_s g V$$

Ushbu formulalarni e'tiborga olib (1) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz

$$\rho g V - \rho_s g V = 0,5 \rho g V$$

Bundan jism moddasining zichligini topamiz

$$\rho = 2\rho_s = 2000 \text{ kg/m}^3$$

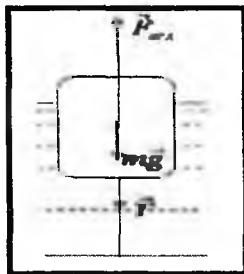
Javob: 2000 kg/m^3 .

7-masala. Ipning bir uchi ko'l tubiga ikkinchi uchi esa probkasimon po'kakka bog'langan bo'lib, bunda po'kakning butun hajmining 75% i suvga botib turibdi. Agar po'kak massasi 2 kg bo'lsa, ipning taranglik kuchini aniqlang. Po'kakning zichligi 300 kg/m^3 , $g=10 \text{ m/s}^2$.

Berilgan: $\rho = 300 \text{ kg/m}^3$; $m = 2 \text{ kg}$; $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Topish kerak: $T - ?$

Yechilishi.



Po'kakning muvozanat sharti

$$F_A - T - mg = 0$$

(1)

bu yerda F_A – Arximed ko'tarish kuchi bo'lib, mazkur holda quyidagiga teng:

$$F_A = \rho_s g V_{ch} = \rho_s g \frac{3V}{4} = \rho_s g \frac{3m}{4\rho}$$

(2)

bu yerda ρ – do'kakning zichligi, ρ_s – suvning zichligi, V_{ch} – siqib chiqarilgan suvning hajmi.

(2) ifodani (1) tenglamaga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$\rho_s g \frac{3m}{4\rho} - T - mg = 0$$

Bu yerdan ipning taranglik kuchini topamiz:

$$T = \rho_s g \frac{3m}{4\rho} - mg = mg \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) = 30 \text{ N}$$

Javob: 30 N.

8-masala. Kovak mis shar havoda va suvda tortilganda uning og'irligi mos holda $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ va $2,17 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ ga teng. Sharning ichki bo'shlig'ining hajmini toping. Misning zichligi $8,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Havoning ko'tarish kuchini hisobga olinmasin.

Berilgan: $P = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ N}$; $T = 2,17 \cdot 10^{-2} \text{ N}$; $\rho_m = 8,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Topish kerak: V_b - ?

Yechilishi.

Sharni suvda tortganimizda, sharga uning havodagi og'irligiga teng P – og'irlik kuchi (sababi havoning ko'tarish kuchini hisobga olinmasin devilgan); T – sharni dinamometrga bog'lovchi ipning taranglik kuchi; F_A – suvning itarib chiqaruvchi kuchi yoki Arximed kuchi ta'sir qiladi.

Jism muvozanat holatida bo'lgani uchun

$$F_A + T - P = 0 \quad (1)$$

Arximed kuchi quyidagiga teng :

$$F_A = \rho_s g V_{sh} \quad (2)$$

bu yerda V – shar hajmi, ρ_s – suv zichligi. (2) formulalarni (1) tenglamaga qo'yamiz va (1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz :

$$\rho_s g V_{sh} + T - P = 0 \quad (3)$$

V_{sh} sharning hajmi V_m mis va V_b bo'shliq hajmlarining yig'indisiga teng

$$V_{sh} = V_m + V_b$$

Shar bo'shlig'i qismining hajmi quyidagiga teng bo'ladi:

$$V_b = V_{sh} - V_m \quad (4)$$

Bu yerda $V_m = m_m / \rho_m$ – mis egallagan hajm, ρ_m – mis zichligi. Buni (4) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz

$$V_b = V_{sh} - \frac{m_m}{\rho_m} \quad (5)$$

Mis massasi quyidagiga teng

$$m_m = \frac{P}{g}$$

Bu formulani (5) ifodaga qo'yamiz

$$V_b = V_{sh} - \frac{P}{\rho_m g} \quad (6)$$

(3) va (6) tenglamalardan sharning ichki bo'shlig'ining hajmini topamiz

$$V_h = \frac{P - T}{\rho_s g} - \frac{P}{\rho_m g}$$

Bu ifodaga kattaliklarning qiymatlarini qo'yib hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$V_h = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Javob: $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

9-masala. Zichliklari ρ_1 va ρ_2 bo'lgan ikki metall qotishma quymasining og'irligi havoda P_1 suvda esa P_2 ga teng. Quymadagi har bir metallning og'irligi aniqlansin.

Berilgan: $\rho_1; \rho_2; P_1; P_2$.

Topish kerak: $P_x - ?$, $P_y - ?$

Yechilishi.

Suvda quymaga ta'sir qiluvchi Arximed kuchi:

$$F_A = P_1 - P_2 \quad (1)$$

Arximed kuchi

$$F_A = \rho_s g V \quad (2)$$

bu yerda ρ_s — suv zichligi. (2) ni (1) ga qo'yamiz

$$\rho_s g V = P_1 - P_2$$

bu yerda V — quyma hajmi:

$$V = \frac{P_1 - P_2}{\rho_s g}$$

Zichligi ρ_1 bo'lgan metall egallagan hajmni x orqali, ikkinchi metal egallagan hajmni esa $V-x$ deb belgilab olamiz. Quymaning havodagi og'irligi:

$$P_1 = \rho_1 g x + \rho_2 g (V - x) = \rho_1 g x + \rho_2 g \left[\frac{P_1 - P_2}{\rho_s g} - x \right]$$

Bundan x va $V-x$ kattaliklarni topamiz:

$$x = \frac{\rho_2 (P_1 - P_2) - \rho_s P_1}{\rho_s g (\rho_2 - \rho_1)}$$

$$V - x = \frac{\rho_1 (P_2 - P_1) - \rho_s P_1}{\rho_s g (\rho_2 - \rho_1)}$$

Har bir metall og'irligi:

$$P_x = \rho_1 g x = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_1 - P_2) - \rho_1 \rho_s P_1}{\rho_s (P_2 - P_1)}$$

$$P_y = \rho_2 g (V - x) = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_2 - P_1) - \rho_1 \rho_s P_1}{\rho_s (P_2 - P_1)}$$

Javob:
$$P_x = \rho_1 g x = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_1 - P_2) - \rho_1 \rho_s P_1}{\rho_s (P_2 - P_1)}$$

$$P_y = \rho_2 g (V - x) = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_2 - P_1) - \rho_1 \rho_s P_1}{\rho_s (P_2 - P_1)}$$

10-masala. Zichliklari ρ_1 va ρ_2 bo'lgan ikkita o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar bo'linish chegarasida sharcha shunday suzib yuribdi, bunda suyuqliklarga botishi hajmining nisbati $n = V_1/V_2$ ga teng. Shar moddasining zichligi topilsin.

Berilgan: ρ_1 ; ρ_2 ; $n = V_1/V_2$

Topish kerak: ρ_{sh} — ?

Yechilishi.

Og'irligi P bo'lgan jismning suyuqlikdagi og'irligi ifodasidan foydalanamiz, yani:

$$F_A = P.$$

Bu yerda F_A — Arximed kuchi bo'lib, u quyidagiga teng

$$F_A = \rho_s g V_s$$

Mazkur masalaga ushbu shart quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\rho_{sh} g V_{sh} = \rho_1 g V_1 + \rho_2 g V_2 \quad (1)$$

Masala shartidan:

$$V_{sh} = V_1 + V_2$$

$$n = \frac{V_1}{V_2}$$

Ushbu shartlardan V_1 va V_2 larni olamiz:

$$V_1 = \frac{n V_{sh}}{n+1} \quad (2)$$

$$V_2 = \frac{V_{sh}}{n+1} \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$\rho_{sh} g V_{sh} = \rho_1 g \frac{n V_{sh}}{n+1} + \rho_2 g \frac{V_{sh}}{n+1}$$

$$\rho_{sh} = \frac{\rho_1 n + \rho_2}{n+1}$$

Javob:

1.6-8. Suyuqliklar va gazlar mexanikasi

Siqilmaydigan suyuqlikning statsionar oqimi uchun uzluksizlik tenglamasi:

$$v \cdot S = const$$

o'rinlidir, bu yerda v – suyuqlik tezligi, S – oqim trubkasining ko'ndalang kesimi yuzi.

Oqim trubkasining ixtiyoriy kesimi orqali vaqt birligi ichida o'tayotgan suyuqlik hajmi (suyuqlik sarfi):

$$Q = v \cdot S$$

Ideal suyuqlikning keng idishdagi kichik teshikdan oqib chiqish tezligi:

$$v = \sqrt{2gh}$$

bu yerda h – idishdagi teshikning suvuqlik sathiga nisbatan chuqurligi
Bernulli tenglamasi:

$$P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = \text{const}$$

bu yerda ρ – suvuqlik zichligi, P – suvuqlikning statik bosimi, v – suvuqlik oqimining tezligi, h – trubka kesimining biror sathga nisbatan balandligi.

Hajmi V bo'lgan suyuqlik P_1 bosimli fazodan P_2 bosimli fazoga o'tganda tashqi bosim tomonidan bajarilgan ish:

$$A = (P_2 - P_1)V$$

ga teng bo'ladi.

Laminar oqimda suyuqlikka botirilgan jismga ta'sir etadigan qarshilik kuchi:

$$F = r\eta v$$

bu yerda r – jismning shakli va o'lchamiga bog'liq bo'lgan koeffitsient, η – yopishqoqlik, v – oqim tezligi.

Yopishqoq muhitda harakat qilayotgan sharga ta'sir etadigan qarshilik kuchi (Stoks formulasi):

$$F = 6\pi R\eta v$$

bu yerda R – shar radiusi.

Laminar oqish paytida uzunligi l va radiusi R bo'lgan quvur (truba) orqali t vaqt ichida oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi Puazeyl formulasi yordamida topiladi:

$$V = \frac{1}{8} \frac{\pi R^4}{\eta} \Delta p t$$

bu yerda Δp – quvur (truba) uchlardagi bosimlar farqi.

Turbulent oqish paytida unchalik katta bo'lmagan tezliklarda qarshilik:

$$F = C_x S \rho v^2$$

bu yerda C_x – jism shakliga va Reynolds soniga bog'liq bo'lgan qarshilik koeffitsienti, S – jismning oqim tezligiga perpendikulyar tekislikka proektsiyasining vuzi, ρ – muhitning zichligi.

Reynolds soni:

$$\text{Re} = \frac{\rho v l}{\eta}$$

bu yerda l – jismning chiziqli o'lchamlarini xarakterlovchi kattalik.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Kesimi o'zgaruvchan bo'lgan gorizontol ravishda joylashgan quvurdan suv oqmoqda. Quvurning keng qismida suvning tezligi $v_1 = 20$ m/s. Quvurning diametri d_2 keng qismining diametri d_1 dan **1,5 marta kichik** bo'lgan tor qismidagi tezlik v_2 aniqlansin.

Berilgan: $v_1 = 0,2$ m/s; $d_2 = 1,5 \cdot d_1$;

Topish kerak: v_2 — ?

Yechilishi:

$$v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot S_1}{S_2}$$

$$S = \pi R^2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot d_1^2}{d_2^2}$$

$$d_1 = 1,5 \cdot d_2$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot (1,5 \cdot d_2)^2}{d_2^2} = 2,25 \cdot v_1 = 0,45 \text{ m/s}$$

Javob: $v_2 = 0,45$ m/s

2-masala. Gorizontol joylashgan quvurning keng qismidan neft $v_1 = 2$ m/s tezlik bilan oqmoqda. Agar quvurning keng va tor qismlaridagi bosimlar farqi $\Delta p = 6,65$ kPa bo'lsa, neftning quvurning tor qismidagi tezligi v_2 aniqlansin.

Berilgan: $v_1 = 2$ m/s; $\Delta p = 6,65 \cdot 10^3$ Pa

Topish kerak: v_2 — ?

Yechilishi:

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

$$P_1 - P_2 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\rho v_2^2}{2}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2}{\rho} \left(\Delta p + \frac{\rho v_1^2}{2} \right)} = 4,33 \text{ m/s}$$

Javob: $v_2 = 4,33 \text{ m/s}$

3-masala. Nasos gorizontaal silindrining diametri $d_1 = 20 \text{ sm}$. Unda $d = 2 \text{ sm}$ diametrlil teshikdan suvni haydagancha $v_1 = 1 \text{ m/s}$ tezlik bilan porshen harakatlanadi. Suv teshikdan qanday v_2 tezlik bilan oqib chiqadi? Suvning silindrdagi ortiqcha bosimi p qanday bo'ladi?

Berilgan: $d_1 = 0,2 \text{ m}$; $v_1 = 1 \text{ m/s}$; $d_2 = 0,02 \text{ m}$

Topish kerak: v_2 — ?; p - ?

Yechilishi:

$$v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\frac{v_1 \cdot \pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{v_2 \cdot \pi \cdot d_2^2}{4}$$

$$v_1 \cdot d_1^2 = v_2 \cdot d_2^2$$

$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 = 1 \cdot \left(\frac{0,2}{0,02} \right)^2 = 100 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{\rho v_2^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\rho}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2) = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Javob: $P = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

4-masala. Shamolning devorga bosimi $P = 200 \text{ Pa}$. Agar shamol devorga tik ravishda esayotgan bo'lsa, uning tezligi v aniqlansin. Havoning zichligi $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$.

Berilgan: $P = 200 \text{ Pa}$; $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$

Topish kerak: v — ?

Yechilishi:

$$P = \frac{F}{S}$$

$$F \cdot \Delta t = \Delta p$$

$$F \cdot \Delta t = 2m v$$

$$F = \frac{2m v}{\Delta t}$$

$$P = \frac{2m v}{\Delta t}$$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot l$$

$$\frac{l}{\Delta t} = v$$

$$\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 2\rho v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{P}{2\rho}} = 8,8 \text{ m/s}$$

Javob: $v = 8,8 \text{ m/s}$

5-masala. Balandligi $h = 1,5 \text{ m}$ bo'lgan bak suv bilan limmo-lim qilib to'ldirilgan. Bakning yuqori chegarasidan $d = 1 \text{ m}$ masofada kichik diametrlilik teshik hosil bo'ladi. Teshikdan chiqadigan suv oqimi polga bakdan qancha l masofada tushadi.

Berilgan: $h = 1,5 \text{ m}$; $d = 1 \text{ m}$

Topish kerak: l — ?

Yechilishi:

$$mgd = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2gd}$$

$$S = h - d = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$l = v \cdot t = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d(h-d)}{g}} = 2\sqrt{d(h-d)} = 1,4 \text{ m}$$

Javob: $l = 1,4 \text{ m}$

1.7-8. MUSTAOIL YECHISH UCHUN MASALALAR

- To'g'ri chiziqli harakat tenglamasi $x = At + Bt^2$ ko'rinishga ega. Bu yerda $A = 3 \text{ m/s}$, $B = -0,25 \text{ m/s}^2$. Berilgan harakat uchun koordinataning va yo'ning vaqtga bog'lanish grafiklari tuzilsin.
- Samolyot kuzatish boshlangan paytda boshlang'ich koordinatalari $x_0 = 0$, $y_0 = 400 \text{ m}$ bo'lgan nuqtada bo'lib, XOY vertikal tekislikda gori-zontga 30° burchak ostida 100 m/s tezlik bilan tekis va to'g'ri harakatlangan. Koordinatalarning vaqtga bog'liqlik tenglamalari $x = x(t)$, $y = y(t)$ ni va trayektoriya tenglamasi $y = y(x)$ ni yozing.
- Odami poyezd bilan yonma-yon, poyezdning oldingi qalqonlari bilan bir chiziqli turibdi. Poyezd $0,1 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qilib boshlagan paytda, odam ham shu yo'nalishda $1,5 \text{ m/s}$, o'zgarmas tezlik bilan harakatlanib boshladi. Qancha vaqtdan keyin poyezd odamga yetib oladi? Poyezdning shu ondagi tezligi \mathcal{V}_1 va odamning bu vaqt ichida o'tgan yo'li S_{od} aniqlansin.
- Avtomobil yo'ning birinchi yarmini $\mathcal{V}_1 = 10 \text{ m/s}$, ikkinchi yarmini esa $\mathcal{V}_2 = 15 \text{ m/s}$ tezlik bilan o'tdi. Butun yo'l davomidagi o'rtacha tezlikni toping. O'rtacha tezlik \mathcal{V}_1 va \mathcal{V}_2 ning o'rtacha arifmetik qiymatidan kichik ekanligini isbotlang.
- $0,4 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan avtomobilning tezligi qancha vaqtdan keyin 12 dan 20 m/s gacha ortadi?
- Tezlik $\mathcal{V}_1 = 15 \text{ km/soat}$ bo'lganda avtomobilning tormozlanish yo'li $S_1 = 1,5 \text{ m}$ ga teng. Tezlik $\mathcal{V}_2 = 90 \text{ km/soat}$ bo'lganda tormozlanish yo'li qancha bo'ladi? Tezlanish ikkala holda ham bir xil.
- Moddiy nuqtalarning harakat tenglamalari quyidagicha: a) $x_1 = 10t + 0,4t^2$; b) $x_2 = 2t - t^2$; d) $x_3 = -4t + 2t^2$; e) $x_4 = -t - 6t^2$. Har qaysi nuqta

- uchun $\mathcal{B}_x = \mathcal{B}_x(t)$ bog'lanishni yozing; bu bog'lanishlar grafiklarini chizing; har qaysi nuqtaning harakatini tavsiflang.
8. GES turbinasining ishchi g'ildiragining diametri $7,5 \text{ m}$ bo'lib, u $93,8 \text{ ayl/min}$ chastota bilan aylanadi. Turbina kurakchalari uchlarining markazga intilma tezlanishini toping.
 9. Burab yurgiziladigan o'yinchoq avtomobil tekis harakatlanib, t vaqt ichida S yo'lni bosib o'tdi. Avtomobil g'ildiragining diametri d ga teng. G'ildiraklarning aylanish chastotasini va g'ildirak to'g'inidagi nuqtalarning markazga intilma tezlanishini toping. Iloji bo'lsa, masaladagi aniq ma'lumotlarni tajriba yo'li bilan oling.
 10. Yukni $0,4 \text{ m/s}$ tezlik bilan ko'tarishda diametri 16 sm bo'lgan chig'ir barabanining aylanish chastotasi qanday bo'lishini toping.
 11. Massasi 100 t bo'lgan manyovr teplovozi tinch turgan vagonni turtib yubordi. O'zaro ta'sirlashish vaqtida vagonning tezlanishi teplovoznig tezlanishidan modul bo'yicha 5 marta katta bo'lgan. Vagonning massasi qanday?
 12. Massalari 400 va 600 g bo'lgan ikkita jism bir-biriga qarama-qarshi harakatlanib kelib to'qnashdi va shundan keyin to'xtab qoldi. Agar birinchi jism 3 m/s tezlikda harakatlangan bo'lsa, ikkinchi jismning tezligi qanday bo'lgan?
 13. Massasi 60 t bo'lgan vagon $0,2 \text{ m/s}$ tezlik bilan qo'zg'almas platformaga yaqinlashib kelib buferlari bilan urilganda platforma $0,4 \text{ m/s}$ tezlik oladi. Agar vagon urilganidan keyin uning tezligi $0,2 \text{ m/s}$ gacha kamaygan bo'lsa, platformaning massasi qanday?
 14. Futbolchi to'pni tepgandan keyin to'p yuqoriga qarab vertikal uchib bormoqda:
 - a) tepish paytida;
 - b) to'p yuqoriga ko'tarilayotgan vaqtda;
 - d) to'p pastga tushayotganda;
 - e) yerga urilayotganda to'pga ta'sir qiluvchi kuchlarni ko'rsating va ularni taqqoslang.
 15. Ilgagidagi tortish kuchi 15 kN bo'lgan traktor tirkamaga $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish beradi. Tortish kuchi 60 kN ga yetadigan traktor o'sha tirkamaga qanday tezlanish beradi?
 16. Massasi 4 t bo'lgan yuk ortilmagan (bo'sh) yuk avtomobili $0,3 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanib boshladi. Agar avtomobil o'sha tortish kuchida joyidan $0,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan qo'zg'alsa, avtomobilga ortilgan yukning massasi qanday?
 17. Kosmik kema erkin uchayotganda kosmonavt qo'lidan massiv buyumni qo'yib yuborsa (itarmay yoki turtib yubormay), kosmonavtga nima bo'ladi? Agar u buyumni otib yuborsachi?

18. Massasi 2 t bo'lgan avtomobilni $0,5\text{ m/s}^2$ tezlanish bilan shatakka olib ketayotganda bikrligi 100 kN/m bo'lgan trosning cho'zilishini toping. Ishqalanishni hisobga olmag.
19. Mars planetasining radiusi Yer radiusining $0,53$ ulushini, massasi esa Yer massasining $0,11$ ulushini tashkil qiladi. Yerdagi erkin tushish tezlanishini bilgan holda Marsdagi erkin tushish tezlanishini toping.
20. Venera planetasining o'rtacha zichligi $\rho = 5200\text{ kg/m}^3$, radiusi $R = 6100\text{ km}$. Venera sirtida erkin tushish tezlanishi qanday bo'lishini aniqlang.
21. Chana qorda sirpanib borayotganda chanaga uni tortib borayotgan itlar qo'shilgan arqon $0,5\text{ kN}$ maksimal kuch bilan ta'sir qila oladi. Agar ishqalanish koeffitsienti $0,1$ ga teng bo'lsa, shu arqon massasi qancha keladigan yukli chanani siljita oladi?
22. Massasi 2 kg bo'lgan yog'och brusok gorizontal joylashgan taxta ustida bikrligi 100 N/m bo'lgan prujina yordamida tortiladi. Ishqalanish koeffitsienti $0,3$ ga teng. Bunda prujinaning uzayishini toping.
23. Tezligi Yerga nisbatan $\mathcal{V}_1 = 12\text{ km/soat}$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Avtomobil shamol yo'nalishiga qarshi xuddi o'shanday tezlik bilan harakatlanganda havoning qarshilik kuchi necha marta ortadi? Havoning qarshilik kuchini nisbiy tezlik kvadratiga to'g'ri proporsional deb hisoblang.
24. Agar jism oxirgi ikki sekundda 60 m o'tgan bo'lsa, u qancha vaqt tushgan?
25. Erkin tushayotgan jismning tusha boshlagandan keyingi n -sekunddagi ko'chishi nimaga teng?
26. Bir jism biror h_1 balandlikdan erkin tushmoqda; u bilan bir vaqtda undan ham balandroqdan, ya'ni h_2 balandlikdan boshqa jism harakatlana boshladi. Ikkala jism yerga bir vaqtda tushishi uchun ikkinchi jismning boshlang'ich tezligi \mathcal{V}_0 qanday bo'lishi lozim?
27. Jism 30 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otildi. Jismning tezligi (moduli jihatdan) qanday balandlikda va qancha vaqtdan keyin ko'tarilish boshidagi tezligidan 3 marta kichik bo'ladi?
28. Yer sirtidan 25 m balandlikdagi balkondan yuqoriga tik qilib 20 m/s tezlik bilan ko'ptok otildi: a) uloqtirish nuqtasini, b) Yer sirtini sanoq boshi qilib tanlab, y koordinataning vaqtga bog'lanish formulasini yozing. Qancha vaqtdan keyin ko'ptok Yerga tushishini toping.
29. 80 m balandlikdan bir vaqtda 10 va 20 m/s tezliklar bilan gorizontal otilgan ikkita jismning harakat trayektoriyasini bitta chizmada $1\text{ sm} - 10\text{ m}$ li masshtabda chizing. Har qaysi jism qanchadan vaqtda uchib tushgan? Har qaysi jismning uchish uzoqligi qanday?
30. Bola balandligi 5 m bo'lgan qirg'oqda yugurib kelib suvga kalla tashladi (sho'ng'idi). Suvga sakrayotganda bolaning gorizontal yo'nalishdagi tezligi 6 m/s . Bola suv betiga yetganda uning tezligining moduli va yo'nalishi qanday bo'ladi?

31. Gorizontga 45° burchak ostida otilgan disk eng katta h balandlikka ko'tarilgan. Diskning uchish uzoqligi qancha?
32. 20 m balandda joylashgan balkondan gorizontdan 30° yuqoriga 10 m/s tezlik bilan ko'ptok o'tildi. X o'qni yer sirti bo'ylab o'ng tomonga va Y o'qni uy devori bo'ylab yuqoriga yo'naltirib, koordinatalarning vaqtga bog'liqlik tenglamalari $x = x(t)$ va $y = y(t)$ ni hamda $y = y(t)$ trayektoriya tenglamasini yozing: a) 2 s dan keyin ko'ptokning koordinatalarini; b) qancha vaqtdan keyin ko'ptok yerga tushishini; d) gorizont uchib borish uzoqligini toping.
33. Kir yuvish mashinasi sentrifugasi barabanining radiusi 10 sm bo'lib, 2780 ayl/min chastota bilan aylanadi. Barabandagi massasi 1 kg bo'lgan choyshabning og'irligi qancha? U qanday yo'nalgan?
34. Mars planetasining radiusi 3380 km , undagi erkin tushish tezlanishi $3,86\text{ m/s}^2$ bo'lsa, shu planeta uchun birinchi kosmik tezlikni hisoblang.
35. Uzunligi 5 m va ko'ndalang kesimi $0,01\text{ m}^2$ bo'lgan po'lat balkani gorizont holatda ko'tarish krani yordamida 15 m balandlikka tekis ko'tarishda bajarilgan ishini hisoblang? Po'latning zichligi 7800 kg/m^3 , $g = 10\text{ m/s}^2$.
36. Massasi 2 kg bo'lgan jismni 3 m/s^2 tezlanish bilan 1 m balandlikka ko'tarish uchun qancha ish bajarish kerak? $g = 10\text{ m/s}^2$. $v_0 = 0$
37. Jismni o'zgarmas tezlanish bilan vertikal yuqoriga ko'tarishda jism harakatining 1- sekundida bajarilgan ish, 2-sekundidagidan necha marta kichik? $V_0 = 0$
38. 1 kg massali jism arqon yordamida vertikal yuqoriga qanday tezlanish bilan ko'tarilganda arqonning taranglik kuchi 2 s da 48 J ish bajaradi? $v_0 = 0$, $g = 10\text{ m/s}^2$.
39. 2 kg massali jismni qiya tekislik bo'ylab $2,5\text{ m}$ balandlikka 5 m/s^2 tezlanish bilan tortuvchi o'zgarmas 20 N kuchning bajargan ishini hisoblang? Ishqalanish yo'q. Kuch qiya tekislikka parallel yo'nalgan. $g = 10\text{ m/s}^2$.
40. Massasi 20 kg bo'lgan jism qiya tekislik bo'ylab 10 m yo'l o'tdi va 6 m balandlikka ko'tarildi. Tortuvchi kuch qiya tekislikka parallel yo'nalgan. Ishqalanish koeffitsiyenti $0,2$ ga teng. Bunda ishqalanish kuchining bajargan ishini hisoblang? $g = 10\text{ m/s}^2$.
41. Massasi $0,5\text{ kg}$ bo'lgan jism balandligi 7 m va qiyalik burchagi 45° bo'lgan qiya tekislikdan sirpanib tushmoqda. Agar ishqalanish koeffitsiyent $0,2$ ga teng bo'lsa bunda ishqalanish kuchi bajargan ish qancha bo'ladi? $g = 10\text{ m/s}^2$.
42. Massasi 200 kg bo'lgan vagonetka rels bo'ylab qiyaligi 30° bo'lgan tepalikka $0,2\text{ m/s}^2$ tezlanish bilan ko'tarilmoqda. 50 m masofada tortish kuchi qancha ish bajaradi? Ishqalanish koeffitsiyent $0,2$. $g = 10\text{ m/s}^2$
43. 10 kg massali jism balandligi 6 m bo'lgan tepalikdan sirpanib tushmoqda. Bunda og'irlik kuchi qancha ish bajaradi? $g = 9,8\text{ m/s}^2$
44. Massasi 2 kg bo'lgan jism gorizont tekislikda tekislikka 45° burchak hosil qilgan ip yordamida tekis harakatlantirilmogda. Jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti $0,2$ ga teng. $2,4\text{ m}$ masofada ipning taranglik kuchi

- qancha ish bajaradi? $g = 10\text{m/s}^2$.
45. 10 kg massali jism bikrligi 200 N/m bo'lgan prujina bilan vertikal devorga bog'langan. Ishqalanish koeffitsiyenti $0,2$. Jismni devordan 20 sm uzoqlashtirishda unga gorizontal yo'nalishda ta'sir etuvchi kuch qancha ish bajaradi? Boshlang'ich holatda prujina deformatsiyalanmagan deb hisoblang. $g = 10\text{m/s}^2$.
 46. Kvadrat shaklidagi tomoni 1 m , massasi 10 kg bo'lgan plastinka silliq tekislikdan unga ulanib ketgan g'adir-budir tekislikka olib o'tilmoqda, plastinka bilan bu tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti $0,2$ ga teng. Plastinkani ikkinchi tekislikka to'liq olib o'tishda ishqalanish kuchiga qarshi qancha ish bajarish kerak? $g = 10\text{m/s}^2$.
 47. Jism qandaydir balandlikdan gorizontal holda 10 m/s tezlik bilan otildi. Qancha vaqtdan keyin jismning kinetik energiyasi ikki marta ortadi? $g=10\text{m/s}^2$.
 48. Qandaydir balandlikdan gorizontal holda 20 m/s tezlik bilan tosh otildi. Otilgandan 4 s o'tgan paytda uning kinetik energiyasi 3000 J ga teng bo'lsa, toshning massasi qancha? $g=10\text{m/s}^2$.
 49. 3 kg massali jism yer sirtidan gorizontalga 60° burchak ostida 8 m/s tezlik bilan otildi. Jismning eng yuqori ko'tarilish nuqtasidagi kinetik energiyasini toping.
 50. Jismni gorizontalga nisbatan qanday burchak ostida uloqtirganda uning eng yuqori ko'tarilish nuqtasidagi kinetik energiyasi otilish paytidagisining 25% ini tashkil etadi?
 51. Avtomobil turargohdan tekis tezlanuvdan harakatlana boshladi. Avtomobilning dastlabki 10 s dagi kinetik energiyasining o'zgarishi keyingi 10 s dagisidan necha marta kichik?
 52. $0,8\text{ kg}$ massali basketbol to'pi 10 m/s tezlik bilan uchib bormoqda. O'yinchi to'pni ushlab olib uni $0,1\text{ s}$ da to'xtatdi. Bunda o'yinchining o'rtacha quvvati qancha bo'lgan?
 53. Erkin tushayotgan 4 kg massali jismning tezligi qandaydir masofada 2 m/s dan 8 m/s gacha ortdi. Bu masofada og'irlik kuchi qanday ish bajardi?
 54. 200 g massali tosh gorizontal sirtidan qandaydir burchak ostida otildi va $u\text{ s}$ dan song 40 m uzoqlikka borib tushdi. Bu toshni uloqtirishda qancha ish bajarilgan? $g = 10\text{m/s}^2$.
 55. Gorizontal yo'nalishda 800 m/s tezlik bilan uchayotgan 5 g massali o'q taxtani teshib o'tadi va undan 400 m/s tezlik bilan uchib chiqadi. Taxta qarshilik kuchining bajargan ishini toping.
 56. Qum to'ldirilgan xaltaga qandaydir tezlik bilan o'q tegib unga 15 sm kirib to'xtadi. Agar shu o'q ikki marta katta tezlik bilan kelganda qancha masofada (sm) to'xtar edi? Qumning qarshilik kuchini o'qning tezligiga bog'liq emas deb hisoblang.
 57. Bir biriga yaqin holda parallel joylashtirilgan bir xil qalinlikdagi taxtalarning birinchisiga o'q v_0 tezlik bilan tegadi va undan $v_1 = 0,9v_0$ tezlik bilan uchib

- chiqadi. Nechanchi taxtada o'q tiqilib qoladi? Taxtaning qarshilik kuchini o'qning tezligiga bog'liq emas deb hisoblang. Og'irlik kuchini hisobga olmang.
58. Oy sirtiga yaqin bo'lgan doiraviy orbitaga kosmik kemani chiqarishda sarflangan ish, xuddi shu kosmik kemani Yer sirtiga yaqin bo'lgan doiraviy orbitaga chiqarishda sarflangan ishdan necha marta kichik. Oyning massasi Yerning massasidan **80 marta kichik, radiusi esa 4 marta kichik.**
 59. Yer sirtida **1 t** massali raketa uchishga shay turibdi. Agar yoqilg'i sarfi **20 kg/s** bo'lsa, raketa dvigatellari uchish davomida qanday quvvatga erishadi (**kW**)? **$g = 10 \text{ m/s}^2$.**
 60. **2 t** massali raketa Yer sirtidan **4 m/s²** tezlanish bilan ko'tarila boshlasa uning dvigatellari qanday quvvatga erishadi (**kW**)? Yoqilg'i mahsulotlarining otilib chiqish tezligi **1200 m/s**. **$g = 10 \text{ m/s}^2$.**
 61. Yuzasi **10 sm²** bo'lgan teshikdan suv **10 m/s** tezlik bilan oqib chiqmoqda. Bu suv oqimining foydali quvvatini aniqlang?
 62. Ventilyatorning aylanish tezligi **2 marta** ortganda uning foydali quvvati necha marta ortadi?
 63. Brandspoytdan otilib chiqayotgan suv oqimini gorizontga nisbatan qanday burchak ostida yo'naltirilganda suv **5 m** uzoqlikka tushadi? Teshik yuzasi **10 sm²**, motorning quvvati **1 kW, FIKI 50%**. **$g = 10 \text{ m/s}^2$.**
 64. Silliq gorizonttal sirtidan harakatlanib borayotgan shayba g'adir budir bo'lgan sirtga o'tadi va **75 sm** yo'l o'tib to'xtadi. Shaybaning bu sirt bilan ishqalanish koeffitsiyent **0,4** dan **0,8** gacha tekis ortdi. Shaybaning tezligini aniqlang? **$g = 10 \text{ m/s}^2$.**
 65. Uzunligi **8 sm** bo'lgan bir jinsli balka uzunligiga parallel yo'nalishda silliq gorizonttal sirtidan harakatlana borib bosqa sirtga, ya'ni balka va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti **0,2** ga teng bo'lgan sirtga o'ta boshlaydi. Uning tezligi qancha bo'lganda uning yarmi ikkinchi tekislikka o'tadi (**sm/s**)? **$g = 10 \text{ m/s}^2$.**
 66. Uzunligi **2 m** bo'lgan taxta gorizonttal tekislikda (**taxtacha va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2**) uzunligi yo'nalishi bo'ylab **1,6 m/s** tezlik bilan harakatlana borib shu tekislik bilan ulanib ketgan silliq tekislikka yetib keladi va u to'xtaganda uning uzunligining necha santimetri ikkinchi tekislikka o'tib qoladi? **$g = 10 \text{ m/s}^2$.**
 67. Uzunligi **2 m** bo'lgan bir jinsli taxta uzunligi yo'nalishi bo'yicha **3 m/s** tezlik bilan gorizonttal silliq tekislikdan harakatlana borib bu silliq sirt bilan ulanib ketgan ikkinchi tekislikka o'ta boshlaydi (bu tekislik bilan taxta orasidagi ishqalanish koeffitsiyent **0,2** ga teng). Taxta to'xtaganda uning uzunligining necha santimetri ikkinchi tekislikda bo'ladi?
 68. **100 g** massali jism prujinaga osildi va bunda prujina **2 sm** ga uzaydi. Prujina yana **4 sm** ga uzaytirish uchun qancha ish bajarish kerak (**mJ**)? **$g = 10 \text{ m/s}^2$.**
 69. Tosh yer sirtidan tik yuqoriga **10 m/s** tezlik bilan otildi. Qanday balandlikka ko'tarilganda uning kinetik energiyasi **5 marta kamayadi**?

70. Jism yer sirtidan tik yuqoriga 20 m/s tezlik bilan otildi. Qanday balandlikda uning kinetik energiyasi potensial energiyasiga teng bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
71. $0,5 \text{ kg}$ massali jism yer sirtidan 10 m balandlikdan 10 m/s tezlik bilan qandaydir yo'nalishda 10 m/s tezlik bilan otildi. Jismning yerga urilish paytidagi kinetik energiyasini aniqlang? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
72. Jism yer sirtidan 10 m balandlikdan gorizontga qandaydir burchak ostida 20 m/s tezlik bilan otildi. Yer sirtidan 25 m balandlikda uning tezligi qancha bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
73. Jism 30 m balandlikdan 10 m/s tezlik bilan vertikal pastga otildi. Yer sirtidan qanday balandlikda uning kinetik energiyasi ikki marta ortadi?
74. Yer sirtidan biror jismni gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otilganda trayektoriyasining eng yuqori ko'tarilish nuqtasida uning kinetik va potensial energiyalari teng bo'ladi?
75. Kichik jism 4 m/s tezlik bilan gorizontali silliq sirt bo'ylab harakatlana borib silliq tepalikka ko'tarila boshlaydi va bunda u qancha balandlikkacha ko'tariladi (sm)? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
76. 5 m uzunlikdagi cho'zilmas yengil ipda po'lat sharcha osilib turibdi. Sharchaga gorizontali yo'nalishda qanday tezlik berilsa u ip bog'langan nuqta balandligicha ko'tarila oladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
77. Uzunligi $0,4 \text{ m}$ bo'lgan yengil va qattiq sterjenning bir uchiga mahkamlangan sharchaga gorizontali yo'nalishda qanday minimal tezlik berilsa u vertikal tekislikda to'liq aylana oladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
78. Uzunligi 80 sm bo'lgan yengil sterjenning uchlariga 1 kg va 3 kg massali jismlar mahkamlangan. Sterjenning markazidan o'tuvchi gorizontali o'q atrofida sistema erkin aylana oladi. Sterjen gorizontali holatga keltirilib qo'yib yuboriladi. Sterjen vertikal holatga kelganda yuklarning tezligi qanday bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
79. Uzunligi 150 sm bo'lgan yengil sterjenning uchlariga bir xil massali jismlar mahkamlangan. Sterjen gorizontali o'q atrofida erkin aylana oladi. Gorizontali o'q sterjen uzunligini $1:2$ nisbatda bo'luvchi nuqtasidan o'tkazilgan. Sterjen muvozanat holatda turganda unga qanday minimal burchak tezlik berilsa u vertikal tekislikda to'liq aylana oladi?
80. Silliq gorizontali sirtida yotgan uzunligi 72 sm , massasi 300 g bo'lgan arqonning bir uchiga uncha katta bo'lmagan 100 g massali yuk mahkamlangan. Yuk stolning chetiga keltirilib qo'yib yuboriladi. Arqonning ikkinchi uchi stoldan uzilayotgan paytda arqon va yuk qanday tezlikka erishadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
81. 2 t massali vagon 2 m/s tezlik bilan kelib vertikal devorga uriladi va bunda bikrliklari 100 kN/m dan bo'lgan ikkita bufer prujinalari qanday maksimal deformatsiyalanadi (sm)?
82. Rogatka tayyorlashda bikrligi 400 N/m bo'lgan rezina shnurdan foydalanildi. 10 g massali toshni shurning o'rtasiga joylashtirib va 40 N kuch bilan tortiladi va qo'yib yuboriladi. Tosh qanday tezlik bilan uchib

chiqadi?

83. Bikrligi 200 N/m bo'lgan deformatsiyalanmagan prujinaning pastki uchiga 1 kg massali yuk bog'lanib sekin qo'yib yuboriladi. Bunda yuk prujinani necha santimetrgacha cho'zadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
84. Bikrligi 400 N/m bo'lgan deformatsiyalanmagan prujinaning pastki uchiga 250 g massali yuk bog'lanib sekin qo'yib yuboriladi. Bunda yuk qanday maksimal tezlikka erishadi (m/s)? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
85. Bikrligi 1000 N/m , uzunligi 1 m bo'lgan yengil va vertikal joylash-tirilgan prujina polga maksimal 400 N kuch bilan ta'sir qilishi uchun 10 kg massali yukni prujina ustiga polga nisbatan qanday balandlikdan erkin tashlash kerak (m)? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
86. Shiftga bog'langan bikrligi 250 N/m bo'lgan prujinaga $1,6 \text{ kg}$ massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni vertikal pastga tomon 1 m/s tezlik bilan turiladi, bunda yuk qanday maksimal masofaga pastga tushadi (m)?
87. Shiftga bog'langan bikrligi 250 N/m bo'lgan elastik rezina shnurga $1,6 \text{ kg}$ massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni vertikal yuqoriga tomon 1 m/s tezlik bilan turiladi, bunda yuk qanday maksimal balandlikka ko'tariladi (mm)? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
88. Shiftga bog'langan bikrligi 500 N/m bo'lgan elastik rezina shnurga 5 kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukka vertikal yuqoriga birinchi marta $0,5 \text{ m/s}$, ikkinchi marta esa 2 m/s boshlang'ich tezlik beriladi. Ikkinchi martasida yuk birinchi martadagidan necha marta yuqori balandlikka ko'tariladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
89. Shiftga bog'langan bikrligi 500 N/m bo'lgan elastik rezina shnurga 5 kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukka birinchi marta vertikal yuqoriga 2 m/s boshlang'ich tezlik beriladi, ikkinchi marta vertikal pastga shu tezlik beriladi. Birinchi holda yuk to'xtaguncha o'tgan masofasi ikkinchi holdagidan necha marta katta? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
90. Yengil sterjenning bir uchi shiftga osilgan va u vertikal tekislikda tebrana oladi. Uning ikkinchi uchiga massasi $0,1 \text{ kg}$ bo'lgan uncha katta bo'lmagan yuk mahkamlangan. Sterjen gorizontol holatga keltirilib qo'yib yuboriladi. Yuk trayektoriyasining eng quyi nuqtasiga kelganda sterjenga qanday kuch bilan ta'sir etadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
91. Bir uchiga $0,3 \text{ kg}$ massali yuk mahkamlangan yengil sterjen ikkinchi uchidan o'tuvchi gorizontol o'q atrofida erkin aylana oladi. Yuk eng yuqori vaziyatga keltirilib (sterjen vertikal) qo'yib yuboriladi. Yuk eng quyi vaziyatdan o'tayotganda sterjendagi taranglanish kuchi qancha bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
92. Mayatnik uzunligi 2 m bo'lgan cho'zilmas ipga bog'langan kichik og'ir sharchadan tashkil topgan. Sharchani muvozanat vaziyatidan qanday balandlikka og'dirib qo'yib yuborilganda muvozanat vaziyatidan o'tayotganida ipdagi taranglik kuchi sharchaning og'irlik kuchidan ikki marta katta bo'ladi (m)?

93. 5 kg massali kichik sharcha uzun ipga osilgan. Ip maksimal 100 N kuchga bardosh beradi. Sharchani quyi holatidan kamida qanday burchakka og‘dirib qo‘yib yuborilsa ip uzilmaydi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
94. Bir uchi mahkamlangan ipning ikkinchi uchiga $0,2 \text{ kg}$ massali kichik sharcha bog‘langan. Sharchani gorizontal vaziyatga keltirib qo‘yib yuboriladi. Ip vertikal bilan 60° burchak tashkil etgan paytda ipdagi taranglanish kuchi qancha bo‘ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
95. Ingichka ipga massasi $2 \cdot \sqrt{3} \text{ kg}$ bo‘lgan kichik sharcha osilgan. Ip va sharcha gorizontal vaziyatga keltirilib sharcha qo‘yib yuboriladi. Sharchaning tezlanish vektori gorizontal yo‘nalgan paytda ipning taranglik kuchi qancha bo‘ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
96. 50 sm uzunlikdagi ipga osilgan sharcha quyi holatidan 20 sm balandlikka og‘dirilib qo‘yib yuboriladi. Sharchaning harakati mobaynida ipdagi maksimal taranglik kuchi minimal taranglik kuchidan necha marta katta bo‘ladi?
97. Cho‘zilmaydigan yengil ipga og‘ir sharcha osilgan. Muvozanat vaziyatidan qancha burchakka og‘dirilib qo‘yib yuborilganda ipdagi maksimal taranglik kuchi minimalidan 4 marta katta bo‘ladi?
98. Uzunligi 2 m bo‘lgan cho‘zilmaydigan yengil ipga sharcha osilgan. Sharchaga gorizontal yo‘nalishda qanday minimal tezlik berilsa u vertikal tekislikda to‘liq aylana chizadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
99. $1,3 \text{ kg}$ massali jism ipga osilgan holatda vertikal tekislikda aylantirilmoqda. Ipdagi maksimal taranglik kuchi minimal taranglik kuchidan necha marta katta? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
100. Uzunligi 1 m bo‘lgan ipning bir uchiga sharcha bog‘langan, ipning ikkinchi uchidan o‘tuvchi gorizontal o‘q atrofida sharcha vertikal tekislikda erkin aylanmoqda. Trayektoriyaning eng yuqori nuqtasida sharchaning tezligi 5 m/s bo‘lsa, trayektoriyaning eng quyi nuqtasida ipdagi taranglik kuchi eng yuqori nuqtasidagi qiymatidan necha marta katta bo‘ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
101. $0,5 \text{ kg}$ massali tosh $0,5 \text{ m}$ uzunlikdagi cho‘zilmas ipga bog‘langan holda vertikal tekislikda erkin aylanmoqda. Eng quyi nuqtada ipdagi taranglik kuchi 45 N . Toshning tezligi vertikal yuqoriga yo‘nalgan paytda ip uzilib ketsa tosh eng quyi nuqtaga nisbatan qancha balandlikka ko‘tariladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
102. Yengil sterjenning uchlariga massalari $0,5 \text{ kg}$ dan bo‘lgan ikki jism mahkamlangan bo‘lib, sterjen uzunligini $1:3$ nisbatda bo‘luvchi nuqtasidan o‘tuvchi gorizontal o‘q atrofida sterjen erkin aylana oladi. Sterjen gorizontal holatga keltirilib so‘ng qo‘yib yuboriladi. Sterjen vertikal vaziyatni egallaganda o‘qqa qanday kuch bilan ta’sir qiladi?
103. Yengil sterjenning bir uchiga 3 kg massali jism, o‘rtasiga esa 4 kg massali jism mahkamlangan bo‘lib u ikkinchi uchidan o‘tuvchi gorizontal o‘q atrofida erkin aylana oladi. Sterjen eng yuqori holatga keltirilib so‘ngra qo‘yib yuboriladi. Sistema eng quyi vaziyatdan o‘tayotganda o‘qqa qanday kuch bilan ta’sir etadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

104. Uncha katta bo'lmagan jism radiusi $0,75\text{ m}$ bo'lgan qo'zg'almas yarim sferaning eng yuqori nuqtasidan ishqalanishsiz tusha boshlab qanday balandlikda u sferadan ajraladi (sm)? Balandlik yarim sfera asosiga nisbatan olinsin.
105. Kichik jism 6 m balandlikdan qiya tekislik bo'ylab sirpanib kelib qiya tekislik bilan ulanib ketuvchi radiusi 3 m bo'lgan "o'lik sirtmoq" ga o'tadi va u qanday balandlikda sirtmoqdan ajraladi? Ishqalanish hisobga olinmasin va balandlik sirtmoqning eng quyi nuqtasiga nisbatan hisoblansin.
106. Kichik jism qiya tekislik boylab sirpanib kelib qiya tekislik bilan ulanib ketuvchi radiusi 2 m bo'lgan "o'lik sirtmoq" ga o'tadi va u to'liq aylana chiza olishi uchun kamida qanday balandlikdan qo'yib yuborilishi kerak? Ishqalanish hisobga olinmasin va balandlik sirtmoqning eng quyi nuqtasiga nisbatan hisoblansin.
107. Kichik aravacha relslar ustida qiya tekislikdan eng kichik balandlikdan harakatlanib kelib 2 m radiusli "o'lik sirtmoq" ga o'tib aylana oladi. Aravacha sirtmoq boylab qanday balandlikka ko'tarilganda relslarga bosim kuchi og'irlik kuchidan $1,5$ marta katta bo'ladi? Ishqalanish yo'q.
108. Sharcha uzunligi $0,63\text{ m}$ bo'lgan ipga bog'lanib va 90° burchakka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Ip sharcha og'irligidan 8 marta katta kuchga bardosh bera olsa, ip uzilib ketishi uchun ip osilgan nuqtadan vertikal bo'yicha necha santimetr pastga mixni mahkamlash kerak?
119. Sharcha uzunligi 75 sm bo'lgan ipga bog'lanib va 90° burchakka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Ip uzilmasligi uchun ip osilgan nuqtadan vertikal bo'yicha eng kamida necha santimetr pastga mixni mahkamlash kerak?
120. Sharcha uzunligi 54 sm bo'lgan ipga bog'lanib va 90° burchakka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Ip osilgan nuqtadan 27 sm pastga mix mahkamlangan. Bunda sharcha eng quyi vaziyatiga nisbatan qanday balandlikka ko'tarila oladi (sm)?
121. 2 kg massali shar 6 m/s tezlik bilan harakatlanib kelib tinch turgan 1 kg massali sharga uriladi. Urilgandan keyin birinchi sharning tezligi qancha bo'ladi? Urilish mutlaq elastik va markaziy deb hisoblansin.
122. Kichik massali shar harakatlanib kelib massasi katta bo'lgan va tinch turgan ikkinchi shar bilan markaziy to'qnashadi va o'z kinetik energiyasining $3/4$ qismini yo'qotadi (sharlarni elastik sharlar deb hisoblang). Sharlardan birining massasi ikkinchisidan necha marta katta?
123. Kichik massali shar harakatlanib kelib massasi katta bo'lgan va tinch turgan ikkinchi shar bilan markaziy elastik to'qnashadi. To'qnashuvdan so'ng kichik sharning tezligi katta sharning tezligidan $2,5$ marta katta bo'lgan bo'lsa, sharalar massalari nisbatini aniqlang?
124. Kattaligi bir xil bo'lgan ikki sharcha iplarga osilgan holda bir-biriga tegib turibdi. Birinchi sharcha og'dirilib qo'yib yuboriladi va bunda mutlaq elastik urilishdan so'ng sharchalar bir xil balandlikka ko'tarilgan bo'lsa, birinchi sharcha massasi qancha (g)? Ikkinchi sharchaning massasi $0,6\text{ kg}$.

125. Bir xil hajmga ega bo'lgan ikki shar uzunligi $0,5\text{ m}$ bo'lgan iplarga osilgan holda bir biriga tegib turibdi. Sharlar massalarining nisbati $2:3$. Kichik shar muvozanat holatida 90° burchakka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Mutlaq elastik urilishdan so'ng ikkinchi shar necha santimetr balandlikka ko'tariladi?
126. Silliq gorizontal stol ustida bir to'g'ri chiziq bo'yicha bir-biriga tegmagan holda uchta shar joylashtirilgan ($m_1 = 2m, m_2 = m, m_3 = m/2$). Birinchi sharga ikkinchi shar tomon 9 m/s tezlik beriladi va u ikkinchi shar bilan, ikkinchi shar esa uchinchi bilan markaziy, elastik to'qnashadi. Uchinchi sharning tezligini aniqlang?
127. Alfa-zarra qandaydir tezlik bilan uchib kelib tinch turgan geliy yadrosi bilan mutlaq elastik to'qnashadi. To'qnashuvdan keyin zarralarning harakat yo'nalishlari orasidagi burchak necha gradus bo'ladi?
128. Alfa-zarra qandaydir tezlik bilan uchib kelib tinch turgan geliy yadrosi bilan mutlaq elastik to'qnashadi va harakat yo'nalishiga nisbatan 30° burchakka og'adi. To'qnashuvdan keyin zarralar kinetik energiyalarining nisbatini aniqlang?
129. v tezlik bilan harakatlanayotgan 3 kg massali shar tinch turgan ikkinchi shar bilan mutlaq elastik to'qnashib harakat yo'nalishini 90° ga o'zgartirdi va tezligi $v/2$ ga teng bo'ldi. Ikkinchi shar massasini aniqlang? Sharlar sirti silliq.
130. 120 sm/s tezlik bilan uchib borayotgan 100 g massali shar tinch turgan 300 g massali shar bilan mutlaq elastik to'qnashdi. To'qnashuv vaqtida uchib kelgan 100 g massali shar tezlik yo'nalishi bilan sharlar markazlarini tutashtiruvchi chiziq orasidagi burchak 60° . To'qnashuvdan keyin dastlab tinch turgan sharning tezligi necha sm/s ga teng bo'ladi? Sharlar sirti silliq.
131. 70 g massali shar tinch turibdi. 44 sm/s tezlik bilan uchib kelayotgan xuddi shunday o'lchamdagi 150 g massali boshqa sharning tezlik yo'nalishi tinch turgan shar sirtiga urinma yo'nalishda bo'lsa mutlaq elastik to'qnashuvdan keyin 150 g massali sharning tezligi necha sm/s ga teng bo'ladi? Sharlar sirti silliq.
132. Massalari 2 kg dan bo'lgan ikki shar silliq gorizontal sirtida bir-biriga tekizilgan holda tinch turibdi. Ular markazlarini tutashtiruvchi chiziqqa perpendikulyar yo'nalishda uchinchi shar kelib uriladi va u to'xtab qoldi. Uchinchi shar tezligining yo'nalishi sharlar tegib turgan nuqtasi yo'nalishida bo'lsa uning massasi qancha? Sharlar radiuslari bir xil va ular sirti silliq. Urilish mutlaq elastik deb hisoblansin.
133. Yengil sharcha erkin tusha boshlab $1,25\text{ m}$ masofa o'tganda yuqoriga $2,5\text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan og'ir plita bilan elastik urilib ortga qaytdi. Bunda u qancha balandlikka sakraydi? $g = 10\text{ m/s}^2$.
134. Stol tennisida o'ynaladigan plastmassa sharcha 80 sm balandlikdan erkin tashlanib eng quyi nuqtaga kelganida uni raketka bilan tik yuqoriga qaytarildi, bunda sharcha boshlang'ich holatga nisbatan 4 marta katta balandlikka ko'tarilgan bo'lsa urilish vaqtida raketkaning tezligi qanday bo'lgan? Raketkaning massasini sharcha massasidan juda katta va urilish mutlaq elastik

deb hisoblang. $g = 10 \text{ m/s}^2$.

135. Gorizontol yo'nalishda uchib kelayotgan sharcha silliq gorizontol sirtga joylashtirilgan pona sirtiga elastik urilib vertikal yuqoriga sakraydi. Agar urilishdan so'ng ponaning tezligi 2 m/s ga teng bo'lsa sharcha urilish nuqtasiga nisbatan qancha balandlikka sakraydi? Ponaning massasi sharcha massasidan 10 marta katta. $g = 10 \text{ m/s}^2$.
136. Yengil prujina massalari $0,9 \text{ kg}$ va $0,1 \text{ kg}$ bo'lgan ikki jism orasida siqilgan holda turibdi, bunda prujinaning energiyasi 100 J . Prujina qo'yib yuborilgandan so'ng massasi katta bo'lgan jism qanday kinetik energiyaga ega bo'ladi?
137. Samolyot har birining tortish kuchi 100 kN dan bo'lgan 4 ta dvigatelga ega. Samolyot 240 m/s tezlik bilan harakatlanayotganda dvigatellarning umumiy foydali quvvati (kW) qanchaga teng bo'ladi?
138. Massasi 2000 kg bo'lgan avtomobil gorizontol yo'lda 72 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Harakatga qarshilik kuchi avtomobil og'irligining $1/20$ qismini tashkil etadi. Avtomobilning foydali quvvatini aniqlang (kW)? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
139. Motorli qayiqcha $0,6 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar motorning quvvati 18 W bo'lsa suvning qarshilik kuchini aniqlang?
140. Massasi 6 t bo'lgan gusenitsali traktor 9 km/soat tezlik bilan har 10 m yo'lda 1 m ko'tariladigan qiya tepalikka o'zgarimas tezlik bilan ko'tarilmoqda. Traktor dvigateli bunda qanday foydali quvvat hosil qiladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.
141. Elektrovoz 36 km/soat tezlik bilan harakatlanganda 60 kW quvvat iste'mol qiladi. Foydali ish koeffitsiyent 80% bo'lsa uning tortish kuchini aniqlang?
142. Quvvati 10 kW bo'lgan nasos 500 m chuqurlikdan neft so'rib olmoqda. Har minutda 96 kg neftni yer sirtiga tortib chiqarayotgan bo'lsa nasosning FIK i necha foiz? $g=10\text{m/s}^2$.
143. FIK 80% bo'lgan suv nasosi har minutda 300 kg suvni 80 m balandlikka tortib chiqarmoqda. Nasosning quvvatini aniqlang (kW)?
144. Dvigatelining quvvati 10 kW bo'lgan ko'tarish krani 2 t massali yukni 50 m balandlikka tekis ko'tarishida necha sekund o'tadi. FIK 80%
145. Yuk ortilgan vagonlarni elektrovoz 60 km/soat tezlik bilan gorizontol yo'lda harakatga keltirishida foydali quvvati 100 kW bo'lsa, har 200 m yo'lda 1 m ko'tariladigan tepalikka 120 kW quvvat hosil qilgan holda qanday tezlik bilan harakatlanadi (km/soat)? Qarshilik kuchi og'irlik kuchining $0,01$ qismiga teng deb oling.
146. Dvigateli o'chirilgan holda 1500 kg massali avtomobil har 20 m yo'lda 1 m nishablikka ega bo'lgan yo'lda 60 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanib tushmoqda. Shu qiyalikka shu tezlik bilan ko'tarilishida avtomobil dvigatelining foydali quvvati qancha bo'ladi (kW)? $g=10\text{m/s}^2$.
147. Teploxod buksir barjasini 9 km/soat tezlik bilan harakatga keltirganda kanatning taranglik kuchi 120 kN ga teng bo'lib teploxod dvigatelining quvvati 400 kW . Dvigatel o'sha quvvat bilan ishlaganda teploxod buksirsiz

- qanday tezlik bilan harakatlanadi ($km/soat$)? Suvning qarshilik kuchi harakat tezligiga to'g'ri mutanosib.
148. Massasi $10\ t$ bo'lgan tramvay tinch holatdan tekis tezlanuvdan harakatlanib harakatining 5-sekundi oxirida $18\ km/soat$ tezlikka erishgan paytda qanday quvvatga ega bo'ladi (kW)? Qarshilik kuchini hisobga olmag.
149. Massasi $1\ t$ bo'lgan avtomobil joyidan tekis tezlanuvdan harakatga kelib $50\ m$ masofani $5\ s$ da o'tdi. 5-sekund oxirida avtomobil dvigateli qanday quvvatga ega bo'ladi (kW)? Qarshilik kuchini hisobga olmag.
150. Massasi $6\ kg$ bo'lgan jism boshlang'ich tezliksiz erkin tashlandi. Og'irlik kuchining jism harakatining 1-sekund dagi o'rtacha quvvatini aniqlang?
151. $36\ N$ kuch ta'sirida $3\ kg$ massali jism yer sirtidan tik yuqoriga ko'tarilmoqda. Jism harakatining $2\ s$ o'tgan paytida bu kuch qanday quvvat hosil qiladi? $g = 10\ m/s^2$.
152. $42\ N$ kuch ta'sirida $3\ kg$ massali jism yer sirtidan tik yuqoriga ko'tarilmoqda. Jism $2\ m$ balandlikka ko'tarilgan paytda bu kuch qanday quvvat hosil qiladi? $g = 10\ m/s^2$.
153. Ko'tarish krani $1\ t$ massali yukni $1\ m/s^2$ tezlanish bilan $10\ s$ da qandaydir balandlikka ko'tardi. Kran troslarining taranglik kuchining o'rtacha quvvatini aniqlang (kW)? $g = 10\ m/s^2$.
154. $1\ t$ massali samolyot tekis tezlanuvdan harakatlanib $300\ m$ yo'lda $30\ m/s$ tezlikka erishadi. Bunda samolyot dvigatellarining o'rtacha foydali quvvati qancha (kW)? Harakatga qarshilik kuchi $300\ N$ ga teng.
155. Bir xil massali ikki avtomobil bir paytda joyidan tekis tezlanuvdan harakatga keldi. Birinchi avtomobil ikkinchisiga nisbatan ikki marta katta tezlikka erishgan paytda birinchi avtomobilning o'rtacha quvvati ikkinchi avtomobilnikidan necha marta katta bo'ladi? Harakatga qarshilik kuchini hisobga olmag.
156. Sharning uning sirtiga o'tkazilgan urinma bilan mos tushuvchi o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang. Sharning massasi $5\ kg$, radiusi esa $0,1\ m$.
157. Uzunligi $0,5\ m$, massasi esa $0,2\ kg$ bo'lgan ingichka to'g'ri sterjenning unga perpendikulyar bo'lib, uchlarning biridan $0,15\ m$ masofada bo'lgan nuqtasidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini toping.
158. Yerni radiusi $6,4\ Mm$ va massasi $6 \cdot 10^{24}\ kg$ bo'lgan shar deb hisoblab, uning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentini aniqlang.
159. Uchiga $m = 0,5\ kg$ massali yuk osilgan ip radiusi $R = 10\ sm$ bo'lgan barabanga o'rab qo'yilgan. Yuk $a = 1\ m/s^2$ tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inersiya momentini toping.
160. Massasi $m = 10\ kg$, radiusi esa $R = 10\ sm$ bo'lgan diskdan iborat maxovik markazidan o'tgan o'q atrofida $6\ s^{-1}$ doiraviy chastota bilan erkin aylanmoqda. Tormozlanganda maxovik $t = 5\ s$ dan keyin to'xtagan bo'lsa, tormozlovchi momentni aniqlang.
161. Quduqdan massasi $m = 10\ kg$ bo'lgan suvli chelak chig'ir yordamida tortib

olinmoqda. Chelak suv yuzidan $h = 5 \text{ m}$ balandlikda bo'lgan paytda chig'ir dastasi chiqib ketib, chelak pastga tomon tusha boshladi. Chelak suv sirtiga urilgan paytda chig'ir dastasi qanday chiziqli tezlikka ega bo'lgan? Dastaning radiusini $R=30 \text{ sm}$, chig'ir o'qining radiusini $r = 10 \text{ sm}$, massasini esa $m_1 = 20 \text{ kg}$ deb oling. Ishqaiianishni va chelak osilgan arqon massasini hisobga olmang.

162. Tepkisi bosilganda otilmasligi uchun $d = 7 \text{ mm}$ kalibrli havo pistoletini suvga qanday chuqurlikka botirish kerak? Pistolet stvolining uzunligini $l = 22 \text{ sm}$, o'qning massasini $m = 7 \text{ g}$, havoda otilganda o'qning stvoldan chiqish paytidagi tezligini $v = 27 \text{ m/s}$ deb oling.
163. Hajmi $2,4 \text{ m}^3$ bo'lgan temir-beton plitani $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan suvdan ko'tarib olinayotgandagi tros tarangligini aniqlang. Qarshilikni hisobga olmang. Temir-betonning zichligini $\rho_T = 2,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ deb oling.
164. Simob bilan suv quyilgan idishga po'lat sharcha tashlangan. Sharcha hajmining qancha qismi suvda bo'ladi?
165. Massasi $m_1 = 60 \text{ kg}$ bo'lgan odamning boshi va yelkari hajmining $n = 1/8$ qismini suvga botmaydigan holda tutib tura oladigan po'kak belbog' massasini aniqlang. Odam tanasining zichligini $\rho_1 = 1007 \text{ kg/m}^3$ deb oling.
166. Suvli idish yuqoriga yo'nalgan $a = 1,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan vertikal ravishda harakat qilmoqda. $h = 0,2 \text{ m}$ chuqurlikdagi bosimni aniqlang.
167. To'g'ri burchakli qilib bukilgan $S = 4 \text{ sm}^2$ kesimli quvur (truba) dan suv oqib turibdi. Agar suvning har sekunddagi sarfi $Q = 2 \text{ kg/s}$ bo'lsa, quvurga suv qanday kuch bilan ta'sir qiladi?

II BOB. MOLEKULYAR FIZIKA

2.1-§. Molekulyar-kinetik nazariya. Molekulalarning harakati. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

2.2-§. Ideal gazning holat tenglamasi. Izojarayonlar

2.3-§. Issiqlik hodisalari va termodinamika asoslari. Suyuqlik va gazlarning bir-biriga aylanishi

2.4-§. Maksvell, Bolsman va Maksvell-Bolsman taqsimoti

2.5-§. Real gazlar va snyuqliklar

2.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

2.1-§. Molekulyar-kinetik nazariya. Molekulalarning harakati. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

Asosiy formulalar

• Modda tuzilishi va xususiyatlarini uni tashkil qilgan mavda zarralarning harakati va o'zaro ta'siriga asoslanib tushuntiruvchi ta'limot molekulyar-kinetik nazariya deyiladi.

• Har qanday moddaning 1 molida molekular yoki atomlar soni bir xil bo'lib, bu kattalikni Avagadro doimiysi (yoki soni) N_A deyiladi.

Avagadro doimiysi quyidagiga teng: $N_A = 6,025 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Bitta molekulaning massasi:

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

bu yerda M – molvar massa.

Moddaning berilgan massasidagi molekular soni:

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

bu yerda m – moddaning massasi, $\nu = m/M$ – mollar soni.

• Molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan gazga ideal gaz deyiladi.

• Normal sharoitda ($T_0 = 273 \text{ K}$; $P_0 = 101325 \text{ Pa}$) barcha ideal gazlarning molyar hajmlari bir xil va $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$.

Modda miqdori yoki mollar soni:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_0} = \frac{V}{V_0}$$

bu yerda V – gazning hajmi, V_0 – gazning normal sharoitdagi hajmi.

• Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi gaz molekullari bosimi bilan gaz molekullarining ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi orasidagi bog'lanishni o'rnatadi:

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$$

bu yerda n – birlik hajmdagi molekular soni (konsentratsiyasi), E_k – molekullarning o'rtacha kinetik energiyasi.

Gaz molekullarining ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi absolyut haroratga to'g'ri proporsional, va'ni:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

bu yerda $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ – Bolsman doimivsi, T – absolyut harorat.

Absolyut shkala bilan Selsiy shkalasi o'rtasida quyidagi munosabat mavjud:

$$T = t + 273.$$

Gaz bosimi molekular konsentratsiyasi va haroratga quyidagicha bog'langan, ya'ni:

$$n = \frac{N}{V}$$

bu yerda N – moddaning berilgan massasidagi molekular soni, V – gazning hajmi.

Gaz molekullarining o'rtacha kvadratik tezligi:

$$\bar{g} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

bu yerda m_0 – molekula massasi.

2.2-8. Ideal gazning holat tenglamasi. Izoiaravonlar

Asosiy formulalar

Har qanday gaz holatini tavsiflash uchun uchta parametr, ya'ni: P bosim, V hajm va T harorat kiritiladi. Bu uchta parametr holat tenglamasi deb ataladi. Gazning o'zgarmas massasi uchun holat tenglamasi:

$$\frac{PV}{T} = const \quad \text{yoki} \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Ideal gazning holat tenglamasini izotermik, izobarik va izoxorik

jarayonlarga tatbiq etish mumkin, ya'ni undan gaz uchun o'rinli bo'lgan empirik qonunlar: *Boyl-Mariott*, *Gey-Lyussak* va *Sharl* qonunlarini ham keltirib chiqarish mumkin. Haqiqatan ham tenglamada berilgan izojarayonlar uchun doimiy parametrlarni qisqartirib, quyidagi munosabatlarni olamiz:

izotermik jarayon uchun $(T = \text{const})$, $(m = \text{const})$ bo'lganda $P_1 V_1 = P_2 V_2$;

izobarik jarayon uchun $(P = \text{const})$, $(m = \text{const})$ bo'lganda $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$;

izoxorik jarayon uchun $(V = \text{const})$, $(m = \text{const})$ bo'lganda $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$;

ifodalarni olamiz.

Mendelev-Klapeyron tenglamasi. Massasi m bo'lgan ideal gaz uchun Mendelev-Klapeyron tenglamasi:

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

bu yerda M – gazning molvar massasi. $R=8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ – universal gaz doimiyi.

Dalton qonuni. Agar idishda bir-biri bilan kimyoviy reaktivaga kirishmaydigan turli gazlar aralashmasi bo'lsa, uning bosimi har bir gazning alohida olingan parsial bosimlarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$$

2.3-§. Issiqlik hodisalari va termodinamika asoslari. Suyuqlik va gazlarning bir-biriga avlanishi

• **Ichki energiya.** Molekulyar-kinetik nazariya asosan iismning ichki energiyasi uni tashkil etgan barcha molekullar (voki atom) larning xaotik harakatlar kinetik energiyasi bilan barcha molekullarning bir-biri bilan o'zaro ta'sir potensial energiyalari yig'indisiga teng:

$$U = E_k + E_p$$

bu yerda E_k – molekullar (voki atom) larning kinetik energiyasi. E_p – potensial energiyasi.

• Ideal gazlar uchun potensial energiya e'tiborga olinmaganligi sababli uning ichki energiyasi faqat haroratga bog'liq bo'ladi.

$$U = cmT$$

bu yerda Q – issialik miqdori, c – o'zgarmas hajmdagi solishtirma issialik sig'imi, m – gaz massasi, T – gazning termodinamik temperaturasi. $K: T = t + 273$, bu yerda t – gaz temperaturasi, °C.

• Gaz molekullari ilgari lanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\bar{E}_k = \frac{1}{2} m_0 \langle v^2 \rangle$$

bu yerda m_0 – molekula massasi.

• Molekulyar-kinetik nazariyasi asosan gaz molekullari ilgari lanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi termodinamik harorat bilan quyidagi munosibat orqali bog'langan:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

• Bir atomli ideal gazning ichki energiyasi uning absolyut haroratiga to'g'ri proporsional, ya'ni:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

• Jismning ichki energiyasining o'zgarishi ikkita jarayon hisobiga yuz beradi, ya'ni issialik almashinishi va mexanik energiyaning jism ichki energiyasiga aylanishi (yoki ish bajarish) hisobiga.

• Termodinamikaning birinchi qonuni (energiya saqlanish qonuni). Sistemaga berilgan issialik miqdori sistemaning ichki energiyasini o'zgartirishga va sistemaning tashqi jismlar ustidan ish bajarishga sarf bo'ladi:

$$Q = \Delta U + A.$$

• Issialik miqdori. Massasi m bo'lgan jismni t_1 haroratdan t_2 haroratgacha isitish uchun zarur bo'lgan Q issialik miqdori:

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

• Solishtirma issialik sig'imi bu 1 kg moddaning haroratini 1K ga o'zgartirishda unga beriladigan voki undan olinadigan issialik miqdoridir. Solishtirma issialik sig'imini aniqlash uchun issialik balans tenglamasidan foydalaniladi.

• Massasi m bo'lgan suvuqlikni bug'ga aylantirib yuborish uchun zarur bo'lgan issialik miqdori:

$$Q = rm,$$

bu yerda r – bug' hosil bo'lish solishtirma issialigi.

• Massasi m bo'lgan kristall jismni eritib yuborish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori:

$$Q = \lambda m ,$$

bu yerda λ – solishtirma erish issiqligi.

• Issiqlik balans tenglamasi. Issiqlik almashinish jarayonida ichki energiya bir jismdan boshqa bir jismga o'tadi. Agar ikkita jism bo'lsa:

$$Q_1 + Q_2 = 0 ,$$

bu yerda Q_1 – birinchi jism bergan issiqlik miqdori, Q_2 – ikkinchi jism olgan issiqlik miqdori. Bu tenglama issiqlik balans tenglamasi deyiladi. Umumiy holda, ya'ni bu jarayon bir nechta jismlar o'rtasida sodir bo'lsa, issiqlik balans tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i = 0 ,$$

bu yerda Q_1, Q_2, Q_3, \dots – jismlar bergan yoki olgan issiqlik miqdorlari.

• To'yingan bug'. To'yingan bug' deb, berilgan haroratda bosimi va zichligi maksimal bo'lgan bug'ga aytiladi. To'yingan bug'ning bosimi quyidagi formula bilan taqriban aniqlanadi:

$$P_0 = nkT .$$

Havoning namligi planetamiz atmosferasida bug'ning mavjudligini xarakterlaydi. Absolyut namlik ρ_a havodagi suv bug'ining zichligiga yoki uning bosimi P_a ga teng bo'lgan kattalikdir. Absolyut namlikning birligi – kg/m^3 .

• Nisbiy namlik deb, absolyut namlikning berilgan haroratdagi to'yingan bug' zichligiga nisbatiga aytiladi.

$$B = \frac{\rho_a}{\rho_t} \cdot 100\% ,$$

bu yerda ρ_t – to'yingan bug' zichligi.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Agar suv sathida barometrik bosim P_0 ga teng bo'lsa, qanday chuqurlikda havo pufakchasi radiusi, suv sathidagi radiusga nisbatan 2 marta kichik bo'ladi?

Berilgan: $r_1/r_2 = 2$; $P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Topish kerak: h — ?

Yechilishi:

$T = \text{const}$ bo'lgani uchun

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (\text{Boyl-Mariott shartidan})$$

Masala shartiga asosan $P_1 = P_0$, $P_1 - \text{suv sathidagi bosim}$.

Bundan

$$P_2 = P_0 + \rho gh$$

Suv sathida havo pufakchasining hajmi

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r_1^3$$

h chuqurlikda esa hajmi

$$V_2 = \frac{4}{3} \pi r_2^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{r_1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8} V_1$$

Ushbu ifodalarni Boyl-Mariott qonuniga qo'yamiz:

$$P_0 V_1 = (P_0 + \rho gh) \frac{1}{8} V_1$$

Bundan

$$h = \frac{7P_0}{\rho g} \approx 73 \text{ m}.$$

Javob: 73 m.

2-masala. Berk idishdagi gazni $\Delta T = 1 \text{ K}$ ga qizdirganda bosimi $0,4 \%$ ga ortsa, idishdagi gaz dastlab qanday temperaturada bo'lgan?

Berilgan: $\Delta T = 1 \text{ K}$; $P_2/P_0 = 0,4 \%$.

Topish kerak: $T_1 - ?$

Yechilishi:

Ikkala holat uchun Mendelev-Klapeyron tenglamasini yozamiz:

$$P_1 V = \frac{m}{M} RT_1 ;$$

$$P_2 V = \frac{m}{M} RT_2 .$$

Ushbu tenglamalar nisbatidan

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} .$$

$$P_2 = P_1 + kP_1 = P_1(1 + k) .$$

(1)

(2)

Bu yerda k – aiziqanda birlamchi bosim o'zgarish ulushi.

$$T_2 = T_1 + \Delta T,$$

(3)

(2) va (3) ifodalarni (1) ga bo'lamiz

$$(1+k) = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1}$$

Bundan

$$T_1 = \frac{\Delta T}{k} = 250 \text{ K}$$

Javob: 250 K.

3-masala. Havoni bir jinsli gaz deb hisoblab, havoda muallaq turgan 10^{-6} g massali chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezligi molekular harakatining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik ekanligini toping.

Berilgan: $m = 10^{-6}$ g; $M = 29$ kg/kmol

Topish kerak: $\mathcal{G}_2/\mathcal{G}_1$ - ?

Yechilishi:

Molekula va chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezligi mos holda quyidagiga teng bo'ladi:

$$\mathcal{G}_1 = \sqrt{\frac{3RT}{M}}; \quad \mathcal{G}_2 = \sqrt{\frac{3RT}{m}}$$

Bu formulalardan tezliklar nisbatini topamiz:

$$\frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} = \sqrt{\frac{R}{M} \cdot \frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{kN_A}{M} \cdot \frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{N_A m}{M}} = 0,69 \cdot 10^7.$$

Javob: $0,69 \cdot 10^7$.

4-masala. Sig'imi 10 l bo'lgan ballonda 300 K temperatura va 1 MPa bosim ostida geliy gazi bor. Ballondan 10 g geliy olinganda uning temperaturasi 17°C gacha pasaygan. Ballonda qolgan geliy gazining bosimini aniqlang.

Berilgan: $V = 10 \text{ l} = 10^{-2} \text{ m}^3$; $R = 8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$; $M = 4 \text{ kg/kmol}$;

$P_1 = 10^6 \text{ Pa}$; $T_1 = 300 \text{ K}$; $\Delta m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$; $T_2 = 290 \text{ K}$.

Topish kerak: P_2 - ?

Yechilishi.

Masalani yechish uchun Mendeleyev-Klayperon tenglamasini qo'llaymiz va uni gazning oxirgi holati uchun yozamiz:

$$P_1 V = \frac{m_2}{M} RT_2 \quad (1)$$

bu yerda m_2 – ballondagi geliy gazining oxirgi holatdagi massasi; M – bir kilomol geliy gazining massasi; R – gazning universal doimivsi. (1) formuladan P_2 bosimni topamiz:

$$P_2 = \frac{m_2}{M} \frac{RT_2}{V} \quad (2)$$

Ballonda qolgan geliy gazining m_2 massasini boshlang'ich holat massasi m_1 va ballondan olingan geliy massasi Δm orqali ifodalaymiz:

$$m_2 = m_1 - \Delta m. \quad (3)$$

Mendeleyev-Klapeyron tenglamasini boshlang'ich holatga qo'llaymiz va gazning ushbu holatdagi m_1 massasini aniqlaymiz:

$$m_1 = \frac{MP_1 V}{RT_1} \quad (4)$$

(4) ifodani (3) ifodaga qo'yamiz, hosil bo'lgan ifodani esa (2) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$P_2 = \left(\frac{MP_1 V}{RT_1} - \Delta m \right) \frac{RT_2}{MV}$$

yoki

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 - \frac{\Delta m}{M} \frac{RT_2}{V}$$

Ushbu ifodaga kattaliklarning qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi natijani olamiz:

$$P_2 \approx 3,64 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Javob: $3,64 \cdot 10^6 \text{ Pa}$.

5-masala. Ballon ichida $m_1 = 80 \text{ g}$ kislorod va $m_2 = 320 \text{ g}$ argon mavjud. Aralashma bosimi $P = 1 \text{ MPa}$ temperaturasi $T = 300 \text{ K}$. Ushbu gazlarni ideal deb hisoblab, balon sig'imi V ni aniqlang.

Berilgan: $m_1 = 80 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$; $M_1 = 32 \text{ kg/kmol}$; $m_2 = 0,32 \text{ kg}$; $M_2 = 40 \text{ kg/kmol}$; $P = 1 \cdot 10^6 \text{ Pa}$; $T = 300 \text{ K}$.

Topish kerak: V - ?

Yechilishi.

Dalton qonuniga asosan aralashma bosimi shu aralashma tarkibidagi gazlarning parsial bosimlar vige'indisiga teng.

Mendelevy-Klavperon tenglamasiga asosan kislorod va argonning parsial bosimlari quyidagi formulalar orqali ifodalanadi:

$$P_1V = \frac{m_1}{M_1} RT_1$$

va

$$P_2V = \frac{m_2}{M_2} RT_2$$

Binobarin Dalton qonuniga asosan aralashma bosimi:

$$P = P_1 + P_2$$

yoki

$$P = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{V}$$

Bu yerdan ballon sig'imini topamiz:

$$V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{P}$$

Ushbu ifodaga kattaliklar qiymatlarini qo'yamiz va hisoblashlarni bajarib, quyidagi natijani olamiz:

$$V \approx 0,0262 \text{ m}^3 \quad \text{yoki} \quad V \approx 26,2 \text{ l}$$

Javob: 26,2 l

6-masala. Sig'imi 2 m^3 bo'lgan idishda 27°C temperaturali 4 kg ge-liy va 2 kg vodorod gazlarining aralashmalari bor. Gazlar aralashmasining bosimini va molyar massasini aniqlang.

Berilgan: $V = 2 \text{ m}^3$; $m_1 = 4 \text{ kg}$; $M_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}$; $m_2 = 2 \text{ kg}$; $M_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}$; $T = 300 \text{ K}$.

Topish kerak: $P - ?$ $M - ?$

Yechilishi.

Mendelevy-Klavperon tenglamasini geliy va vodorod uchun qo'llaymiz:

$$P_1V = \frac{m_1}{M_1} RT_1$$

(1)

$$P_2V = \frac{m_2}{M_2} RT$$

(2)

Bu yerda P_1 – geliy gazining parsial bosimi; m_1 – geliy massasi; M_1 – uning molyar massasi; V – gaz hajmi; T – gaz temperaturasi; P_2 – vodorod gazining

parzial bosimi: m_2 – vodorod massasi; M_2 – uning molyar massasi. Dalton qonuniga asosan aralashma bosimi:

$$P = P_1 + P_2 \quad (3)$$

(1) va (2) ifodalardan P_1 va P_2 larni topamiz va (3) ga qo'yamiz:

$$P = \frac{m_1 RT}{M_1 V} + \frac{m_2 RT}{M_2 V} = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{V} \quad (4)$$

Quyidagi formula bo'yicha gazlar aralashmasining molyar massasini topamiz:

$$M = \frac{m_1 + m_2}{\nu_1 + \nu_2} \quad (5)$$

Bu yerda ν_1 va ν_2 – mos holda geliv va vodorod gazlarining modda miqdorlari. Bu kattaliklarni quyidagi formula orqali topamiz:

$$\nu_1 = \frac{m_1}{M_1} \quad (6)$$

$$\nu_2 = \frac{m_2}{M_2} \quad (7)$$

(6) va (7) ifodalarni (5) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$M = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} \quad (8)$$

(4) va (8) ifodalarga kattaliklarning qiymatlarini qo'yamiz va hisoblashlarni bajarib, quyidagi natijani olamiz:

$$P \approx 2,5 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad \text{va} \quad M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}$$

Javob: $2,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, $3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}$.

7-masala. Massasi m_1 va solishtirma issiqlik sig'imi c_1 , massasi m_2 va t_1 temperaturagacha qizdirilgan suv bor. Kalorimetrga massasi m va temperaturasi t_2 bo'lgan mis va alyuminiy aralashmasidan iborat bo'lgan kukun tushiriladi. Buning natijasida suv temperaturasi θ gacha ko'tariladi. Mis va alyuminiy kukunlarining massasini aniqlansin.

Berilgan: m_1 ; c_1 ; m_2 ; t_1 ; t_2 ; m ; θ .

Topish kerak: m_3 - ? va m_4 - ?

Yechilishi:

Masalani yechishda issiqlik balansi tenglamasidan foydalanamiz, ya'ni

$$\sum_1 Q_i = \sum_k Q_k \quad (1)$$

Bu yerda Q_i – jismlar (1-12... jismlar) bergan issiqlik miqdori; Q_k – jismlar miqdorlari. Ushbu tenglamaga asosan kalorimetr va suv olgan issiqlik miqdori

$$Q_2 = m_1 c_1 (\theta - t_1) + m_2 c_2 (\theta - t_1) \quad (2)$$

Kukunlar bergan issiqlik miqdori:

$$Q_3 = m_3 c_3 (t_2 - \theta) + m_4 c_4 (t_2 - \theta) \quad (3)$$

Bu yerda m_3 ; m_4 ; c_3 ; c_4 – mos holda mis va aluminiv kukunlarining massa va issiqlik sig'imi. Masala shartidan:

$$m = m_3 + m_4 \quad (4)$$

Bu ifodani hisobga olgan holda, (2) va (3) ifodalarni (1) ifodaga qo'yamiz. Soddalashtirishlardan keyin quyidagi ifodani olamiz:

$$m_4 = \frac{(\theta - t_1)(m_1 c_1 + m_2 c_2) - m c_3 (t_2 - \theta)}{(t_2 - \theta)(c_4 - c_3)}$$

$$m_3 = m - m_4$$

Javob: $m_4 = \frac{(\theta - t_1)(m_1 c_1 + m_2 c_2) - m c_3 (t_2 - \theta)}{(t_2 - \theta)(c_4 - c_3)}$ $m_3 = m - m_4$

8-masala. g_0 tezlik bilan uchib kelayotgan qo'rg'oshin o'q doskani teshib, tezligini g gacha kamaytirdi. O'qning boshlang'ich temperaturasi t . Agar energiyaning k qismi qizishga ketgan bo'lsa, energiyaning qancha qismi erishga ketgan?

Berilgan: g_0 ; g ; t .

Topish kerak: $m/m - ?$

Yechilishi:

Masala yechishda energiyaning saqlanish qonunidan foydalanamiz. O'q doskani teshdani uning tezligi kamayadi. Binobarin uning kinetik energiyasi ham kamayadi:

$$\Delta W = \frac{m g_0^2}{2} - \frac{m g^2}{2} = \frac{m}{2} (g_0^2 - g^2)$$

Mazkur energiyaning k qismi o'qning ma'lum bir m_1 massasini eritishga va uni t_c eritish haroratiga chiqarishga ketadi, ya'ni:

$$k \frac{m}{2} (g_0^2 - g^2) = mc(t_e - t) + \lambda m_1$$

Bu yerda c – solishtirma issiqlik sig'imi; λ – o're' oshinning solishtirma erish issiqligi; m_1 – o'aning erigan qismining massasi. Bu yerdan m_1/m ni aniqlaymiz: ya'ni tenglamaning ikkala tomonini λm ga bo'lamiz va quyidagini olamiz:

$$\frac{m_1}{m} = \frac{k(g_0^2 - g^2) - 2c(t_e - t)}{2\lambda}$$

Javob:
$$\frac{m_1}{m} = \frac{k(g_0^2 - g^2) - 2c(t_e - t)}{2\lambda}$$

9-masala. Yuzasi 100 m^2 va balandligi 4 m bo'lgan xonaga 1 litr aseton to'kilgan. Agar aseton bug'lansa va xona bo'ylab tekis taqsimlansa 1 m^3 havoda qancha aseton molekulasi bor?

Berilgan: $S = 100 \text{ m}^2$; $h = 4 \text{ m}$; aseton, $V_1 = 1 \text{ litr} = 10^{-3} \text{ m}^3$

Topish kerak: n — ?

Yechilishi:

To'kilgan aseton massasi

$$m = \rho V_1$$

bu yerda ρ – aseton zichligi; V_1 – uning hajmi.

Massasi m bo'lgan modda tarkibidagi molekular soni

$$N = \frac{m}{M} N_A = \frac{\rho V_1}{M} N_A$$

Aseton kimyoviy formulasi $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ bu formuladan $M = 58 \text{ kg/kmol} = 58 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$. Birlik hajmdagi molekular soni

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\rho V_1}{MV} N_A$$

bu yerda $V = Sh$ – xona hajmi:

$$n = \frac{\rho V_1}{MS h} N_A$$

bu ifodaga kattaliklarni va qiymatlarni qo'yib hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$n = 2 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$$

Javob: $2 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$.

10-masala. Xonadagi pechka o't yoqqandan keyin temperatura 15°C dan 27°C gacha ko'tarildi. Ushbu xonadagi molekular soni necha foizga kamayadi?

Berilgan: $T_1 = 288 \text{ K}$; $T_2 = 300 \text{ K}$

Topish kerak: $\Delta N/N - ?$

Yechilishi:

Birlik hajmdagi molekular soni quyidagiga teng.

$$n = \frac{P}{kT}$$

bu yerda P – bosim; T – temperatura k – Bolsman doimiyi.

Masala shartiga binoan, hajm va bosim o'zgarmaydi. Shu sababli molekular soni quyidagiga teng:

$$N_1 = n_1 V = \frac{P}{kT_1} V$$

$$N_2 = n_2 V = \frac{P}{kT_2} V$$

$$\Delta N = N_1 - N_2 = \frac{PV}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Demak

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{PV}{kN} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$N = \frac{P}{kT_1}$$

ekanlidini hisobga olib

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

ifodani hosil qilamiz

Bunga son qiymatlarni qo'yib hisoblaymiz:

$$\frac{\Delta N}{N} \approx 4,2\%$$

Javob: $4,2\%$.

11-masala. Agar azot gazining bosimi $3,69 \text{ atm}$ va molekularning o'rtacha kvadratik tezligi 2400 m/s ga teng bo'lsa, 1 m^3 hajmdagi molekular sonini toping.

Berilgan: $V = 1 \text{ m}^3$; $P = 3,69 \cdot 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $\bar{v}_{kv} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ m/s}$; $M = 28 \text{ kg/kmol}$.

Topish kerak: $n_0 - ?$

Yechilishi:

Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$P = \frac{1}{3} n_0 m \bar{v}_{kv}^2 \quad (1)$$

bu yerda P – bosim; n_0 – molekularning konsentratsivasi, ya'ni hai.n birligidagi molekularning soni; m – bitta molekulaning massasi; \bar{v}_{kv} – molekularning o'rtacha kvadratik tezligi.

Bitta molekula massasi quyidagiga teng:

$$m = \frac{M}{N_A} \quad (2)$$

bu yerda M – molvar massa; N_A – Avogadro soni bo'lib, u $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

(1) va (2) ifodalardan foydalangan holda n_0 ni aniqlaymiz:

$$n_0 = \frac{3PN_A}{M\bar{v}_{kv}^2}$$

Ushbu ifodaga kattaliklarning qiymatlarini qo'yamiz va hisoblashlarni bajarib, quyidagi natijani olamiz:

$$n_0 = 4,2 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$$

Javob: $4,2 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$.

12-masala. Normal sharoitda 20 l hajm egallagan gaz 80°C temperaturagacha izobarik qizdirilgan. Kengayganda gaz bajargan ishni aniqlang.

Berilgan: $V = 20 \text{ l} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$; $R = 8,31 \text{ J/(mol K)}$; $P_1 = P_2 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $T_1 = 273\text{K}$; $T_2 = 353\text{K}$.

Topish kerak: $A - ?$

Yechilishi.

Izobarik jarayonda gaz kengayishda bajargan ish quyidagi formula bo'yicha aniqlaniladi:

$$A = \frac{m}{M} R \Delta T \quad (1)$$

m/M modda miqdorini Mendelevyev-Klapeyron tenglamasidan aniqlaymiz:

$$P_1 V_1 = \frac{m}{M} RT_1$$

yoki

$$\frac{m}{M} = \frac{P_1 V_1}{RT_1}$$

(2)

(2) ni (1) ga qo'yib, bajargan ishini aniqlaymiz:

$$A = \frac{P_1 V_1 \Delta T}{T_1}$$

va bu formulaga qo'yamiz.

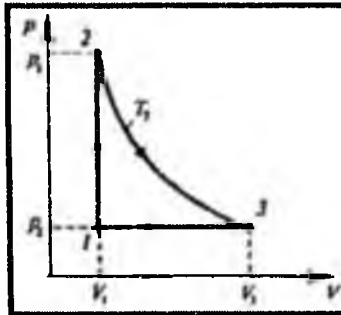
Quyidagi natijani olamiz:

$$A \approx 592 \text{ J.}$$

Javob: 592 J.

13-masala. Ikki atomli ideal gaz ($\nu = 3 \text{ mol}$) $p_1 = 1 \text{ MPa}$ bosimda $V_1 = 5 \text{ l}$ hajmini egallaydi. Uni avval izoxorik ravishda $T_2 = 500 \text{ K}$ temperaturagacha qizdirildi. Keyin izotermik usulda dastlabki bosimgacha gaz kengaytirildi. Oxirida izobarik holda boshlang'ich holatga keltirildi. Siklning *FIK* ni toping.

Yechilishi:



Har bir o'tish uchun termodinamikaning *I qonunini* qo'llaymiz:

$$Q = \Delta U + A$$

Gazga berilgan va undan olingan issiqlik miqdorlarini aniqlasak, *Karno sikli* bo'yicha siklning *FIK* ni hisoblashimiz mumkin. Masalani yechish ketma-ketligiga e'tibor qiling:

$$1 \rightarrow 2$$

$$V_1 = \text{const}$$

$$A_{12} = 0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1), \quad P_1 V_1 = \nu R T_1, \quad T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R}, \quad Q_{12} = \frac{i}{2} \nu R \left(T_2 - \frac{P_1 V_1}{\nu R} \right)$$

$$2 \rightarrow 3 \quad T_1 = \text{const} \quad \Delta U_{23} = 0 \quad Q_{23} = A_{23}$$

$$A_{23} = \nu RT_2 \ln \frac{V_3}{V_2}, \quad V_2 = V_1, \quad p_3 = p_1, \quad p_3 V_3 = \nu RT_3$$

$$V_3 = \frac{\nu RT_3}{p_3} = \frac{\nu RT_2}{p_1}, \quad Q_{23} = \nu RT_2 \ln \frac{V_3}{V_1}$$

$$3 \rightarrow 1 \quad p_1 = \text{const}$$

$$Q_{31} = \frac{i+2}{2} \nu R(T_1 - T_2)$$

Demak, yuqorilardan topilgan issiqlik miqdorlarini umumlashtirib,

$$Q_1 = |Q_{12} + Q_{23}|, \quad Q_2 = |Q_{31}|$$

ifodalarni olamiz. *FIK* ni aniqlaymiz:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 13,3\%$$

Javob: 13,3 %.

2.4-§. Maksvell, Bolsman va Maksvell-Bolsman taqsimoti

Barometrik formula gaz bosimining bir jinsli og'irlik kuchi maydonida balandlikka qarab kamayishini ifodalaydi:

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$$

(1)

bu yerda P_0 - gazning $h=0$ balandlikdagi bosimi, P - gazning h balandlikdagi bosimi, g - og'irlik kuchi tezlanishi, R - universal gaz doimivsi, T - mutlag temperatura.

Bolsman taqsimoti – zarralarning kuch maydonidagi taqsimoti:

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}}$$

(2)

bu yerda n - zarralar konsentratsiyasi, U - ularning potensial energiyasi n_0 - maydonning $U=0$ bo'lgan nuqtalaridagi konsentratsiyasi k - Bolsman doimivsi.

Maksvel taqsimotiga doir masalalar yechishda har xil u uchun $\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$ ning qiymati berilgan 1-jadvaldan foydalanish qulaydir.

1- jadval

u	$\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$
0	0	0,9	0,81	1,8	0,29
0.1	0.02	1.0	0.83	1.9	0.22
0.2	0.09	1.1	0.82	2.0	0.16
0.3	0.18	1.2	0.78	2.1	0.12
0.4	0.31	1.3	0.71	2.2	0.09
0.5	0.44	1.4	0.63	2.3	0.06
0.6	0.57	1.5	0.54	2.4	0.04
0.7	0.68	1.6	0.46	2.5	0.03

Nisbiy tezliklari u dan $u+du$ gacha oraliqda bo'lgan molekular soni:

$$dN = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot N \cdot e^{-u^2} \cdot u^2 du \quad (3)$$

bu yerda $u = v/v_e$ – nisbiy tezlik, tezlik v ning eng katta ehtimolli tezlik

$$v_e = \sqrt{\frac{12RT}{\mu}}$$

ga nisbatiga teng.

Gaz molekularining o'rtacha arifmetik tezligi:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \quad (4)$$

Ba zi bir masalalarda tezligi berilgan u tezlikning qiymatidan ortiq bo'lgan molekular soni N_x ni bilish talab qilinadi. 2-jadvalda N_x/N ning qiymati berilgan, bunda N - molekularning umumiy soni.

2-jadval

u	N_x/N	U	N_x/N
0	1,000	0,8	0,734
0.2	0.994	1.0	0.572
0.4	0.957	1.25	0.374
0.5	0.918	1.5	0.213
0.6	0.868	2.0	0.046
0.7	0.806	2.5	0.0057

Hisoblashlar aniqroq bo'lishi uchun yuqoridagi jadvalni millimetrlilik qog'ozda grafik ko'rinishida tasvirlab olish talab qilinadi.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Perren mikroskop yordamida muallaq gummigut zarrachalar konsentratsiyasining balandlikka qarab o'zgarishini kuzatadi va barometrik formulani qo'llab, eksperimental ravishda Avogadro sonining qiymatini topdi. Perren tajribalaridan birida qatlamlarning orasi 100 mkm bo'lganda pastki qatlamdagi muallaq gummigut zarrachalarning soni yuqori qatlamdigidan ikki marta ko'p ekanligini aniqladi. 20° C temperaturada $0,3 \cdot 10^{-4} \text{ sm}$ diametrlilik gummigut zarrachalari uning zichligidan $0,2 \text{ g/sm}^3$ ga kam bo'lgan suyuqlikka aralashtirilgan. Bu berilganlarga asosan Avogadro soni topilsin.

Yechilishi:

Barometrik formuladan foydalanamiz.

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{\mu g h}{RT}} \quad (1)$$

Konsentratsiya (hajm birligidagi zarrachalar soni) $n = \frac{P}{kT}$ ga teng, bundan

$$P = n k T \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yib, h_1 va h_2 balandliklar uchun mos keluvchi $n_1 = n_0 e^{-\frac{\mu g h_1}{RT}}$ va $n_2 = n_0 e^{-\frac{\mu g h_2}{RT}}$ larni hosil qilamiz, bundan

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{\mu g (h_1 - h_2)}{RT}} = e^{-\frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}}$$

yoki

$$\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT} \quad (3)$$

Zarrachaning massasi $m = \frac{\mu}{N_A}$ bo'lganligidan, (3) formulani quyidagicha

yozish mumkin: $\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_A m (h_2 - h_1) g}{RT}$, bundan, Arximed qonuniga asosan

kiritilgan tuzatmani nazarga olgan holda oxirgi natijani hosil qilamiz:

$$N_0 = \frac{RT \ln \frac{n_1}{n_2}}{gV(\rho - \rho')(h_2 - h_1)} = 6,1 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1},$$

bunda, ρ - gummigutning zichligi va ρ' - suvalikning zichligi.

$$\text{Javob: } N_0 = 6,1 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$$

2-masala. Idishda modda miqdori $\nu = 1,2 \text{ mol}$ bo'lgan gaz saqlanadi. Bu gazni ideal gaz sifatida qarab, tezliklari ν eng katta ehtimoliy tezlik ν_e ning $0,001$ qismidan kam bo'lgan molekular soni ΔN aniqlansin.

Yechilishi. Masalani yechish uchun molekularning nisbiy tezliklar ($u = \nu/\nu_e$) bo'yicha taqsimotidan foydalanish qulay. Nisbiy tezliklari u dan $u + du$ gacha oraliqda joylashgan molekularning soni

$$dN(u) = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du \quad (1)$$

formula bilan aniqlanadi; bu yerda N - molekularning to'liq soni.

Masalaning shartiga ko'ra, bizni qiziqtiradigan molekularning maksimal tezligi $\nu_{max} = 0,001 \nu_e$ bundan $u_{max} = \nu_{max}/\nu_e = 0,001$. u ning bunday qiymatlari uchun (1) ifodani soddaroq ko'rinishga keltirish mumkin. Chindan ham $u \ll 1$ uchun $e^{-u^2} \approx 1 - u^2$ ni olamiz. $u = (0,001)^2 = 10^{-6}$ qiymatni birga nisbatan e'tiborga olmay, (1) ifodani

$$dN(u) = \frac{dN}{\sqrt{\pi}} u^2 du \quad (2)$$

ko'rinishda yozamiz. Bu ifodani u bo'yicha 0 dan u_{max} gacha chegarada integrallab, quyidagini olamiz:

$$\Delta N = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} \int_0^{u_{max}} u^2 du = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} \frac{u^3}{3} \Big|_0^{u_{max}} \quad \text{ёки} \quad \Delta N = \frac{4N}{3\sqrt{\pi}} u_{max}^3 \quad (3)$$

(3) dagi molekular soni N ni modda miqdori va Avogadro doimiysi orqali ifodalab, ΔN ni hisoblab topamiz:

$$\Delta N = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{3 \cdot 1,77} (10^{-3})^3 = 5,44 \cdot 10^{14} \text{ ta molekula}$$

$$\text{Javob: } \Delta N = 5,44 \cdot 10^{14} \text{ ta molekula.}$$

3-masala. Molekularning impulslar bo'yicha taqsimot funksiyasi $f(p)$ ni bilgan holda impuls kvadratining o'rtacha qiymati $\overline{p^2}$ aniqlansin.

Yechilishi:

Impuls kvadratining o'rtacha qiymati $\overline{p^2}$ ni o'rtacha qiymatni hisoblashning umumiy qoidasiga binoan aniqlash mumkin:

$$\overline{p^2} = \frac{\int_0^{\infty} p^2 f(p) dp}{\int_0^{\infty} f(p) dp} \quad (1)$$

Molekulalarning impulslar bo'yicha taqsimot funksiyasi

$$f(p) = 4\pi \left(\frac{1}{2\pi mkT} \right)^{3/2} \cdot e^{-p^2/(2mkT)} \cdot p^2 \quad (2)$$

ko'rinishga ega. Bu taqsimot funksiyasi allaqachon birga normallashtirilgan, ya'ni

$$\int_0^{\infty} f(p) dp = 1$$

Normallashtirishni hisobga olib, (1) formulani boshqacharoq ko'rinishda yozamiz:

$$\overline{p^2} = \int_0^{\infty} p^2 f(p) dp \quad (3)$$

$f(p)$ ning (2) formula bo'yicha ifodasini (3) formulaga qo'yamiz va p ga bog'liq bo'lmagan kattaliklarni integral belgisidan tashqariga chiqaramiz:

$$\overline{p^2} = 4\pi \left(\frac{1}{2\pi mkT} \right)^{3/2} \int_0^{\infty} p^4 e^{-p^2/(2mkT)} dp.$$

Bu integralda, $a = \frac{1}{2mkT}$ deb belgilab, uni quyidagi jadval integrali ko'rinishiga keltirish mumkin:

$$\int_0^{\infty} x^4 e^{-ax^2} dx = \frac{3}{8} \sqrt{\pi} a^{-5/2}.$$

Bizning holimizda bu quyidagini beradi:

$$\overline{p^2} = 4\pi \left(\frac{1}{2\pi mkT} \right)^{3/2} \cdot \frac{3}{8} \sqrt{\pi} \left(\frac{1}{2mkT} \right)^{-5/2}.$$

soddalashtirish va qisqartirishlardan keyin quyidagi ifodani topamiz:

$$\overline{p^2} = 3mkT \quad \text{yoki} \quad p = \sqrt{3mkT}$$

Javob: $\overline{p^2} = 3mkT \quad \text{yoki} \quad p = \sqrt{3mkT}$

2.5-§. Real gazlar va suvuqliklar.

Bir mol gaz uchun Van-der-Vaals tenglamasi:

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) \cdot (V_0 - b) = RT \quad (1)$$

bu yerda P - bosim, V_0 - bir mol gazning hajmi, a va b - Van-der-Vaals doimiylari, ularning aymatlari har xil gazlar uchun turlicha, T — mutloq temperatura, R — gaz doimiyi.

Gazning ixtiyoriy m massasi uchun Van-der-Vaals tenglamasi:

$$\left(p + \frac{m^2 a}{\mu^2 V^2} \right) \left(V - \frac{m}{\mu} b \right) = \frac{m}{\mu} RT \quad (2)$$

bu yerda V — gazning eʼallagan hajmi, μ — bir mol gazning massasi.

Van-der-Vaals tenglamasidagi a va b doimiylar shu gazning kritik temperaturasi T_k , kritik bosimi P_k va kritik hajmi V_k bilan quyidagicha bogʻlangan:

$$\begin{aligned} V_k &= 3b, \\ P_k &= \frac{a}{27b^2}, \\ T_k &= \frac{8a}{27R \cdot b} \end{aligned} \quad (3)$$

Real gazning ichki energiyasi:

$$U = \frac{m}{\mu} \left(C_{\mu\nu} T - \frac{a}{V} \right) \quad (4)$$

bu yerda $C_{\mu\nu}$ - gazning oʻzgarish hajmdagi molvar issiqlik sigʻimi.

Sirt taranglik koeffitsiyenti:

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad (5)$$

bu yerda F - suvuqlik sirtini oʻrab turgan l konturga taʼsir etayotgan sirt taranglik kuchi.

Suyuqlik sirt pardasining yuzani ΔS ga orttirish uchun sirt taranglik kuchiga qarshi $\Delta A = \sigma \Delta S$ ga teng ish bajarish kerak.

Suyuqlik sirtining egriligi tufayli yuzaga keluvchi qoʻshimcha bosim Laplas formulasidan aniqlanadi:

$$\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (6)$$

bu yerda R_1 va R_2 - suvaqlik vuzining ikkita o'zaro perpendikulyar kesimlarining egrilik radiuslari.

Suvaqlikning kapillyar nayda ko'tarilish balandligi:

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho gr} \quad (7)$$

bu yerda r - naycha kanalining radiusi, ρ - suvaqlikning zichligi, θ - chegaraviv burchak.

Eritmaning P osmotik bosimi va T - mutloq temperaturaning o'zaro bog'lanishi Vant-Goff formulasi bilan ifodalanadi:

$$P = CRT \quad (8)$$

R - universal gaz doimiyisi, C - eritmaning birlik haimida erigan moddaning mollari soni (eritmaning molvar konsentratsivasi).

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Sig'imi $V = 8$ l bo'lgan ballonda $T = 300$ K temperaturada massasi $m = 0,3$ kg bo'lgan kislorod bor. Idish sig'imining qanday qismini gaz molekulalarining xususiy hajmi tashkil qilishini topilsin. Gaz ichki bosimi P' ning gazning idish devorlariga bosimi P ga nisbatan aniqlansin.

Yechilishi:

Masalaning birinchi savoliga javob topish uchun

$$V' / V \quad (1)$$

nisbatni topish zarur, bunda V' - molekulalarning xususiy hajmi.

Molekulaning xususiy hajmini real gazning bir molida mavjud bo'lgan molekulalar hajmining to'rtga ko'paytirilganiga teng bo'lgan Van-der-Vaals doimiyisi b dan foydalanib topamiz. Van-der-Vaals tenglamasi

$$(P + v^2 a / V^2) (V - vb) = vRT \quad (2)$$

dagi vb tuzatma gazdagi barcha molekulalar hajmining to'rtlanganini bildiradi, ya'ni $vb = 4V'$. Bundan

$$V' = vb / 4$$

yoki

$$V' = mb / (4\mu)$$

bu yerda $v = m / \mu$ — modda miqdori; μ - molvar massa.

V' ning topilgan qiymatini (1) ifodaga qo'yib quyidagini topamiz:

$$k = mb / (4\mu V) \quad (3)$$

bu formula bo'yicha hisoblasak,

$$k = 0,91 \%$$

Binobarin, molekullarning xususiy hajmi idish hajmining 0,91 % ini tashkil qiladi.

Masalaning ikkinchi savoliga javob berish uchun

$$k_1 = P' / P$$

nisbatni topish kerak.

(2) tenglamadan ko'rinadiki,

$$P' = \frac{v^2 a}{V^2} \text{ yoki } P' = \left(\frac{m}{\mu}\right)^2 \frac{a}{V^2} \quad (4)$$

bu yerda a - bir mol uchun Van-der-Vaals doimiyi.

(4) formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak,

$$P' = 179 \text{ kPa}$$

Gazning idish devorlariga ko'rsatayotgan bosimi P ni (2) tenglamadan topamiz:

$$P = \frac{vRT}{V - v} - \frac{a}{V^2}$$

Bu formula bo'yicha hisoblab, quyidagini olamiz:

$$P = 2,84 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

P' va P larning qiymatlarini (3) ifodaga qo'yib, hisoblasak,

$$K_1 = 6,3 \%$$

Binobarin, molekullarning tortishish kuchlari natijasida vujudga keladigan gaz bosimi gazning idish devorlariga bosimining 6,3 % ini tashkil qiladi.

2-masala. Modda miqdori $\nu = 1 \text{ mol}$ bo'lgan karbonat angidrid kritik holatda turibdi. Gaz izobarik qizdirilganda uning V hajmi $k = 2$ marta oshdi. Agar kritik temperaturasi $T_k = 304 \text{ K}$ bo'lsa, gaz temperaturasining o'zgarishi ΔT aniqlansin.

Yechilishi:

Masalani yechish uchun Van-der-Vaals tenglamasining keltirilgan shaklidan, ya'ni real gazning bosimi P , molyar hajmi V_m va temperaturasi T mos kritik parametrlar bilan

$$\begin{aligned} \pi &= P / P_* ; \\ \omega &= V / V_* , \\ \tau &= T / T_* \end{aligned}$$

ko'rinishdagi munosabatlar kabi tasvirlangan shaklidan foydalanish qulay. Bu tengliklardan quyidagilarni olamiz:

$$P = \pi \cdot P_*$$

$$V = \omega V_*$$

$$T = \tau T_*$$

Bunga P_* , V_* va T_* larning Van-der-Vaals doimiylari a va b lar orqali ifodalarni qo'yib quyidagilarni olamiz:

$$P = \frac{a}{27b^2} \pi;$$

$$V = 3b\omega;$$

$$T = \frac{8a}{27bR} \tau.$$

P , V va T lar uchun olingan ifodalarni oddiy Van-der-Vaals tenglamasiga qo'yamiz

$$\left[\frac{a}{27b^2} \pi + \frac{a}{(3b\omega)^2} \right] [3b\omega - b] = R \frac{8a}{27bR} \tau.$$

Bu ifodani $a/(27b)$ ga bo'lib, quyidagini olamiz:

$$\left(\pi + 3/\omega^2 \right) \cdot (3\omega - 1) = 8\tau$$

Bu ifoda Van der-Vaals tenglamasining keltirilgan shaklidir. U gazning xususiy xossalarini ifodalovchi hech qanday parametrlarga ega emas va shuning uchun ham universaldir.

Endi masalaning savoliga javob beraylik. Bosim o'zgarmay qolganligi tufayli $\pi = 1$ shartga ko'ra gazning molyar hajmi ikki marta oshdi, ya'ni $V_2 = 2V_*$, binobarin, $\omega = 2$. (1) tenglamadan keltirilgan temperatura τ ni ifodalaymiz

$$\tau = \frac{1}{8} \left(\pi + \frac{3}{\omega^2} \right) (3\omega - 1)$$

Bu yerga π va ω larning qiymatlarini qo'yib hisoblasak,

$$\tau = 35/32.$$

Temperatura T yuqorida qayd qilingandek keltirilgan τ va kritik T_k temperaturalar bilan $T = \tau T_k$ munosabat orqali bog'langan. Shu formula bo'yicha hisoblash o'tkazsak,

$$T = 332 \text{ K.}$$

$$\Delta T = 28 \text{ K}$$

3-masala. Havoning temperaturasi $t = 16^\circ \text{C}$, nisbiy namligi $\eta = 60\%$ ni tashkil qiladi. Bo'yash ishlarini amalga oshirish uchun namlik $\eta_0 = 70\%$ dan

oshmasligi zarur bo'lsa temperaturani qancha Δt ga kamayishiga yo'l qo'yish mumkin? Havodagi bug' miqdori o'zgaraydi, deb hisoblang.

Yechilishi:

$t = 16^\circ \text{C}$ da havoning ρ absolyut namligi

$$\eta = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%$$

ifodadan topiladi:

$$\rho = \frac{\eta \rho_0}{100\%}$$

Bu yerda $\rho_0 = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ shu temperaturadagi to'yingan bug' zichligi. Hisoblash o'tkazib $\rho = 8,16 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ni olamiz. Mazkur zichlik qaysi temperaturada $\eta_b = 70\%$ nisbiy namlikni tashkil etishini aniqlash kerak:

$$\eta_b = \frac{\rho}{\rho_{ob}} 100\%$$

bu yerda ρ_{ob} o'sha t_1 temperaturada havoni to'yintiruvchi bug'ning zichligi.

Bundan:

$$\rho_{ob} = \frac{\rho \cdot 100\%}{\eta_b} = \frac{8,16 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \cdot 100\%}{70\%} = 11,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Jadvaldan ρ_{ob} ga to'g'ri kelgan temperaturani aniqlaymiz. $t_b = 13^\circ \text{C}$. Temperatura $\Delta t = t - t_0 = 3^\circ \text{C}$ ga kamayishi mumkin.

2.6-§. MUSTAOIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. 2 m^3 azotda qancha miqdorda modda bo'lsa, o'shancha miqdorda modda bilgan vodorod qanday hajmni egallaydi? Shunday miqdorda modda bo'lgan kislorod qanday hajmni egallaydi? Gazlarning temperaturasi va bosimi bir xil.
2. Avogadro soni N_A moddaning zichligi ρ , uning molyar massasi M ni bo'lgan holda shu moddaning birlik massasidagi; birlik hajmidagi; massasi m bo'lgan jismdagi; hajmi V bo'lgan jismdagi molekular sonini hisoblash formulalarini keltirib chiqaring.
3. Stakandagi massasi 200 g bo'lgan suv 20 sutka ichida butunlay bug'landi, 1 s da uning sirtidan o'rtacha qancha suv molekulari uchib chiqib turgan?
4. O'rtacha chuqurligi 10 m , sirtining yuzi 20 km^2 bo'lgan ko'lga $0,01 \text{ g}$ massali osh tuzi kristalli tashlandi. Ko'ldan olingan, 2 sm^3 bo'lgan suvda qancha tuz molekulari bo'ladi? Bunda tuz erib butun suv hajmida

tekis taqsimlangan deb hisoblang.

Gaz 6 kg massaga ega. U 200 kPa bosimda 5 m^3 hajmni egallasa, shu gaz molekulari harakatining o'rtacha kvadratik tezligi qanday bo'ladi? 20 kPa bosimda bir atomli gaz molekulasi o'rtacha kinetik energiyasini toping. Ko'rsatilgan bosimda bu gaz molekularining konsentratsiyasi $3 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$.

Bir atomli gazning hajmi **3 marta kamaytirilganda** va molekularining o'rtacha kinetik energiyasi **2 marta oshirilganda** shu gazning bosimi necha marta o'zgaradi?

Temperatura qanday bo'lganda bir atomli gazning o'rtacha kinetik energiyasi -73°C temperaturadagiga qaraganda **2 marta katta** bo'ladi?

Temperatura 290 K va bosim $0,8 \text{ MPa}$ bo'lganda bir atomli gaz molekulasi o'rtacha kinetik energiyasini va molekulari konsentratsiyasini aniqlang.

9. Sig'imi 10 l bo'lgan ballonda 27°C temperaturali gaz bor. Gaz sizib chiqishi tufayli ballondagi bosim $4,2 \text{ kPa}$ pasayadi. Agar temperatura o'zgarishsiz saqlangan bo'lsa, ballondan qancha molekula chiqib ketgan?

1. Agar kislorod va vodorod gazlarining temperaturalari bir xil bo'lsa, kislorod molekulasi o'rtacha kvadratik tezligi vodorod molekulasi o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik?

2. Havoni bir jinsli gaz deb hisoblab, havoda muallaq turgan $1,74 \cdot 10^{12} \text{ kg}$ massali chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezligi molekulari harakatining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik ekanini toping.

3. Agar Shtern tajribasida asbobning aylanish chastotasi 150 s^{-1} bo'lganda kumush molekulasi burchak siljishi $5,4^\circ$ ni tashkil etsa, bunda kumush bug'ining molekulasini qanday tezlikka ega bo'lgan? Ichki va tashqi silindrlar orasidagi masofa 2 sm ga teng.

4. Agar 200 kPa bosimda va 240 K temperaturada gazning hajmi 40 l ga teng bo'lsa, shu gazda qancha miqdor modda bor?

15. Temperaturasi 20°C va bosimi 100 kPa bo'lgan $1,45 \text{ m}^3$ havo suyuq holatga keltirildi. Agar suyuq havoning zichligi 861 kg/m^3 bo'lsa, u qancha hajmni egallaydi?

6. Yoz kunlaridan birida barometr 730 mm.sim.ust. ni, termometr esa 30°C ni ko'rsatdi. Qish kunlaridan birida esa bu asboblarning ko'rsatishlari quyidagicha bo'ldi: 780 mm.sim.ust. va -30°C . Havoning shu kunlardagi zichliklarini taqqoslang.

7. Yupqa qog'ozdan yasalgan hajmi $V = 0,1 \text{ m}^3$ bo'lgan shar temperaturasi $T_2 = 340 \text{ K}$ bo'lgan issiq havo bilan to'ldiriladi. Atrofdagi havoning temperaturasi $T_1 = 290 \text{ K}$. Shar ichidagi havoning p bosimi va atmosfera bosimi bir xil bo'lib, u 100 kPa ga teng. Qog'oz qobiqning massasi m ning qiymati qancha bo'lganda shar havoga

ko'tariladi?

18. Gaz $0,2 \text{ MPa}$ bosimda va 15° C temperaturada 5 l hajmga ega. Normal sharoitda shunday massali gazning hajmi qancha bo'ladi?
19. Normal sharoitda bo'lgan 1 m^3 tabiiy gaz yonganda 36 MJ issiqlik ajraladi. 110 kPa bosim ostida va 7° C temperaturada bo'lgan 10 m^3 gaz yonganda qancha miqdorda issiqlik ajraladi?
20. KamAZ-5320 avtomobilining dizel dvigateli silindrida siqish takti boshida havoning temperaturasi 50° C edi. Agar silindr ichidagi havoning hajmi *17 marta kamaysa*, bosim esa *50 marta ortsa*, takt oxirida havoning temperaturasi qanday bo'ladi?
21. Sig'imi $0,5 \text{ l}$ bo'lgan flyaga (suvdon) da $0,3 \text{ l}$ suv bor. Sayyoh lablarini idish bo'g'ziga zich qilib, undan suvni shunday ichyaptiki, idishga tashqaridan havo kirmayapti. Agar sayyoh idishdagi havo bosimini 80 kPa gacha kamaytirsas, u qancha suv icha oladi?
22. Suv o'rgimchagi suvda havodan uycha yasamoqda, bunda u panjalarini va qornida havo pufakchalarini eltib, ularni uchlari suv o'simliklariga tutashgan uyasi gumbazi ostiga joylaydi. Agar o'rgimchak har gal atmosfera bosimi ostida 5 mm^3 havo olsa, 50 sm chuqurlikda hajmi 1 sm^3 bo'lgan uycha yasashi uchun u necha marta qatnashi lozim?
23. Hajmi V bo'lgan idishga porshenli nasos yordamida havo haydab kiritilmoqda. Porshenli nasos silindrining hajmi V_0 Nasos bilan n marta dam urilgandan keyin idishdagi havo bosimi qanday bo'ladi? Idishdagi havoning dastlabki bosimi tashqi bosim p_0 ga teng.
24. 273 K absolyut temperaturada 9 va 18 g vodorod uchun bosimning hajmga bog'liqlik grafiklarini bitta chizmaga chizing.
25. Ishchi holatda bo'lmaganda ya'ni 7° C bo'lganda gaz to'ldirilgan cho'g'lanma elektr lampa kolbasidagi bosim 80 kPa . Agar ishchi rejimda bosim 100 kPa gacha ortsa, yonib turgan lampadagi gazning temperaturasini toping.
26. -13° C temperaturada avtomobil kamerasidagi havoning bosimi 160 kPa edi (atmosfera bosimidan ortiqcha). Avtomobil uzoq vaqt harakatlanishi natijasida havo 37° C gacha qiziydi. Shunda bosim qancha bo'ladi?
27. Hajmi 70 m^3 bo'lgan xonadagi temperatura 280 K edi. Pechka yoqilgandan keyin temperatura 296 K gacha ko'tarildi. Agar bosim doimiy bo'lib 100 kPa ga teng bo'lsa, havo kengayishida bajargan ishini toping.
28. Massasi 290 g bo'lgan havoni 20 K ga izobarik qizdirganda u qancha ish bajargan va bunda unga qancha miqdor issiqlik berilgan?
29. 800 mol gazni 500 K ga izobarik qizdirishda unga $9,4 \text{ MJ}$ issiqlik miqdori berildi. Bunda gaz bajargan ishini va uning ichki energiyasi qancha ortganini aniqlang.
30. Azot doimiy bosimda qizdirilganda uning solishtirma issiqlik sigimi

- $1,05 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, doimiy hajmda qizdirilganda esa $0,75 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Nima uchun bu kattaliklarning qiymati turlicha? Massasi 1 kg bo'lgan azot 1 K izobarik qizdirilganda qancha ish bajariladi?
31. Jadvaldan havoning solishtirma issiqlik sig'imi C va molyar massasi M ning qiymatlarini toping, uni izoxorik qizdirish uchun ketgan issiqlik miqdoriga qaraganda izobarik qizdirish uchun qancha miqdorda ko'proq issiqlik talab qilinishini hisoblang. Ikkala holda ham havoning massasi va temperaturalarini farqi bir xil.
32. Modda miqdori $\nu = 10 \text{ mol}$ bo'lgan bir atomli gazni $\Delta T = 100 \text{ K}$ ga izobarik qizdirganda bu gazning ichki energiyasi qancha o'zgargan? Bunda gaz qanday ish bajargan va unga qancha miqdorda issiqlik berilgan?
33. Tabiiy gaz vositasida isitiladigan suv isitkichining nominal quvvati 21 kW va $\text{FIK } 80 \%$. 200 l sig'imli vanna temperaturasi 24° C bo'lgan suv bilan qancha vaqtda to'ladi va shu vaqtda qancha gaz (litrlar hisobida) sarf bo'ladi? Tabiiy gazning yonish issiqligi 36 MJ/kg .
34. Sig'imi 200 l bo'lgan vannani tayyorlash uchun 10° C li sovuq suv bilan 60° C li qaynoq suv aralashtirildi. Suvning temperaturasi 40° C bo'lishi uchun qanchadan sovuq va qaynoq suv olish lozim?
35. Eng baland kosmik stansiya Armanistondagi Alagiyos tog'ida 3250 m balandlikda joylashgan. Havoning shu balandlikdagi bosimi topilsin. Havoning temperaturasi o'zgaras va 5° C ga teng deb hisoblansin. Bir kilomol havoning massasini 29 kg/kmol ga teng deb olinsin. Dengiz sathidagi havoning bosimi 760 mm sim. ust. ga teng.
36. Qanday balandlikda havoning bosimi dengiz sathidagi bosimining 75% ini tashkil qiladi? Temperatura o'zgaras va 0° C ga teng deb hisoblansin.
37. Passajir samolyoti 8300 m balandlikda uchadi. Passajirlarni kislorod maskasi bilan ta'minlamalik uchun kompressor yordamida 2700 m balandlikdagi bosimga teng doimiy bosim tutib turiladi. Kabina ichidagi va tashqaridagi bosimlarning farqi topilsin. Tashqi havoning o'rtacha temperaturasi 0° C deb qabul qilinsin.
38. Oldingi masalada tashqaridagi havoniig temperaturasi -20° C va kabinaning ichki temperaturasi $+20^\circ \text{ C}$ bo'lsa, bu holda kabinadagi havoning zichligi tashqi havoning zichligidan necha marta katta bo'ladi?
39. 1 m^3 havoning: 1) Yerning sirtida, 2) Yer sirtidan 4 km balandlikda og'irligi qancha? Havoning temperaturasini o'zgaras va 0° C ga teng deb olinsin. Yer sirtida havoning bosimi 10^5 N/m^2 ga teng.
40. Yer sirtidan qancha h balandlikda atmosfera bosimi uning sirtidagidan ikki marta kichik bo'ladi? Havoning temperaturasi $T = 290 \text{ K}$ va balandlikka bog'liq emas deb hisoblansin.
41. Uchayotgan vertolet kabinasidagi barometr $p = 90 \text{ kPa}$ bosimni ko'rsatmokda. Agar uchish maydonchasida barometr $p = 100 \text{ kPa}$ bosimni ko'rsatgan bo'lsa, vertolyot qanday balandlikda uchmoqda? Havoning

- temperaturasi $T = 290 \text{ K}$ va balandlikka bog'liq emas deb hisoblansin.
42. Bosimning $P = 100 \text{ Pa}$ ga o'zgarishiga mos keluvchi balandlikning o'zgarishi Δh quyidagi ikki hol uchun topilsin: 1) temperatura $T = 290 \text{ K}$ va bosim $p_1 = 100 \text{ kPa}$ bo'lgan Yer sirti yaqinida; 2) temperatura $T_2 = 220 \text{ K}$, bosim $p_2 = 25 \text{ kPa}$ bo'lgan biror balandlikda.
43. Uchayotgan tayyor kabinasidagi barometr hamma vaqt bir xil $p = 8 \text{ kPa}$ bosimni ko'rsatdi, shuning natijasida uchuvchi h uchish balandligini o'zgarimas deb hisobladi. Lekin, havoning temperaturasi $\Delta T = 1 \text{ K}$ ga o'zgardi. Uchuvchi balandlikni aniqlashda qanday hatolikka yo'l qo'ydi? Temperatura balandlikka bog'liq emas va Yer sirtidagi bosim $p_0 = 100 \text{ kPa}$ deb hisoblansin.
44. Avogadro sonini aniqlash uchun Perren suvda muallaq suzib yurgan sharsimon gummigut zarralarining balandlik b'uyicha taqsimlanishini o'lchadi. U bir-biridan 30 mkm masofada joylashgan qatlamlardagi zarralar sonining nisbati $2,08$ ga teng ekanini topdi. Zarralarning zichligi $\rho = 1,194 \text{ g/sm}^3$, suvniiki $\rho_0 = 1 \text{ g/sm}^3$ Zarralar radiusi $r = 0,212 \text{ mkm}$ ga teng. Shu berilganlar asosida Avogadro soni N ni hisoblang. Suvning temperaturasi $t = 18^\circ \text{ C}$.
45. 300° K temperaturali 1 mol argon 1 l hajmni egallaydi.
- argon ideal gaz xossalariga ega deb hisoblab;
 - bosimga doir Van-der-Vaals tuzatmasini e'tiborga olib, lekin hajmga doir tuzatmani tashlab yuborib;
 - hajmga doir tuzatmani e'tiborga olib, lekin bosimga doir tuzatmani tashlab yuborib;
 - har ikki Van-der-Vaals tuzatmasini e'tiborga olib, argon bosimi hisoblab chiqilsin.
46. Van-der-Vaals formulasidan foydalanib, $V = 20 \text{ l}$ hajmli ballonga qamalgan $t = 13^\circ \text{ C}$ temperaturali, $m = 1,1 \text{ kg}$ massali karbonat anhidrid bosimi hisoblab chiqilsin. Natija ideal gaz bosimi bilan solishtirilsin.
47. 100 g/l zichlikka ega bo'lgan kislorodning bosimi 70 atm bo'lishi uchun temperatura qanday bo'lishi kerak?
48. 20 l sig'imli ballonda 80 mol qandaydir gaz joylashgan. 14° C da gaz bosimi 90 atm ga teng; 63° C da gaz bosimi 109 atm ga teng. Shu gaz uchun Van-der-Vaals doimiylarini hisoblab chiqing.
49. $V = 10 \text{ l}$ sig'imli idishda $m = 0,25 \text{ kg}$ massali azot bor. 1) Gazning ichki bosimi P ; 2) molekularning xususiy hajmi V' aniqlansin.
50. Modda miqdori 1 mol dan iborat kislorod $T = 300 \text{ K}$ temperaturada $V = 0,5 \text{ l}$ hajmni egallagan bo'lsa, u ko'rsatadigan bosim P aniqlansin. Olingan natija Mendeleev-Klapeyron formulasi bo'yicha hisoblangan bosim bilan solishtirilsin.
51. $V = 0,3 \text{ l}$ sig'imli idishda $T = 300 \text{ K}$ temperaturada modda miqdori 1 mol bo'lgan karbonat anhidrid bor. Gazning bosimi P : 1) Mendeleev-Klapeyron formulasi bo'yicha; 2) Van-der-Vaals tenglamasi bo'yicha aniqlansin.

52. Modda miqdori 1 mol bo'lgan kripton $T = 300 \text{ K}$ temperaturada turibdi. Bosimni hisoblashda Van-der-Vaals tenglamasi o'rniga Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan foydalanishda yo'l qo'yiladigan nisbiy xatolik $\varepsilon = \Delta P/P$ aniqlansin. Hisoblashlar hajmning ikki qiymati: 1) $V_1 = 2 \text{ l}$; 2) $V_2 = 0,2 \text{ l}$ uchun bajarilsin.
53. Xona temperaturasida qalin devorli po'lat balloning ichini yarmigacha suvga to'ldirdilar. Shundan keyin ballonni germetik ravishda mahkamladilar va $T = 650 \text{ K}$ temperaturagacha qizdirdilar. Shu temperaturada ballondagi suv bug'ining bosimi p aniqlansin.
54. Kislorodning bosimi $P = 7 \text{ MPa}$, zichligi $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$. Kislorodning temperaturasi T topilsin.
55. $T = 380 \text{ K}$ temperaturada hajmi: 1) 1000 l ; 2) 10 l ; 3) 2 l bo'lgan $m = 1 \text{ kg}$ massali suv bug'larining bosimi P aniqlansin.

III BOB. ELEKTR VA MAGNETIZM

3.1-§. Elektrostatika

3.2-§. O'zgaras tok qonunlari

3.3-§. Elektromagnetizmning fizik asoslari

3.4-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

3.1-§. Elektrostatika

- **Zaryadlarning saqlanish qonuni:** yopiq sistemadagi barcha zaryadlarning algebraik yig'indisi o'zgarmasdir.

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \Sigma q_i = \text{const.}$$

- **Ikki nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchi (Kulon qonuni):**

$$F = (1/4\pi\epsilon_0)(q_1q_2 / r^2)$$

bunda q_1, q_2 – nuqtaviy zaryadlar, r – zaryadlar orasidagi masofa, ϵ – muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi, ϵ_0 – elektr doimiyisi bo'lib, uning "SI" sistemasidagi son qiymati quyidagiga tengdir:

$$\epsilon_0 = 1/(4\pi \cdot 9 \cdot 10^9) \cdot C^2 / N \cdot m^2 = 8,85 \cdot 10^{-12} F / m$$

- **Elektrostatik mavdonning biror nuqtasidagi kuchlanganligi deb.** mavdonning shu nuqtasiga kiritilgan bir birlik musbat sinov zaryadiga ta'sir qiluvchi kuchga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni:

$$\vec{E} = \vec{F} / q_0$$

yoki

$$E = F / q_0$$

bunda q_0 – mavdonga kiritilgan sinov zaryad.

- Nuqtaviy zaryad hosil qilgan kuchlanganligi shu q zaryadga proporsional bo'lib, zaryaddan nuqttagacha bo'lgan masofa r ning kvadratiga teskari proporsionaldir:

$$E = 1/(4\pi\epsilon_0) \cdot (q_1 \cdot q_2) / r^2.$$

Maydonlarning superozitsiyasi (qo'shish) prinsipiga binoan zaryadlar sistemasi hosil qilgan mavdonning kuchlanganligi vektori E har bir zaryadning

mustaqil hosil qilgan maydon kuchlanganliklarining geometrik (vektor) yig'indisiga tengdir.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n = \Sigma \vec{E}_i$$

• Ikki q_1 va q_2 nuqtaviy zaryadning o'zaro potentsiali energiyasi shu zaryadlar ko'paytmasiga to'g'ri proporsional bo'lib, zaryadlar orasidagi masofa r ga teskari proporsionaldir:

$$W_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon r^2}$$

• Elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi potentsiali deb, shu nuqtaga kiritilgan bir birlik musbat sinov zaryadiga mos keladigan potentsial energiyaga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni:

$$\varphi = W_n / q_0 = 1/(4\pi\epsilon_0) q / \epsilon r$$

• Sinov zaryadi q_0 ni maydonning φ_1 potentsiali bir nuqtasidan φ_2 potentsiali ikkinchi nuqtasiga ko'chishda bajarilgan ish:

$$A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2)$$

• Zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydonning biror nuqtasidagi potentsiali φ har bir zaryadning mustaqil hosil qilgan maydon potentsiallarining algebraik yig'indisiga teng:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n = \Sigma \varphi_i$$

• Bir jinsli ($E=const$) elektrostatik maydonning kuchlanganligi E miqdor jihatdan uzunlik birligiga mos kelgan potentsiallar ayirmasiga tengdir:

$$E = (\varphi_1 - \varphi_2) / l$$

• Izolyatsiyalangan o'tkazgichning elektr sig'imi C uning potentsialini bir birlikka o'zgartirish uchun zarur bo'lgan zaryadga miqdor jihatdan tengdir:

$$C = q / \varphi$$

• Izolyatsiyalangan sharning elektr sig'imi radusi R ga proporsionaldir, ya'ni:

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

• Ikki o'tkazgichning o'zaro elektr sig'imi ularning potentsiallar yig'indisini bir birlikka o'zgartirish uchun zarur bo'lgan zaryadga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka tengdir:

$$C = q / (\varphi_1 - \varphi_2)$$

- Yassi kondensatorning elektr sig'imi C plastinkalarning yuzi S ga to'g'ri proporsional bo'lib, plastinkalar orasidagi masofa d ga teskari proporsionaldir, ya'ni:

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / d.$$

- O'zaro parallel ulangan kondensatorlar batareyasining elektr sig'imi kondensatorlar sig'imlarining algebraik yig'indisiga teng:

$$C_{par} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n = \sum C_i$$

- O'zaro ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasining elektr sig'imining teskari ifodasi $1/C_{k.k}$ kondensatorlar sig'imining teskari ifodalarning algebraik yig'indisiga tengdir:

$$1/C_{k.k} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n = \sum 1/C_i$$

- Kondensatorlar qoplamlari orasida hosil qilingan elektrostatik maydonning energiyasi:

$$W_C = (1/2)C(\varphi_1 - \varphi_2)^2 = (1/2)q^2 / C = (1/2)q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

bunda C - kondensatorning elektr sig'imi, $\varphi_1 - \varphi_2$ - qoplamlari orasidagi potentsiallar avirmasi, q - qoplamlardagi zaryad.

- Yassi kondensator qoplamlari orasidagi hosil qilingan bir jinsli ($E = const$) elektrostatik maydonning energiyasi:

$$W_C = (\epsilon_0 \epsilon S d) E^2 / 2 = (\epsilon_0 \epsilon V) E^2 / 2 = [(\epsilon_0 \epsilon S) / 2d](\varphi_1 - \varphi_2)^2.$$

Bir jinsli ($E = const$) elektrostatik maydon energiyasi zichligi.

$$w_C = W_n / V = \epsilon_0 \epsilon E^2 / 2 = ED / 2 = \epsilon_0 \epsilon (\varphi_1 - \varphi_2)^2 / 2l$$

bunda $D = \epsilon_0 \epsilon E$ elektrostatik maydonning induksiya vektori.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Tekis zaryadlangan ikkita bir xil shar orasidagi masofa $l = 2$ sm ga teng. Sharlarning radiuslari ular orasidagi l masofaga nisbatan ancha kichik. Sharlar $F_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ N kuch bilan tortishadi. Sharlarni tekis vaqt davomida tutashtirilgan payt ular o'zaro $F_2 = 2,25 \cdot 10^{-5}$ N kuch bilan itarilishadi. Sharlarning birlamchi zaryadi aniqlansin.

Berilgan: $l = 2$ sm; $F_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ N; $F_2 = 2,25 \cdot 10^{-5}$ N.

Topish kerak: $q_1 - ?$, $q_2 - ?$

Yechilishi.

Birlashishgacha (qo'shilishgacha) sharlar quyidagi kuch bilan o'zaro ta'sirlanadi

$$F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 l^2} \quad (1)$$

Qo'shilishdan keyin har bir zaryad quyidagiga teng.

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

O'zaro ta'sir kuchi esa quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_2 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l^2} = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4\pi\epsilon_0 4l^2} \quad (2)$$

Yuqoridagi keltirilgan ifodalardan tenglamalar sistemasini tuzamiz:

$$q_1 q_2 = F_1 l^2 4\pi\epsilon_0$$

$$q_1 + q_2 = 2l \sqrt{F_2} \cdot \sqrt{4\pi\epsilon_0}$$

Tenglamalar sistemasini yechib, quyidagi ifodani olamiz :

$$q_1 = l \left(\sqrt{F_2} + \sqrt{F_2 - F_1} \right) \sqrt{4\pi\epsilon_0} = 2,67 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$$

$$q_2 = l \left(\sqrt{F_2} - \sqrt{F_2 - F_1} \right) \sqrt{4\pi\epsilon_0} = 2 - 0,67 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$$

Javob: $2,67 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$; $2 - 0,67 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$

2-masala. Massasi m bo'lgan ikkita bir xil sharga bitta nuqtaga l uzunlikdagi ip orqali osilgan. Ular bir xil zaryadlanganda bir biridan α burchakka uzoqlashgan. Sharlar zaryadini aniqlang.

Berilgan: m ; l ; α

Topish kerak: q — ?

Yechilishi.

Har bir sharga ikkita kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi mg , kulon kuchi F_k .

Kulon kuchi quyidagiga teng:

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1)$$

$$\frac{r}{2} = l \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

$$F = mg \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (3)$$

(1) va (3) dan

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = mg \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

(2) ifodani (4) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz :

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \left(4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right)} = mg \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

bu yerdan q ni topamiz ;

$$q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 \cdot 4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot mg \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = 4l \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{\pi\epsilon_0 mg \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

3-masala. Uchta nuqtaviy zaryad bir biridan $r = 10 \text{ sm}$ masofada joylashtirilgan va ular orasidagi ta'sir kuchi 49 mN , $78,4 \text{ mN}$ va $117,6 \text{ mN}$ ga teng. Zaryadlar kattaligini aniqlang .

Berilgan: $r = 10 \text{ sm} = 0,1 \text{ m}$; $F_1 = 49 \cdot 10^{-3} \text{ N}$; $F_2 = 78,4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$;
 $F_3 = 117,6 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

Topish kerak: $q_1 - ?$, $q_2 - ?$, $q_3 - ?$

Yechilishi:

Kulon qonuniga binoan har zaryadlar juftligi orasida quyidagi kuchlar ta'sir qiladi:

$$F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 l^2}$$

$$F_2 = \frac{q_1 q_3}{4\pi\epsilon_0 l^2}$$

$$F_3 = \frac{q_2 q_3}{4\pi\epsilon_0 l^2}$$

bu yerda $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

Ushbu ifodalardan zaryadlarni aniqlaymiz:

$$q_1 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_1 F_2}{F_3}}$$

$$q_2 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_1 F_3}{F_2}}$$

$$q_3 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_2 F_3}{F_1}}$$

Son qiymatini qo'yib , hisoblashlar amalini bajaramiz :

$$q_1 \approx 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}$$

$$q_2 \approx 2,9 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}$$

$$q_3 \approx 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}$$

4-masala. -1 nKl zaryad $+1,5 \text{ nKl}$ nuqtaviy zaryadning maydonida potentsiali 100 V bo'lgan nuqtadan potentsiali 600 V bo'lgan nuqtaga ko'chgan. Maydon qancha ish bajarganligi va nuqtalar orasidagi masofa aniqlansin.

Berilgan. $q_1 = -1 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$; $q_2 = +1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$; $\varphi_1 = 100 \text{ V}$; $\varphi_2 = 600 \text{ V}$.

Topish kerak: A — ?, Δr — ?.

Yechilishi.

Nuqtaviy zaryadning **maydoni potentsiali:**

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

bu yerda r — **muavvan nuqtaning zaryadgacha bo'lgan masofasi.**

$$\varphi_1 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1}$$

bu yerdan

$$r_1 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0\varphi_1}$$

$$\varphi_2 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2}$$

bu yerdan

$$r_2 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0\varphi_2}$$

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

Ushbu formulalarga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$r_1 \approx 13,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \quad r_2 \approx 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \quad \Delta r = 11,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}.$$

Maydon bajaragan ish:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

Javob: $5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$.

5-masala. Ikkita $q_1 = +8 \text{ nKl}$ va $q_2 = -5,3 \text{ nKl}$ nuqtaviy zaryad orasidagi masofa $d = 40 \text{ sm}$. Zaryadlarning o'rtasida yotgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi E hisoblansin. Agar ikkinchi zaryad musbat bo'lsa, kuchlanganlik nimaga teng.

Berilgan: $q_1 = 8 \text{ nKl}$; $q_2 = -5,3 \text{ nKl}$; $r = 40 \text{ sm}$

Topish kerak: E — ?

Yechilishi:

1)

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$E = E_1 + E_2$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \frac{r^2}{4}} = \frac{q_1}{\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E_2 = \frac{|q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E = \frac{q_1 + |q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2} = 3 \frac{kV}{m}$$

2)

$$E = E_1 + E_2$$

$$E = E_1 - E_2$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \frac{r^2}{4}} = \frac{q_1}{\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E_2 = \frac{|q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E = \frac{q_1 - |q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2} = 613 \frac{V}{m}$$

Javob: 1) $E = 3 \text{ kV/m}$; 2) $E = 613 \text{ V/m}$

6-masala. Ikkita $q_1 = 9q$ va $q_2 = q$ nuqtaviy musbat zaryad orasidagi masofa $d = 8 \text{ mm}$. Zaryadlar maydonining kuchlanganligi E nolga teng bo'lgan

nuqta birinchi zaryaddan qanday masofada joylashgan? Agar ikkinchi zaryad manfiy bo'lganda bu nuqta qayerda bo'lardi?

Berilgan: $q_1 = 9q$; $q_2 = q$; $q_2 = -q$; $d = 8 \text{ sm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$; $E = 0$

Topish kerak: x_1 — ?; x_2 — ?

Yechilishi:

1)

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E_1 = E_2$$

$$\sqrt{9} = \frac{x_1}{d - x_1}$$

$$3(d - x_1) = x_1$$

$$3d - 4x_1 = 0$$

$$x_1 = \frac{3}{4}d = 6 \text{ sm}$$

2)

$$\sqrt{9} = \frac{x_2}{d + x_2}$$

$$3(d + x_2) = x_2$$

$$3d + 2x_2 = 0$$

$$x_2 = \frac{3}{2}d = 12 \text{ sm}$$

Javob: $x_1 = 6 \text{ sm}$; $x_2 = 12 \text{ sm}$

7-masala. Elektr maydon zaryadlari yuzi bo'lib bir tekis taqsimlangan, sirt zichliklari $\sigma_1 = 1 \text{ nKl/m}^2$ va $\sigma_2 = 3 \text{ nKl/m}^2$ bo'lgan ikkita parallel cheksiz plastinka tomonidan hosil qilingan. 1) plastinalar orasidagi 2) plastinalardan tashqaridagi maydon kuchlanganligi E aniqlansin.

Berilgan: $\sigma_1 = 1 \text{ nKl/m}^2 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Kl/m}^2$; $\sigma_2 = 3 \text{ nKl/m}^2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Kl/m}^2$

Topish kerak: E_1 — ?; E_2 — ?

Yechilishi:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} \quad E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0}$$

1)

$$E_1 = E_2 - E_1' = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0} = 113 \frac{V}{m}$$

2)

$$E_2 = E_2 + E_1' = \frac{\sigma_2 + \sigma_1}{2\epsilon_0} = 226 \frac{V}{m}$$

Javob: $E_1 = 113 \text{ V/m}$; $E_2 = 226 \text{ V/m}$

8-masala. Qainligi $d = 1 \text{ sm}$ bo'lgan katta yassi plastinkada $\rho = 100 \text{ nKl/m}^3$ hajmiy zichlik bilan hajm bo'ylab tekis taqsimlangan zaryad bor. Markaziy qismiga yaqin joyda, tashqarida, sirtidan uncha katta bo'lmagan masofada elektr maydonning kuchlanganligi E topilsin.

Berilgan: $d = 1 \text{ sm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$; $\rho = 100 \text{ nKl/m}^3 = 10^{-7} \text{ Kl/m}^3$

Topish kerak: E — ?

Yechilishi:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\sigma = d \cdot \rho$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{d \cdot \rho}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,01 \cdot 10^{-7}}{8,85 \cdot 10^{-12}} = 56,5 \frac{V}{m}$$

Javob: $E = 56,5 \text{ V/m}$

9-masala. Katta metall plastinnada sirti bo'ylab bir tekis taqsimlangan zaryad bor ($\sigma = 10 \text{ nKl/m}^2$). Plastinadan uzoq bo'lmagan joyda $q = 100 \text{ nKl}$ nuqtaviy zaryad turibdi. Zaryadga ta'sir etuvchi F kuch topilsin.

Berilgan: $\sigma = 10 \text{ nKl/m}^2 = 10^{-8} \text{ Kl/m}^2$; $q = 100 \text{ nKl} = 10^{-7} \text{ Kl}$

Topish kerak: F — ?

Yechilishi:

$$F = q \cdot E$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$F = \frac{q \cdot \sigma}{2\epsilon_0} = \frac{10^{-9} \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 56,4 \text{ mkN}$$

Javob: $F = 56,4 \text{ mkN}$

10-masala. Har birining radiusi 1 mm bo'lgan uchta zaryadlangan suv tomchisi bitta tomchiga birlashtirilgan. Har bir tomchining zaryadi 10^{-10} Kl ga teng. Katta tomchining potentsiali topilsin.

Berilgan: $n = 3$; $r = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$; $q = 10^{-10} \text{ Kl}$.

Topish kerak: φ - ?

Yechilishi.

Katta tomchining zaryadi quyidagiga teng:

$$\varphi = \frac{Q}{C} \quad (1)$$

bu yerda Q — katta tomchining zaryadi. C — uning sig'imi. Bu kattaliklar quyidagilarga teng:

$$Q = nq \quad (2)$$

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R \quad (3)$$

(2) va (3) formulalarni (1) formulaga qo'yamiz.

$$\varphi = \frac{nq}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \quad (4)$$

Katta tomchining radiusini quyidagi ifoda orqali aniqlaymiz:

$$M = nm \quad (5)$$

bu yerda m — bitta kichik tomchi massasi bo'lib, u quyidagiga teng:

$$m = \rho V = \frac{4}{3} \rho \pi r^3 \quad (6)$$

Katta tomchi massasi:

$$M = \rho V_1 = \frac{4}{3} \rho \pi R^3 \quad (7)$$

(6) va (7) ifodalarni (5) ga qo'yamiz va katta tomchining radiusini topamiz:

$$R^3 = nr^3$$

bundan

$$R = r\sqrt[3]{n} \quad (8)$$

Bu ifodani (4) ifodaga qo'yamiz va katta tomchi potensialini topamiz:

$$\varphi = \frac{nq}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3\sqrt[3]{n}} \approx 1870V$$

Javob: 1870 V.

11-masala. Har birining sig'imi 1 mkF bo'lgan uchta kondensatordan iborat bo'lgan batareyaning imkoni bo'lgan har xil ulashlar uchun sig'imi topilsin.

Berilgan: $C_1 = C_2 = C_3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}; n = 3.$

Topish kerak: $C_6 - ?$

Yechilishi.

Kondensatorlar batareyasining sig'imi quyidagi formulalar bo'yicha aniqlaniladi:

Parallel ulanganda

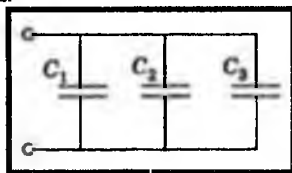
$$C_b = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Ketma-ket ulanganda

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

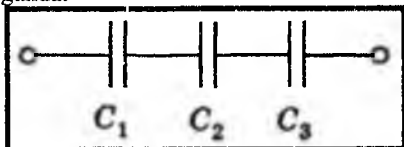
Bir xil sig'imli uchta kondensatorlar mavjud bo'lganda bularni quyidagi sxemalarni ulashlarni amalga oshirish mumkin.

1) *parallel ulanganda:*



$$C_b = C_1 + C_2 + C_3 = 3 \text{ mkF}$$

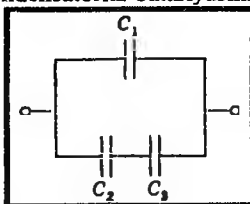
2) *ketma-ket* ulanganda:



$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = 3 \text{ mkF}^{-1}$$

$$C_b = \frac{1}{3} \text{ mkF}$$

3) *aralash ulanganda* kondensatorlar batariyasining sig'imi:



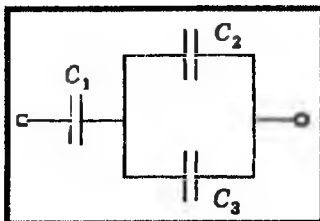
$$C_{23} = C_2 + C_3 = 2 \text{ mkF}$$

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} = 1,5 \text{ mkF}^{-1}$$

Bundan

$$C_b = 0,67 \text{ mkF}$$

4) *ikkinchi turdagi aralash ulanganda* kondensatorlar batariyasining sig'imi:



$$\frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Bundan

$$C_{23} = \frac{1}{2} mkF$$

$$C_b = C_1 + C_{23} = 1,5 mkF$$

12-masala. Sig'irlari 18 va 10 pF bo'lgan kondensatorlar ketma-ket ulangan bo'lib, ularning har biridagi zaryad $0,09 \text{ nKl}$ ga teng. Kondensatorlar batareyasining va har bir kondensatordagi kuchlanishlar topilsin.

Berilgan: $C_1 = 1,81 \cdot 10^{-11} \text{ F}$; $C_2 = 1 \cdot 10^{-11} \text{ F}$; $q = 9 \cdot 10^{-11} \text{ Kl}$

Topish kerak: $U_1 - ?$, $U_2 - ?$, $U_3 - ?$

Yechilishi.

Kondensatorlar ketma-ket ulanganda batareyadagi U kuchlanish kondensatorlardagi kuchlanishlar yig'indisiga teng:

$$U = U_1 + U_2$$

Kondensatordagi kuchlanish, zaryad va uning sig'imi quyidagicha bog'langan:

$$U = \frac{q}{C}$$

Har bir kondensatordagi va batareya kuchlanishlari quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = 5V$$

$$U_2 = \frac{q}{C_2} = 9V$$

$$U = 14V$$

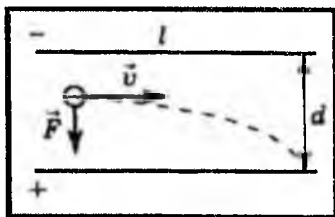
Javob: 14 V .

13-masala. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi fazoga tezligi $2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ bo'lgan elektron uchib kiradi. Elektron kondensator qoplamalariga parallel holda ular orasidagi tirqish markaziga kiradi. Agar kondensator uzunligi 10 sm va qoplamalari orasidagi masofa 1 sm bo'lsa, uning qoplamalar orasidagi minimal potentsiallar farqi qanday bo'lganda elektron kondensatordan chiqib ketmaydi?

Berilgan: $v = 2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$; $l = 0,1 \text{ m}$; $d = 0,01 \text{ m}$.

Topish kerak: $U - ?$

Yechilishi:



Yassi kondensator qoplamalari orasidagi fazoga uchib kirgan elektronga elektr maydoni tomonidan quyidagi kuch ta'sir qiladi:

$$F = eE \quad (1)$$

Bu yerda e – elektron zarvadi, U – potensiallar farqi, d – qoplamalari orasidagi masofa, E – kondensator mavdonining kuchlanganligi bo'lib, u quyidagi formula bilan aniqlaniladi:

$$E = \frac{U}{d} \quad (2)$$

Elektronga elektr maydonidan kuch ta'sir qilishi natijasida u tezlanish oladi.

$$a = \frac{F}{m} \quad (3)$$

Elektron tekis tezlanuvchan harakat qilgani va *boshlang'ich tezligi nolga teng* bo'lgani uchun uning bosib o'tgan yo'li :

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} \quad (4)$$

Elektron kondensatorning pastki qoplamasiga tushib ketmasligi uchun uning qoplamalar orasidan uchib o'tish vaqti $t \leq l/9$ shartni qanoatlantirishi shart. Bu shartni hisobga olib, (1) — (4) ifodalardan quyidagi ko'rinishdagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{F}{m} \cdot \frac{l^2}{2g^2} = \frac{qEl^2}{2mg^2}$$

Bu yerdan potensiallar farqini topamiz:

$$U = \frac{d^2 mg^2}{ql^2} = 22,75V$$

Javob: 22,75 V.

14-masala. Massasi 1 g va zaryadi 10^{-8} Kl bo'lgan sharcha potentsiali 600 V bo'lgan A nuqtadan potentsiali nolga teng bo'lgan B nuqtaga ko'chirilgan.

Agar sharchaning A nuqtadagi tezligi 20 sm/s bo'lsa, uning B nuqtadagi tezligi nimaga teng bo'ladi?

Berilgan: $m = 1g = 10^{-3} \text{ kg}$; $\varphi_A = 600 \text{ V}$; $\varphi_B = 0$; $q = 10^{-8} \text{ Kl}$; $\mathcal{G} = 20 \text{ sm/s} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$.

Topish kerak: $\mathcal{G}_B = ?$

Yechilishi:

Elektr maydon kuchlarining zaryadlangan sharchani ko'chirishda bajargan ishi uning kinetik energiyasining o'zgarishiga teng:

$$A = \Delta W_k \quad (1)$$

Bajarilgan ish va kinetik energiya o'zgarishi quyidagiga teng:

$$A = q(\varphi_A - \varphi_B) = q\varphi_A \quad (2)$$

$$\Delta W_k = \frac{m\mathcal{G}_B^2}{2} - \frac{m\mathcal{G}_A^2}{2} \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ifodaga qo'yamiz

$$q\varphi_A = \frac{m\mathcal{G}_B^2}{2} - \frac{m\mathcal{G}_A^2}{2}$$

Bundan sharchaning B nuqtadagi tezligini topamiz:

$$\mathcal{G}_B = \sqrt{\frac{2q\varphi_A}{m} + \mathcal{G}_A^2}$$

Ushbu formularga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$\mathcal{G}_B \approx 0,2 \text{ m/s}$$

Javob: $0,2 \text{ m/s}$.

3.2-§. O'zgarmas tok qounlari

- Tok kuchi – o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan vaqt birligi ichida o'tayotgan zaryadga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikdir:

$$I = q/t, \quad [I]_{SI} = 1A,$$

bunda q – o'tkazgichdan t vaqtda o'tgan zaryad miqdori.

- Tok kuchining zichligi – o'tkazgichning bir birlik ko'ndalang kesimidan o'tuvchi tok kuchiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikdir:

$$j = I/S = en\mathcal{G}, \quad [j]_{SI} = 1A/m^2$$

bunda $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C – elektronning zarvadi, n – erkin elektronlarning konsentratsiyasi, \mathcal{J} – elektronlarning mavdon bo'ylab ko'chish tezligi.

* Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni: Zanjirdan o'tayotgan tokning kuchi uning uchlaridagi kuchlanishga to'g'ri, qarshiligiga teskari proporsionaldir, ya'ni.

$$I = U/R, \quad R = U/I, \quad U = IR,$$

bunda $U = (\varphi_1 - \varphi_2)$ – o'tkazgich uchlaridagi potentsiallar avirmasi yoki kuchlanish, R – o'tkazgichning qarshiligi.

• Silindr shaklidagi o'tkazgichning qarshiligi R o'tkazgichning uzunligi l ga to'g'ri proporsional bo'lib, ko'ndalang kesim yuzasi S ga teskari proporsionaldir:

$$R = \rho L / S$$

bunda ρ – o'tkazgichning qarshiligi bo'lib, uning son qiymati kattaliklar jadvalida berilgan bo'ladi.

• Qizigan o'tkazgichning qarshiligi R_t uning θ° C haroratdagi qarshiligi R_0 ni termik qarshilik binomi ($1 + \alpha t$) ga ko'paytasiga teng:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

yoki

$$R_t = R_0 T / T_0$$

bunda α – o'tkazgich qarshiligining termik koeffitsiyent,

$$T_0 = 273K = (t + 273)K.$$

• O'zaro ketma-ket ulangan o'tkazgichlarning umumiy qarshiligi $R_{k.k}$ barcha o'tkazgichlar qarshiliklari $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ning algebraik yig'indisiga teng:

$$R_{k.k} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum R_i$$

• Xususiy holda, R_0 qarshilikli n ta bir xil o'tkazgichlar o'zaro ketma-ket ulanganda, ularning umumiy qarshiligi $R_{k.k}$ quyidagiga teng bo'ladi:

$$R_{k.k} = nR_0$$

• O'zaro parallel ulangan o'tkazgichlarning umumiy qarshiligining teskari ifodasi $1/R_{par}$ har bir o'tkazgich qarshiliklarning teskari ifodalari $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3, \dots, 1/R_n$ ning algebraik yig'indisiga teng:

$$1/R_{par} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n = \sum \frac{1}{R_i}$$

Xususiy holda, R_0 qarshilikli m ta bir xil o'tgazgichlar o'zaro parallel ulanganda, ularning umumiy qarshiligi R_{par} quyidagiga teng bo'ladi.

$$1/R_{par} = m/R_0 \quad R_{par} = R_0/m$$

- **Berk zanjir uchun Om qonuni:** zanjirdan o'tayotgan tokning kuchi I manbaning E_{YuK} E ga to'g'ri proporsional bo'lib, zanjirning umumiy qarshiligiga teskari proporsionaldir:

$$I = E/(R + r),$$

bunda r – manbaning ichki qarshiligi. R – esa tashqi qarshiligi.

- E_{YuK} E ning qarshiligi r bo'lgan n tok manбайдan o'zaro ketma – ket ulanib, hosil qilingan batareyaning E_{YuK} E_{kk} va ichki r_{kk} qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{kk} = nE_0 \quad r_{kk} = nr$$

Agar bu batareya R – qarshilikli tashqi zanjirga ulansa, berk zanjirdan o'tayotgan tok kuchi I Om qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi.

$$I = E_{kk}/(R + r_{kk}) = nE_0/(R + nr)$$

- E_{YuK} E_0 va ichki qarshiligi r bo'lgan m tok manбайдan o'zaro parallel ulanib hosil qilingan batareyaning E_{YuK} E_{par} va ichki qarshiligi r_{par} quyidagiga teng bo'ladi.

$$E_{par} = E_0$$

$$r_{par} = r/m.$$

bunda R –tashqi qarshiligi, r –manbaining ichki qarshiligi. Agar bu batareya R qarshilikli tashqi zanjirga ulansa, berk zanjirdan o'tayotgan I tok kuchi, Om qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_{par}/(R + r_{par}) = E_0/(R + r/m)$$

- E_{YuK} E_0 va ichki qarshiligi r bo'lgan elementlardan n tasi o'zaro ketma-ket va m tasi o'zaro parallel ulanib, aralash ulangan elementlar batareyasining E_{YuK} E va ichki qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi.

$$E_{ar} = nE \quad r_{ar} = (n/m)r$$

Bu elementlar batareyasi R qarshilikli tashqi zanjirga ulanganda, berk zanjirdan o'tayotgan tokning kuchi I quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_{ar}/(R + r_{ar}) = nE_0/[R + (n/m)r]$$

- **Tarmoqlangan elektr zanjiri uchun Kirxgofning birinchi qoidasi:** zanjirning har qanday tugunida uchrashgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\Sigma I_i = 0$$

9 Kirxgofning ikkinchi qoidasi: tarmoqlangan zanjirning ixtiyoriy yopiq konturlaridagi toklarning mos ravishda shu konturlar qarshiliklariga ko'paytmalarining algebraik yig'indisi konturdagi barcha EYuK larning algebraik yig'indisiga teng:

$$\Sigma I_i R_i = \Sigma E_i$$

• Zanjirning bir qismida tokning bajargan foydali ishi A_f quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A_f = IUt = I^2 Rt = U^2 / Rt; \quad [A_f]_{SI} = 1J.$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Kesim yuzasi $S = 0,17 \text{ mm}^2$ bo'lgan mis o'tkazgichdan $I = 0,025 \text{ A}$ tok o'tmoqda. Har bir elektrodba maydon tomonidan qanday kuch ta'sir qilishini aniqlang.

Berilgan: $S = 0,17 \text{ mm}^2 = 0,17 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2$; $I = 0,025 \text{ A}$

Topish kerak: F — ?

Yechilishi.

Zanjirning bir qismi uchun *Om qonuni*:

$$I = \frac{U}{R}$$

(1)

bu yerda R — zanjirning bir qismi uchun qarshiligi, ya'ni

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

(2)

Bir jinsli o'tkazgich uchun :

$$E = \frac{U}{l}$$

(3)

Yuqoridagi formulalardan quyidagi ifodani olamiz:

$$I = \frac{US}{\rho l} = \frac{ES}{l}$$

(4)

Elektronga ta'sir qiluvchi kuch:

$$F = eE = e \frac{l\rho}{S} = 3 \cdot 10^{-22} \text{ N}$$

Javob: $3 \cdot 10^{-22} \text{ N}$.

2-masala. 220 V kuchlanishda ishlaydigan 100 Vt li elektro-lampaning 2500°C gacha qizdirilgan xolatdagi qarshiligi 10°C temperaturadagi qarshiligidan 15 marta katta. Ushbu temperaturadagi qarshiliklarni va qarshilikning temperatura koeffitsiyentni aniqlang.

Berilgan: $P = 100 \text{ Vt}$; $U = 220 \text{ V}$; $n = 15$; $t_1 = 10^\circ\text{C}$; $t_2 = 2500^\circ\text{C}$

Topish kerak: α - ?, R_1 - ?, R_2 - ?

Yechilishi.

O'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'lanishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$R = R_0(1 + \alpha t)$$

bu yerda R_0 - 0°C temperaturadagi o'tkazgich qarshiligi. R - $t^\circ\text{C}$ temperaturadagi qarshili. α - temperaturaning termik koeffitsiyent. Bu formulani bizning hol uchun yozamiz:

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$$

(1)

$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$$

(2)

bu yerda R_1 - o'tkazgichning 10°C dagi qarshiligi; R_2 - 2500°C dagi qarshiligi (1) va (2) dan

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} = n$$

Bundan

$$\alpha = \frac{n - 1}{t_2 - n t_1} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R_2 = \frac{U^2}{P} = 484 \text{ Om}$$

$$R_1 = \frac{R_2}{n} = \frac{U^2}{Pn} = 32,3 \text{ Om}$$

3-masala. Mis simdan bo'lgan g'altakning qarshiligi R ga teng. Simning massasi m ga teng. Simning uzunligi va ko'ndalang kesim yuzini toping .

Berilgan: R ; m

Topish kerak: l - ?; S - ?

Yechilishi.

O'tkazgichning qarshiligi

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

Bu yerda ρ – o'tkazgichning solishtirma qarshiligi, l – uzunligi; S – ko'ndalang kesim yuzasi.

Simning massasi

$$m = \rho_m V = \rho_m S l \quad (2)$$

ρ_m – modda zichligi (2) dan l ni topamiz va (1) ifodaga qo'yamiz :

$$R = \rho \frac{m}{S \rho_m S} = \rho \frac{m}{S^2 \rho_m} \quad (3)$$

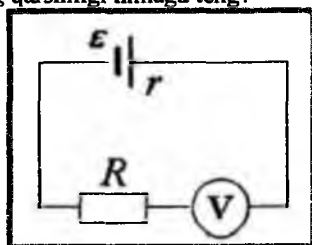
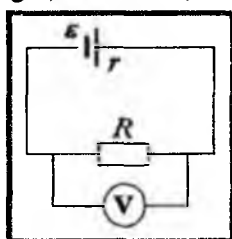
$$S = \sqrt{\frac{\rho m}{\rho_m R}}$$

(3) ifodadan S ni topamiz :

shuningdek l ni topamiz:

$$l = \sqrt{\frac{Rm}{\rho_m \rho}}$$

4-masala. Akkumulyator va 20 Om qarshilikdan iborat bo'lgan elektr zanjiriga voltmeter qarshilikka oldin ketma-ket, keyin esa parallel ulandi (rasmga qarang). Voltmetrning ko'rsatgichi ikkala holda ham bir xil. Agar akkumulyator ichki qarshiligi $0,1 \text{ Om}$ bo'lsa, voltmetrning qarshiligi nimaga teng?



Berilgan: $R = 20$; $r = 0,1$

Topish kerak: R_V - ?

Yechilishi.

Birinchi holda voltmeter orqali o'tayotgan tok zanjirdagi tokga teng va voltmetrtdagi kuchlanish quyidagiga teng:

$$U = \frac{\varepsilon}{r + R + R_V} \quad (1)$$

Ikkinchi holda voltmetrda kuchlanish parallel ulangan *voltmetr* va *qarshilikdan* iborat bo'lgan va quyidagi ekvivalent qarshilikga ega bo'lgan

zanjirning qismidagi kuchlanishga teng:

$$R_0 = \frac{RR_V}{R + R_V}$$

$$U = IR_0$$

$$U = \frac{\varepsilon}{r + \frac{RR_V}{R + R_V}} \cdot \frac{RR_V}{R + R_V} \quad (2)$$

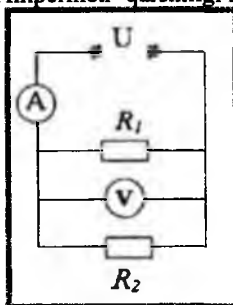
(1) va (2) ifodalarni tenglashtiramiz va ba'zi bir soddashtirishlardan keyin quyidagi ifodani olamiz:

$$R^2 = rR_V$$

Bundan volmetrning qarshiligini topamiz

$$R_V = \frac{R^2}{r} = 4000 \text{ Om.}$$

5-masala. Rasmda ko'rsatilgan sxemada ampermetr va voltmeter ko'rsatishlarini toping. Voltmetr qarshiligi $R_V = 1000 \text{ Om}$, $R_1 = 400 \text{ Om}$, $R_2 = 600 \text{ Om}$. Kuchlanish $U = 110 \text{ V}$. Ampermetr qarshiligi hisobga olinmasin.



Berilgan: $R_V = 1000 \text{ Om}$; $R_1 = 400 \text{ Om}$; $R_2 = 600 \text{ Om}$; $U = 110 \text{ V}$.

Topish kerak: I — ?; U_V - ?

Yechilishi.

Uchta qarshilik parallel ulanganligi uchun:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_V} \quad (1)$$

undan R ni topamiz

$$R = \frac{R_1 R_2 R_V}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_V} \quad (2)$$

Ampermetrdan o'tayotgan tok:

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

(2) ni (3) ga qo'yamiz:

$$I = \frac{U(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_V)}{R_1 R_2 R_V} = 0,75 \text{ A}$$

R_1 , R_2 va R_V voltmetr parallel ulangani uchun:

$$U_V = U = 110 \text{ V.}$$

6-masala. Akkumulyatorning ichki qarshiligi 1 Om ga teng. Tok kuchi 2 A bo'lganda uning FIK $0,8$ ga teng bo'lsa, akkumulyatorning $EYUK$ topilsin.

Berilgan: $R = 1 \text{ Om}$; $I = 2 \text{ A}$; $\eta = 0,8$.

Topish kerak: E — ?

Yechilishi.

Tok manbaining FIK quyidagiga teng:

$$\eta = \frac{R}{R+r} \quad (1)$$

Bu yerdan

$$R = \frac{\eta}{1-\eta} \quad (2)$$

Om qonunidan

$$I = \frac{E}{R+r}$$

(3)

Bu yerdan $EYUK$ ni topamiz:

$$E = I(R+r) = I \left(\frac{\eta \cdot r}{1-\eta} + r \right) = \frac{Ir}{1-\eta} = 10 \text{ V.}$$

7-masala. Akkumulyator batareyasining qisqa tutashuv toki $10 A$ bo'lib, agar unga qarshiligi $9 Om$ ga teng bo'lgan rezistor ulanganda zanjirdagi tok $1 A$ ga teng bo'ladi. Akkumulyator batareyasining *EYUK* ni aniqlang.

Berilgan: $I_{kr} = 10 A$; $R = 9 Om$; $I = 1 A$.

Topish kerak: E -- ?

Yechilishi:

Om qonuni bo'yicha:

$$I = \frac{E}{R+r} \quad \text{yoki} \quad E = I(R+r)$$

Zanjirda qisqa tutashuv sodir bo'lganda tashqi qarshilik $R = 0$ bo'ladi. U holda Om qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$I = \frac{E}{r}$$

Bu yerdan ichki qarshilikni topamiz:

$$r = \frac{E}{I_{kr}}$$

Bu ifodadan akkumulyator batareyasining *EYUK* topamiz:

$$E = I \left(R + \frac{E}{I_{kr}} \right)$$

yoki

$$E = \frac{IR}{1 - \frac{I}{I_{kr}}} = 10V.$$

8-masala. Tok manbaiga oldin qarshiligi $1 Om$ bo'lgan rezistor, keyin esa $4 Om$ bo'lgan rezistorlar ulangan. Ikkala holda ham bir xil vaqt ichida bir xil issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Tok manbaining ichki qarshiligi aniqlansin.

Berilgan: $R_1 = 1 Om$; $R_2 = 4 Om$; $t_1 = t_2 = t$; $Q_1 = Q_2$

Topish kerak: r - ?

Yechilishi:

Om qonuni bo'yicha:

$$I = \frac{E}{R+r} \tag{1}$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1+r} \tag{2}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2+r} \tag{3}$$

Joul-Lens qonuniga asosan o'tkazgichdan tok o'tganda t vaqt davomida ajralib chiqqan Q *issialik miqdori* quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = I^2 R t \quad (4)$$

Masala shartidan:

$$Q_1 = Q_2 \quad (5)$$

(4) formulani ikkala hol uchun yozamiz va (5) ifodaga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$I_1^2 R_1 t = I_2^2 R_2 t \quad (6)$$

(6) ifodaga (2) va (3) formulalarni qo'yamiz:

$$\frac{E^2}{(R_1 + r)^2} R_1 t = \frac{E^2}{(R_2 + r)^2} R_2 t$$

$$\frac{R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{R_2}{(R_2 + r)^2}$$

$$R_2 (R_1 + r)^2 = R_1 (R_2 + r)^2 \quad (7)$$

(7) ifodaga $R_1 = 1 \text{ Om}$ va $R_2 = 4 \text{ Om}$ qarshiliklar qiymatlarini qo'yamiz va hosil bo'lgan tenglamadan tok manbaining ichki qarshiligi aniqlaymiz:

$$r = 2 \text{ Om.}$$

9-masala. Akkumulyator ichki qarshiligi 2 Om ga teng. Tok manbaiga oldin bir rezistorga ulanganda tok kuchi 4 A bo'lsa, ikkinchi bir rezistorga ulanganda esa 2 A bo'lgan. Ikkala holda ham tashqi zanjirda quvvat bir xil. Akkumulyator *EYuK* va tashqi qarshiliklar aniqlansin.

Berilgan: $r = 2 \text{ Om}$; $I_1 = 4 \text{ A}$; $I_2 = 2 \text{ A}$; $N_1 = N_2$

Topish kerak: E - ? R_1 - ? R_2 - ?

Yechilishi.

Om qonuni bo'yicha:

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + r}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2 + r}$$

Bu formulalarni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\varepsilon = I_1 (R_1 + r)$$

$$\varepsilon = I_2 (R_2 + r)$$

yoki

$$I_1 (R_1 + r) = I_2 (R_2 + r) \quad (1)$$

Masala shartiga asosan ikkala holda ham tashqi zanjirda quvvat bir xil.

$$N_1 = N_2 \quad (2)$$

Zanjirda quvvat:

$$\boxed{N_1 = I_1^2 R_1} \quad \boxed{N_2 = I_2^2 R_2} \quad (3)$$

Ushbu formulalarni (2) munosabatga qo'yamiz va quyidagi tenglamani olamiz:

$$\boxed{I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2} \quad (4)$$

(1) va (2) tenglamalarni birgalikda yechamiz va tashqi qarshiliklarni va **EYuK**ni topamiz:

$$\boxed{R_1 = \frac{I_2 r}{I_1} = 1 \text{ Om};}$$

$$\boxed{R_2 = \frac{I_1 r}{I_2} = 4 \text{ Om};}$$

$$\boxed{E = I_1 r \left(\frac{I_2}{I_1} + 1 \right) = 12 \text{ V.}}$$

10-masala. Elektr plitkasi **EYuK** ε va ichki qarshiligi r bo'lgan zanjirga ulangan. Plitkaga ketma-ket ulangan ampermetr I tokni ko'rsatmoqda. Agar ushbu plitkada massasi m bo'lgan suvni τ vaqt davomida qaynatilsa, plitkani **FIK** nimaga teng? Suvning boshlang'ich temperaturasi t_0 ga teng.

Berilgan: $\varepsilon; r; I; \tau$.

Topish kerak: **FIK** η -?

Yechilishi:

Joul-Lens qonuniga asosan tokli o'tkazgich ajratib chiqarayotgan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$\boxed{Q = I^2 R t.} \quad (1)$$

Tok kuchini to'liq zanjir uchun **Om qonunidan** topamiz:

$$\boxed{I = \frac{E}{R + r}} \quad (2)$$

Bundan tashqi qarshilikni topamiz

$$\boxed{R = \frac{\varepsilon - Ir}{I}} \quad (3)$$

(3) ifodani (1) formulaga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$\boxed{Q = I(\varepsilon - Ir)\tau.} \quad (4)$$

Suvni qizdirish uchun sarflangan issiqlik miqdori:

$$Q_f = mc(t - t_0), \quad (5)$$

bu yerda m – suv massasi, c – suvning solishtirma issiqlik sig'imi, t va t_0 – suvning oxirgi va boshlang'ich haroratlari.

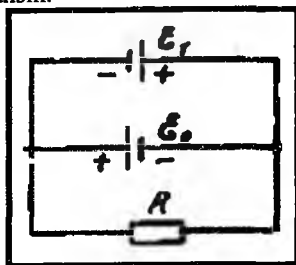
Plitkaning *FIK* quyidagiga teng bo'ladi:

$$\eta = \frac{Q_f}{Q} \quad (6)$$

(4) va (5) ifodalarni (6) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$\eta = \frac{mc(t - t_0)}{I(\varepsilon - Ir)\tau}$$

11-masala. Ikkita tok manbai ($\varepsilon_1 = 8 \text{ V}$, $r_1 = 2 \text{ Om}$, $\varepsilon_2 = 6 \text{ V}$, $r_2 = 1,5 \text{ Om}$) va reostat ($R = 10 \text{ Om}$) 1 – rasmda ko'rsatilgandek qilib ulangan. Reostat orqali oquvchi tok kuchi J hisoblansin.



1-rasm.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 8 \text{ V}$; $r_1 = 2 \text{ Om}$; $\varepsilon_2 = 6 \text{ V}$; $r_2 = 1,5 \text{ Om}$; $R = 10 \text{ Om}$

Topish kerak: I — ?

Yechilishi:

$$-I_1 - I_2 + I = 0$$

$$I_1 r_1 - I_2 r_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

$$I_2 r_2 + IR = \varepsilon_2$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0 \\ 2I_1 - 1,5I_2 = 2 \\ 1,5I_2 + 10I = 6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0 \\ -3,5I_1 + 2I = 2 \\ 1,5I_2 + 10I = 6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0 \\ -3,5I_1 + 2I = 2 \\ 19I_2 = -4 \end{cases}$$

$$I_2 = -\frac{4}{19} A = -0,21 A$$

$$I = -\frac{1}{2}(2 + 3,5I_2) = \frac{1}{2}(2 - 3,5 \cdot 0,21) = 0,63 A$$

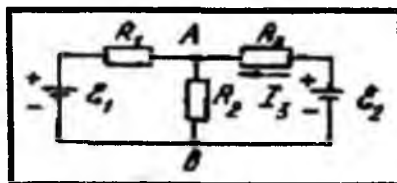
Javob: $I = 0,63 A$

12-masala. Agar $\varepsilon_1 = 4 V$, $\varepsilon_2 = 3 V$, $R_1 = 6 \text{ Om}$, $R_3 = 1 \text{ Om}$ (2-rasm) bo'lsa, R_2 qarshilikli rezistoridagi I_3 tok kuchi va resistor uchlaridagi kuchlanish U_3 aniqlansin. Tok manbalarining ichki qarshiliklari hisobga olinsin.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 4 V$; $\varepsilon_2 = 3 V$; $R_1 = 6 \text{ Om}$; $R_3 = 1 \text{ Om}$

Topish kerak: I_3 — ?; U_3 — ?

Yechilishi:



2-rasm.

$$I_1 + I_3 - I_2 = 0$$

$$\begin{cases} I_1 + I_3 - I_2 = 0 \\ I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1 \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 = I_1 + I_3 \\ 6I_2 + 2I_1 = 4 \\ 6I_2 + I_3 = 3 \end{cases}$$

$$I_3 = 0 \text{ A}; \quad U_3 = 0 \text{ V}$$

Javob: $I_3 = 0 \text{ A}; \quad U_3 = 0 \text{ V}$

13-masala. EYuK lari $\varepsilon_1 = 12 \text{ V}$, $\varepsilon_2 = 5 \text{ V}$, $\varepsilon_3 = 10 \text{ V}$ va $r = 1 \text{ Om}$ bir xil ichki qarshilikli uchta bateriya bir xil ismli qutblari bilan o'zaro ulangan. Tutashtiruvchi simlarning qarshiliklari juda kichik. Har bir batariyadan oqayotgan tok kuchi I aniqlansin.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 12 \text{ V}; \quad \varepsilon_2 = 5 \text{ V}; \quad r = 1 \text{ Om}$

Topish kerak: I_1 — ?; I_2 — ?; I — ?

Yechilishi:

$$I_1 + I_2 - I = 0$$

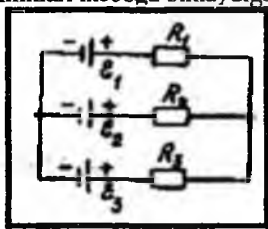
$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0 \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \\ I_2 r + I r = \varepsilon_2 - \varepsilon_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ I_1 - I_2 = 7 \\ I_2 + I = 5 \end{cases}$$

$$I_1 = 3 \text{ A}; \quad I_2 = 4 \text{ A}; \quad I = 1 \text{ A}$$

Javob: $I_1 = 3 \text{ A}; \quad I_2 = 4 \text{ A}; \quad I = 1 \text{ A}$

14-masala. EYuK lari $\varepsilon_1 = 11 \text{ V}$, $\varepsilon_2 = 4 \text{ V}$ va $\varepsilon_3 = 6 \text{ V}$ bo'lgan uchta tok manbai va $R_1 = 5 \text{ Om}$, $R_2 = 10 \text{ Om}$ va $R_3 = 2 \text{ Om}$ qarshilikli uchta reostat 3-rasmda ko'rsatilgandek qilib ulangan. Reostatlardagi tok kuchlari I aniqlansin. Tok manbalarining ichki qarshiliklari hisobga olmaydigan darajada kichik.



3-rasm.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 11 \text{ V}$; $\varepsilon_2 = 4 \text{ V}$; $\varepsilon_3 = 6 \text{ V}$; $R_1 = 5 \text{ Ohm}$; $R_2 = 10 \text{ Ohm}$; $R_3 = 2 \text{ Ohm}$

Topish kerak: I_1 ?; I_2 ?; I_3 ?

Yechilishi:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ I_1 R_1 - I_2 R_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2 - \varepsilon_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ 5I_1 - 10I_2 = 11 - 4 \\ 10I_2 + 2I_3 = 4 - 6 \end{cases}$$

$$I_1 = 0,8 \text{ A}; \quad I_2 = -0,3 \text{ A}; \quad I_3 = 0,5 \text{ A}$$

Javob: $I_1 = 0,8 \text{ A}$; $I_2 = -0,3 \text{ A}$; $I_3 = 0,5 \text{ A}$

3.3-8. Elektromagnetizmning fizik asoslari

- Parallel toklarning o'zaro ta'sir kuchi F o'tkazgichlardan o'tayotgan toklarning kuchlari I_1 , I_2 va o'tkazgichning uzunligi l ga to'g'ri proporsional bo'lib, ular orasidagi masofa r_0 ga teskari proporsionaldir, ya'ni:

$$F = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2 l}{r}$$

bunda μ – muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi, μ_0 – magnit doimiyi bo'lib, uning SI sistemasidagi ifodasi quyidagiga teng:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ GH/m}$$

- Konturning magnit momenti p_m konturdan o'tayotgan tok kuchi I ning konturning yuzasi ko'paytmasiga teng:

$$p_m = IS.$$

- Induksiyasi B bo'lgan magnit maydondagi tokli konturga ta'sir qiluvchi juft kuchning moment M quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M = p_m B \sin \alpha$$

bunda p_m – tokli konturning magnit moment α – magnit mavdon induksiya vektori B ning vo'nalishi bilan kontur tekisligiga tushirilean normal n orasidagi burchak.

- Bir jinsli ($B = \text{const}$) magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi Amper kuchi F_A o'tkazgichdan o'tayotgan tokning kuchi I ga, o'tkazgichning uzunligi l ga, magnit maydonning induksiyasi B ga va o'tkazgich bilan induksiya chiziqlari orasidagi burchak α ning kosinusiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni:

$$F_A = IlB \sin \alpha$$

- Bir jinsli ($B = \text{const}$) magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarrachaga ta'sir qiluvchi Lorens kuchi F_L zarraning zaryadi q ga, tezligi \mathcal{V} ga, magnit maydotning induksiyasi B ga va \mathcal{V} bilan B vektorlar orasidagi burchak α ning sinushiga to'g'ri proporsionaldir:

$$F_L = q\mathcal{V}B \sin \alpha$$

- Magnit maydonning induksiyasi B magnit maydonning kuchlan-ganligi H bilan quyidagicha bog'langan:

$$B = \mu_0 \mu H$$

- Cheksiz uzun. to'g'ri I tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydonning induksiyasi B va kuchlanganligi H quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$B = I\mu_0\mu_1(1/2\pi r_0), \quad H = B/\mu_0\mu = I/2\pi r_0$$

bunda r_0 – o'tkazgichdan nuqtagacha bo'lgan masofa.

- R radiusli avlana shaklidagi tokli o'tkazgich markazidagi magnit maydonning induksiyasi B va kuchlanganligi H quyidagi formuladan aniqlaniladi.

$$B = \mu_0\mu(1/2R), \quad H = B/\mu_0\mu = 1/2R$$

- I tok o'tayotgan solenoid (toroid) o'zagida hosil bo'lgan magnit maydonning induksiyasi B va kuchlanganligi H quyidagiga tengdir.

$$B = \mu_0\mu n I = \mu_0\mu IN/l, \quad H = B/\mu_0\mu = In = IN/l$$

Bunda $n = N/l$ – solenoid (toroid) o'zagining uzunlik birligiga mos kelgan o'ramlar soni. l – solenoid (toroid) o'zagining uzunligi. N – o'ramlar soni va IN esa Amper o'ramlar soni.

- Berilgan sirt orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi F magnit maydon induksiyasi B ning yuzi S hamda sirtga tushirilgan normal n bilan B vektor orasidagi burchak α kosinusining ko'paytmasiga teng.

$$F = BS \cos \alpha$$

- Faradeyning elektromagnit induksiya qonuniga binoan. vopiq konturda hosil bo'lgan induksiya EYuK shu kontur bilan chegaralangan yuza orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi o'zgarish tezligining teskari ishorali ifodasiga teng. ya'ni:

$$\varepsilon_{o'z} = - \frac{\Delta F}{\Delta t}$$

- Bir jinsli ($B = \text{const}$) magnit maydonda ϑ tezlik bilan harakatlanayotgan uzunligi l ga teng bo'lgan o'tkazgich uchlarida hosil bo'lgan induksiya EYuK quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\varepsilon_{in} = Bl\vartheta \sin \alpha$$

bunda α – magnit mavdon induksiya kuch chiziqlari bilan ϑ tezlik vektori orasidagi burchak.

- Konturda hosil bo'lgan o'zinduksiya EYuK ($\varepsilon_{o'z}$) o'tkazgichdan o'ta-yotgan tokning o'zgarish tezligining teskari ishorali ifodasiga proporsionaldir, ya'ni:

$$\varepsilon_{o'z} = -L\Delta I / \Delta t.$$

bunda L – proporsionallik koeffitsiyent bo'lib, unga konturning induktivligi deviladi.

- Uzunligi l , ko'ndalang kesim vuzi S , o'ramlari soni N bo'lgan solenoidning induktivligi L quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$L = \mu_0 \mu n^2 V = \mu_0 \mu (N/l) l S = \mu_0 \mu (N^2 / l) S,$$

bunda $n = N/l$ solenoidning uzunlik birligiga mos kelgan o'ramlar soni, $V = lS$ – solenoidning hajmi. μ_0 – solenoid o'zagining nisbiy magnit singdiruvchanligi, μ – magnit doimiy.

- Muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi muhitdagi magnit mavdonining induksiya B vakuumdagi induksiya B_0 dan necha martaga farq qilishini ifodalaydi, ya'ni:

$$\mu = B / B_0$$

- Induktivligi L ga teng bo'lgan solenioddan I tok o'tayotganda shu soleniodda hosil bo'lgan magnit mavdonning energiyasi W_m quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$W_m = LI^2 / 2$$

- Bir jinsli ($B = \text{const}$) magnit maydonning energiyasi quyidagi W_m formuladan aniqlanadi:

$$W_m = (B^2 / 2\mu_0 \mu) V = (\mu_0 \mu H^2 / 2) = H B V / 2,$$

bunda μ – magnit mavdon hosil ailingan muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi. V – magnit mavdon egallagan fazoning hajmi.

- Magnit mavdonning hajm birligiga mos kelgan energiyasi, ya'ni magnit maydon energiyasining zichligi quyidagiga teng kuchli ifodalardan aniqlanadi:

$$W_m = W_m / V = B^2 / 2\mu_0\mu \approx H^2 / 2\mu_0\mu$$

Elektromagnit maydonning *to'lain energiyasi zichligi elektr* (ω_e) va *magnit* (ω_m) maydonlar energiyalari zichliklarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\omega = \omega_e + \omega_m = D^2 / 2\varepsilon_0\varepsilon + (B^2 / 2\mu_0\mu) = \varepsilon_0\varepsilon E^2 / 2 + \mu_0\mu H^2 = 2ED / 2 + HB / 2.$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Uzunligi $l = 2 \text{ m}$ bo'lgan va $I = 50 \text{ A}$ tokli to'g'ri o'tkazgich bir jinsli magnit maydon chiziqlariga nisbatan 30° burchak ostida joylashtirilganda unga maydon tomonidan $F = 5 \text{ N}$ kuch ta'sir qiladi. Ushbu magnit maydonning induksiyasi va kuchlanganligi topilsin.

Berilgan: $l = 2 \text{ m}; I = 50 \text{ A}; \alpha = 30^\circ; F = 5 \text{ N}.$

Topish kerak: $B - ? H - ?$

Yechilishi.

Magnit maydonga joylashtirilgan tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch

$$F = |I| \sin \alpha$$

Bu yerdan magnit maydon induksiyasini topamiz:

$$B = \frac{F}{Il \sin \alpha} = 0,1 \text{ T}$$

Magnit maydon kuchlanganligi (*havoda*):

$$H = \frac{B}{\mu_0} \approx 79,6 \cdot 10^3 \text{ A/m}$$

2-masala. 10 A tokli ikkita parallel cheksiz uzunlikdagi o'tkazgichlar o'zaro har 1 m ga 1 mN kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi. O'tkazgichlar qanday masofada joylashgan?

Berilgan: $I_1 = I_2 = 10 \text{ A}; F = 10^{-3} \text{ N}; l = 1 \text{ m}.$

Topish kerak: $r - ?$

Yechilishi.

I_1 va I_2 tokli o'zaro parallel va bir-biridan r masofada turgan ikki uzun o'tkazgichdan kesmasiga ta'sir etuvchi kuch:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

Bundan

$$r = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi F} = 0,02 \text{ m}$$

3-masala. Magnit qutblari orasiga joylashtirilgan radiusi 10 sm bo'lgan sim o'ramga $6,5 \text{ mkN}$ bo'lgan maksimal mexanik moment ta'sir qilmoqda. O'ramdan o'tayotgan tok kuchi 2 A ga teng bo'lsa, qutblar orasidagi magnit maydon induksiyasi nimaga teng bo'ladi?

Berilgan: $r = 10 \text{ sm} = 0,1 \text{ m}$; $M_m = 6,5 \text{ mkN} = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ N}$; $I = 2 \text{ A}$.

Topish kerak: $B - ?$

Yechilishi.

Tokli o'ramga magnit maydoni tomonidan ta'sir etuvchi kuchlar momenti quyidagiga teng:

$$M = p_m B \sin \alpha \quad (1)$$

yoki

$$M = ISB \sin \alpha$$

Agar $\alpha = 90^\circ$ bo'lsa, magnit maydoni tomonidan ta'sir etuvchi kuchlar momenti maksimal qiymatga erishadi, ya'ni:

$$M_m = ISB \quad (2)$$

Sim o'ramining yuzasi $S = \pi r^2$ teng ekanligini hisobga olsak, (2) for-mula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_m = I\pi r^2 B$$

Bu formuladan magnit maydon induksiyasi qiymatini aniqlaymiz:

$$B = \frac{M_m}{I\pi r^2} = 104 \text{ mkT}$$

4-masala. Kinetik energiyasi 3 MeV bo'lgan proton induksiyasi $0,5 \text{ Tl}$ bo'lgan bir jinsli magnit maydon induksiya vektoriga perpendikulyar ravishda harakatlanmoqda. Maydonda protonning harakat traektoriya-sining egrilik radiusi topilsin.

Berilgan: $B = 0,5 \text{ Tl}$; $E = 3 \text{ MeV}$; $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Topish kerak: $r - ?$

Yechilishi.

Protonning kinetik energiyasi quyidagiga teng:

$$E = \frac{m\vartheta^2}{2}$$

Bu formuladan protonning tezligini topamiz:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

Ikkinchi tomondan magnet maydonda ϑ tezlik bilan harakatlanayotgan protonga Lorens kuchi ta'sir qiladi, ya'ni:

$$F_L = q\vartheta B$$

Bu kuch protonga markazga intilma tezlanish beradi va bu kuch markazga intilma kuchni yuzaga keltiradi:

$$F_m = \frac{m\vartheta^2}{r}$$

Demak

$$F_L = F_m$$

$$q\vartheta B = \frac{m\vartheta^2}{r}$$

Bu tenglamadan protonning harakat trayektoriyasi egriklik radiusini topamiz:

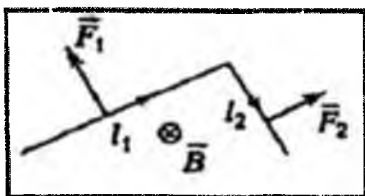
$$r = \frac{m\vartheta^2}{q\vartheta B} = \frac{1}{qB} \sqrt{\frac{2Em^2}{m}} = \frac{1}{qB} \sqrt{2Em} = 0,5 \text{ m}$$

5-masala. Uzunligi 140 sm bo'lgan o'tkazgich to'g'ri burchak ostida shunday bukilganki, bunda burchakning bir tomoni 60 sm ga teng bo'lgan. Ushbu o'tkazgichni induksiyasi 2 mTl bo'lgan bir jinsli magnet maydonga uning ikkala tomonlari induksiya chiziqlariga perpendikulyar qilib joylashtirilgan. Agar ushbu o'tkazgichdan tok kuchi 10 A bo'lgan tok o'tkazilsa, unga qanday kuch ta'sir qiladi?

Berilgan: $l = 140 \text{ sm} = 1,4 \text{ m}$; $B = 2 \text{ mTl} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Tl}$; $I = 10 \text{ A}$.

Topish kerak: $F - ?$

Yechilishi.



Burchakning har bir tomoniga induksiya vektoriga perpendikulyar bo'lgan tekislikda yotgan Amper kuchi ta'sir qiladi. Tok yo'nalishi bilan induksiya vektori orasidagi burchak 90° tashkil qilgan uchun o'tkazgichning l_1 va l_2 tomonlariga ta'sir qiluvchi Amper kuchlari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$F_1 = IBl_1$$

$$F_2 = IBl_2$$

Natijaviy kuchni *Pifagor teoremasi* bo'yicha topamiz:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = IB\sqrt{l_1^2 + l_2^2} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

6-masala. Maydon kuchlanganligi 5000 A/m bo'lgan bir jinsli magnit maydonga radiusi 5 sm bo'lgan o'ram joylashtirilgan bo'lib, o'ramga o'tkazilgan normal maydon yo'nalishi bilan 60° burchakni tashkil qiladi. O'ramdagi tok kuchi $I \text{ A}$ ga teng. O'ramni turg'un holatga burash uchun maydon kuchlari qanday ish bajaradi?

Berilgan: $r = 0,05 \text{ m}$; $I = 1 \text{ A}$; $H = 5000 \text{ A/m}$; $\alpha = 60^\circ$.

Topish kerak: $A - ?$

Yechilishi.

I tokli o'ramni magnit maydonda burishda bajariladigan ish quyidagiga teng:

$$A = I\Delta F$$

(1)

Bu yerda $\Delta F = F_2 - F_1$ – o'ram $S = \pi r^2$ yuzasi orqali o'tayotgan magnit maydon oqimining o'zgarishi; $F_1 = BScos\alpha$ – boshlang'ich holatdagi o'ramni kesib o'tuvchi magnit mavdon oqimi bo'lib, bu yerda α - n va B vektorlar orasidagi burchak.

O'ram magnit maydonda turg'un holatda bo'lishi uchun $cos\alpha = 1$ shart bajarilishi lozim, ya'ni o'ramga o'tkazilgan normal bilan induksiya vektor yo'nalishlari mos tushishi kerak. Binobarin

$$F_2 = BS$$

Demak

$$\Delta F = B\pi r^2(1 - \cos\alpha)$$

(2)

$B = \mu\mu_0 H$ ekanligini e'tiborga olsak, (2) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\Delta F = \mu\mu_0 H r^2 (1 - \cos \alpha) \cdot \pi \quad (3)$$

(3) ifodani (1) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$A = I\mu\mu_0 H \pi r^2 (1 - \cos \alpha)$$

Ushbu ifodaga kattaliklar qiymatlarini qo'yamiz va o'ramni turg'un holatga burash uchun maydon kuchlari bajaradigan ishning son qiymatini topamiz:

$$A \approx 2,46 \cdot 10^{-5} J$$

7-masala. Uzunligi 15 sm va diametri 4 sm bo'lgan o'zakli ($\mu = 1000$) solenoid 1sm uzunlikda 100 o'ramga ega. 1ms vaqt ichida tok kuchi 10 mA ga o'zgaradi. Zanjirdagi tok tekis o'zgaradi deb hisoblab, o'zinduksiya EYuK ni aniqlang.

Berilgan: $I = 0,15A$; $D = 0,04m$; $n = 10^4$; $\mu = 1000$; $\Delta I = 10^{-2} A$; $\Delta t = 10^{-3}s$.

Topish kerak: $\varepsilon_{o'z} - ?$

Yechilishi.

O'zinduksiya EYuK quyidagiga teng:

$$\varepsilon_{o'z} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Solenoid induktivligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$L = \mu\mu_0 n^2 l S$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$L \approx 24 Gn \quad \varepsilon_{o'z} \approx -240 V$$

8-masala. Bir jinsli magnit maydon induksiya chiziqlariga perpendikulyar ravishda, bir xil potentsiallar farqida tezlatilgan proton va bir zaryadli geliy ioni uchib kiradi. Ion harakatlanayotgan aylana radiusi, proton harakatlanayotgan aylana radiusidan qancha marta katta?

Berilgan: $q_1 = q_2 = e = 1,6 \cdot 10^{-19} KJ$; $m_2 = 4m_1$

Topish kerak: $R_2/R_1 - ?$

Yechilishi.

Lorens kuchi ta'sirida protonning ham, geliy ionining ham harakat trayektoriyalari ma'lum bir radiusli aylanadan iborat bo'ladi. Proton va ionning harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$e \mathcal{G}_1 B = m_1 \frac{\mathcal{G}_1^2}{R_1} \quad (1)$$

$$e\mathcal{G}_2 B = m_2 \frac{\mathcal{G}_2^2}{R_2} \quad (2)$$

Bir zaryadli geliy ioni proton zaryadiga teng zaryadga ega bo'ladi. Bir zaryadli ion – bir elektronini yo'qotgan atom bo'ladi. Geliy ionining massasi proton massasidan 4 marta katta bo'ladi, ya'ni $m_2 = 4m_1$ (1) va (2) tenglamalarning nisbatini olamiz va ularni radiuslar nisbati orqali ifodalaymiz:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2 \mathcal{G}_2}{m_1 \mathcal{G}_1} \quad (3)$$

Ushbu tenglamadagi tezliklar nisbatini topish uchun ular tezlatilgan bir xil potentsiallar farqi orqali ifodalanuvchi tenglamalarni yozamiz:

$$eU = \frac{m_1 \mathcal{G}_1^2}{2} \quad (4)$$

$$eU = \frac{m_2 \mathcal{G}_2^2}{2} \quad (5)$$

(4) va (5) tenglamalardan tezliklar nisbatini topamiz, ya'ni:

$$\frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \quad (6)$$

(3) va (6) nisbatlardan quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = 2$$

9-masala. Solenoiddagi tok kuchi $0,1$ s vaqt davomida 5 A dan 15 A gacha o'zgarishi tufayli 15 V o'zinduksiya EYuK vujudga keladi. Solenoidning induktivligi aniqlansin.

Berilgan: $I_1 = 5$ A; $I_2 = 15$ A; $\Delta t = 0,1$ s; $\varepsilon_{o2} = 15$ V.

Topish kerak: L — ?

Yechilishi:

Solenoiddagi tokning o'zgarishi tufayli vujudga keladigan o'zinduksiya EYuK elektromagnit induksiya qonuniga asosan quyidagiga teng:

$$\varepsilon_{o2} = - \frac{\Delta F}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

bu yerda $\Delta I = I_2 - I_1$ – solenoiddagi tok kuchining o‘zgarishi, $\Delta t = t_2 - t_1$ – vaqt o‘zgarishi, L – induktivlik. (1) ifodani quyidagi ko‘ri-nishda yozamiz:

$$|\mathcal{E}_{o'z}| = L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t}$$

Bundan

$$L = \frac{|\mathcal{E}_{o'z}| \Delta t}{I_2 - I_1} = 0,15 \text{ Gn}$$

10-masala. Uzunligi $0,25 \text{ m}$ va o‘ramlar soni 500 ta bo‘lgan solenoiddan 1 A tok o‘tmoqda. Solenoidning ko‘ndalang kesim yuzasi 15 sm^2 ga teng. Solenoidning magnit maydon energiyasi topilsin.

Berilgan: $I = 1 \text{ A}; l = 0,25 \text{ m}; \mu = 1; N = 500; S = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

Topish kerak: $W - ?$

Yechilishi:

Solenoid magnit maydon energiyasi quyidagi ko‘rinishda:

$$W = \frac{LI^2}{2} \tag{1}$$

bu yerda L – solenoid induktivligi bo‘lib, u quyidagiga teng:

$$L = \mu\mu_0 n^2 l S \tag{2}$$

Agar $n = N/l$ formulani hisobga olsak, (2) formula quyidagi ko‘ri-nishda bo‘ladi:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l^2} l S \tag{3}$$

(3) ifodani (1) ga qo‘yamiz va solenoid magnit maydon energiyasini topamiz:

$$W = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l^2} l S \frac{I^2}{2} \approx 9,4 \cdot 10^{-4} \text{ J.}$$

3.4-§. MUSTAOIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Bir-biridan qanday masofada $1 \mu C$ va $10 nC$ zaryadlar $9mN$ kuch bilan o'zaro ta'sirlanadi?
2. Miqdorlari teng bo'lmagan bir xil ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita bir xil metall sharchani bir-biriga tekkizib, so'ng yana avvalgi masofaga surib qo'yilganda ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi albatta ortishini, shu bilan birga zaryadlar miqdoridagi farq qanchalik katta bo'lgan bo'lsa, bu ortish shunchalik katta bo'lishini isbot qiling.
3. 10 va $16 nC$ zaryadlar bir-biridan $7 mm$ masofada joylashgan. Kichik zaryaddan $3 mm$ va katta zaryaddan $4 mm$ masofada bo'lgan nuqtaga joylashtirilgan $2 nC$ zaryadga qancha kuch ta'sir qiladi?
4. Tomoni a bo'lgan muntazam oltiburchakning uchlariga $+q, +q, +q, -q, -q, -q$ zaryadlar joylashtirilgan. Oltiburchakning markazida joylashgan $+q$ zaryadga ta'sir qiluvchi kuchni toping.
5. Bir-biridan $24 sm$ masofada joylashgan har biri $25 nC$ dan bo'lgan ikkita zaryad elektrostatik maydon hosil qiladi. Har qaysi zaryaddan $15 sm$ naridagi nuqtaga joylashtirilgan $2nC$ zaryadga bu maydon qanday kuch bilan ta'sir qiladi (masalani maydonni hosil qilayotgan zaryadlar bir xil ishorali; har xil ishorali bo'lgan hollar uchun yeching)?
6. $36 nC$ zaryadning undan 9 va $18 sm$ masofada yotgan nuqtalardagi maydon kuchlanganligini toping.
7. Moduli bo'yicha biri ikkinchisidan 4 marta katta bo'lgan ikkita zaryad bir-biridan a masofada joylashgan. Agar zaryadlar bir xil ishorali bo'lsa, maydonning qaysi nuqtasida kuchlanganlik nolga teng? Har xil ishorali bo'lsachi?
8. Izolyatsiyalovchi ipga osilgan zaryadlangan metall sharcha gorizontaal yo'nalgan bir jinsli maydonga kiritilganda ip vertikal bilan 45° burchak hosil qildi. Sharchadagi zaryadning o'ndan bir qismi yo'qolganda ipning og'ish burchagi qancha kamayadi? Kuchlanganlik chizig'i gorizontaal yo'nalgan.
9. Radiusi $3 sm$ bo'lgan metall sharga $16 nC$ zaryad berildi. Zaryadning sirt zichligini va shar markazidan $2 sm$ va $4 sm$ naridagi nuqtada maydon kuchlanganligini toping.
10. Cheksiz uzunlikdagi plastinkada zaryadning sirt zichligi $354 nC/m^2$ bo'lsa, shu plastinkaning maydon kuchlanganligini toping.
11. Moy bilan to'ldirilgan alyuminiy idish kuchlanganligi $75 kV/m$ bo'lgan bir jinsli maydonga kiritildi. Moydagi maydon kuchlanganligi qanday? Alyuminiy devordachi?

12. Suyuq dielektrikda turgan 4 nC zaryaddan 3 sm masofada maydonning kuchlanganligi 20 kV/m ga teng. Dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi qanday?
13. Zaryadlangan shar suv qatlami qoplanib «terladi». Bunda suv qatlami ichida va undan tashqarida maydon kuchlanganligi qanday o'zgaragan?
14. Kuchlanganlik chiziqlari gorizontal yo'nalgan bir jinsli maydondagi ingichka, vaznsiz, uzunligi $l = 35 \text{ sm}$ bo'lgan cho'zilmaydigan ip uchiga massasi $m = 15 \text{ g}$ bo'lib, $q = 3 \text{ mKl}$ zaryadga ega bo'lgan sharcha osilgan. Agar elektr maydoni kuchlanganligi $E = 4 \text{ kV/m}$ bo'lsa, sharchaning xususiy tebranishlar davrini toping.
15. Cho'zilmaydigan, vaznsiz, tok o'tkazmaydigan ipga osilgan $m = 1 \text{ g}$ massali $q = 1 \text{ mKl}$ zaryadga ega bo'lgan sharcha kuchlanganlik chiziqlari gorizontal bo'ylab chapdan o'ngga yo'nalgan bir jinsli elektr maydonida joylashgan. Sharchani ip vertikal bilan $\alpha = 45^\circ$ burchak hosil qiladigan vaziyatgacha chetlatib, qo'yib yuborildi. Sharcha vertikal vaziyatdan o'tayotganda ipning taranglik kuchi $F_T = 80 \text{ mN}$ bo'lsa, maydon kuchlanganligi E ni aniqlang.
17. Massasi $m = 2 \text{ g}$ bo'lib, $q = 8 \text{ mKl}$ zaryadga ega bo'lgan sharcha uzunligi $l = 1,2 \text{ m}$ bo'lgan vaznsiz, cho'zilmaydigan va tok o'tkazmaydigan ipga osilgan bo'lib, vertikal o'q atrofida ip vertikal bilan $\alpha = 20^\circ$ burchak hosil qiladigan holda aylanma harakat qilmokda. Agar kuchlanganligi $E = 1,4 \text{ kV/m}$ bo'lgan elektr maydonining kuchlanganlik chiziqlari vertikal va yuqoriga yo'nalgan bo'lsa, sharchaning aylanish davri T ni toping.
18. $q_1 = 20 \text{ nKl}$ va $q_2 = -10 \text{ nKl}$ nuqtaviy zaryadlar havoda bir-biridan $r = 10 \text{ sm}$ masofada joylashgan. Birinchi zaryaddan $r_1 = 8 \text{ sm}$, ikkinchisidan esa $r_2 = 7 \text{ sm}$ masofada joylashgan nuqtaning kuchlanganligi E ni aniqlang.
19. Oralaridagi masofa $l = 10 \text{ sm}$ bo'lgan $q_1 = +90 \text{ nKl}$ va $q_2 = -90 \text{ nKl}$ zaryadlardan iborat elektr dipol havoda turibdi. a) dipol o'qida, zaryadlardan biridan $l/4$ masofada yotgan; b) dipol mar- kazida yotgan; v) zaryadlarning biri orqali dipol o'qiga o'tkazilgan perpendikulyarda, o'qdan $l/2$ masofada yotgan; g) dipol o'qining o'rtasiga o'tkazilgan perpendikulyarda, o'qdan $l/2$ masofada yotgan nuqtalar uchun maydon kuchlanganligini toping. Zaryadlar orasidagi maydon taqsimotining $E = f(l)$ grafigini chizing.
20. Ikki musbat $q_1 = q_2 = q$ nuqtaviy zaryad havoda bir-biridan $l = 5 \text{ sm}$ masofada joylashgan. Bu zaryadlarning simmetriya o'qidagi maydon kuchlanganligi E eng katta bo'lgan nuqtani toping.
21. 20 nC li zaryad potentsiali 700 V bo'lgan nuqtadan potentsiali 200 V bo'lgan nuqtaga ko'chganda maydon qancha ish bajaradi? Potentsiali -100 V bo'lgan nuqtadan potentsiali 400 V bo'lgan nuqtaga ko'chgandachi?
22. Elektron tezlatuvchi maydonda potentsiali 200 V bo'lgan nuqtadan potentsiali 300 V bo'lgan nuqtaga ko'chdi. Elektronning kinetik energiyasini, maydon bilan o'zaro ta'sir kinetik energiyasining

- o'zgarishini va elektron olgan tezlikni toping. Elektronning boshlang'ich tezligi nolga teng deb hisoblang.
23. Bir jinsli maydon kuchlanganligining bitta chizig'ida yotgan ikki nuqta orasidagi kuchlanganlik 2 kV ga teng. Nuqtalar orasidagi masofa 10 sm . Maydon kuchlanganligi qanday?
 24. Vakuumba bir-biridan $4,8 \text{ mm}$ masofada gorizontall joylashgan ikkita plastinka orasida massasi 10 ng manfiy zaryadlangan moy tomchisi muvozanatda turibdi. Agar plastinkalarga 1 kV kuchlanish berilgan bo'lsa, tomchi qancha «ortiqcha» elektronga ega?
 25. 25 va -4 nC li zaryadlar orasidagi masofa 10 sm dan 20 sm gacha o'zgarganda shu zaryadlarning o'zaro ta'sir potentsial energiyasi qanchaga o'zgaradi?
 26. Birinchi kondensatorning sig'imi $0,5 \mu\text{F}$, ikkinchi kondensatorniki 5000 pF . Ikkala kondensator da bir xil zaryad to'plash uchun kondensatorlarga berish lozim bo'ladigan kuchlanishlarni taqqoslang.
 27. Agar kondensator $1,4 \text{ kV}$ kuchlanishgacha zaryadlanganda u 28 nC zaryad olsa, shu kondensatorning sig'imi qancha?
 28. Kondensator ga 100 pF ; 300 V deb yozib qo'yilgan. Shu kondensator dan 50 nC zaryad to'plash uchun foydalanish mum-kinmi?
 29. Yassi kondensatorning har qaysi plastinkasining yuzi 520 sm^2 ga teng. Kondensatorning sig'imi 46 pF ga teng bo'lishi uchun plastinkalarni havoda bir-biridan qancha masofada joylashtirish lozim?
 30. Yassi kondensator ikkita plastinkadan tashkil topgan bo'lib, har qaysisining yuzi 50 sm^2 . Plastinkalar orasida shisha qatlami bor. Maydon kuchlanganligi 10 MV/m bo'lganda shisha, ya'ni kondensator «teshilishi» ro'y bersa, ana shu kondensator da eng ko'pi bilan qancha zaryad to'plash mumkin?
 31. Zaryadlangan yassi kondensatorning plastinkalari orasiga dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan dielektrik shunday kiritildiki, u plastinkalar yuzlarining yarimlari orasidagi hajmni butunlay to'ldirdi. Bunda kondensatorning sig'imi, plastinkalardagi zaryad va ular orasidagi kuchlanish necha marta o'zgargan?
 32. Yassi kondensatorning har qaysi plastinkasining yuzi 200 sm^2 , ular orasidagi masofa esa 1 sm . Agar maydon kuchlanganligi 500 kV/m bo'lsa, maydon energiyasi qancha bo'ladi?
 33. Zaryadlangan yassi kondensator plastinkalari orasidagi masofa 2 marta kamaytirildi. Maydon energiyasi zichligi va energiyasi necha marta o'zgaradi? a) kondensator kuchlanish manbaidan uzib qo'yilgan; b) kondensator o'zgarmas kuchlanish manbaiga ulangan hollarni qarab chiqing.
 34. Sig'imi $100 \mu\text{F}$ bo'lgan kondensator $0,5 \text{ s}$ vaqt ichida 500 V gacha zaryadlandi. Zaryad tok kuchining o'rtacha qiymati qancha?

35. Tok kuchi 10 A bo'lganda kesimi 5 mm^2 bo'lgan simda elektronlarning tartibli harakatining tezligini toping. O'tkazuvchanlik elektronlarining konsentratsiyasi $5 \cdot 10^{28}\text{ m}^{-3}$.
36. Har bir atomga bittadan o'tkazuvchanlik elektroni to'g'ri keladi deb hisoblab, tok kuchi 50 A bo'lganda elektronlarning kesimi 25 mm^2 bo'lgan mis simdagi batartib harakatlanish tezligini toping.
37. Kesimi $1,4\text{ mm}^2$ bo'lgan alyuminiy o'tkazgichdagi maydon kuchlanganligini toping. Tok kuchi 1 A .
38. Volfram tolali lampani yoqish paytidagi tok kuchi uning ish holatidagi tok kuchidan necha marta katta? Cho'g'lanish temperaturasi 2400°C ga yaqin.
39. Zanjir ketma-ket ulangan uchta simdan iborat bo'lib, 24 V kuchlanishli manbaga ulangan. Birinchi o'tkazgichning qarshiligi 4 Om , ikkinchisidiki 6 Om , uchinchi o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish 4 V . Zanjirdagi tok kuchini, uchinchi o'tkazgichning qarshiligini va birinchi hamda ikkinchi o'tkazgich uchlaridagi kuchlanishlarni toping.
40. 120 V kuchlanishga mo'ljallangan qarshiligi 240 Om bo'lgan elektr lampani 220 V kuchlanishli tarmoqqa ulash lozim. Buning uchun kesimi $0,55\text{ mm}^2$ bo'lgan nixrom o'tkazgichdan necha metr olib lampochkaga ketma-ket qilib ulash kerak?
41. Galvanometr 200 Om qarshilikka ega bo'lib, tok kuchi $100\text{ }\mu\text{A}$ bo'lganda strelka shkalaning oxirigacha og'adi. Asbobdan voltmeter sifatida foydalanish uchun qanday qo'shimcha qarshilik ulash lozim? Bu galvanometrda 10 mA gacha tok kuchini o'lchaydigan milliampermetr qilib foydalanish uchun unga qanday shunt ulash lozim?

IV BOB. TEBRANISHLAR VATO'LQINLAR

4.1-§. Mexanik tebranishlar va to'lqinlar

4.2-§. Elektromagnit tebranishlar va to'lqinlar

4.3-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

4.1-§. Mexanik tebranishlar va to'lqinlar

- *Garmonik tebranma harakat tenglamasi* quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin((2\pi/T)t + \varphi_0) = A \sin(2\pi\nu t + \varphi_0)$$

bunda x – *tebranayotgan nuqtaning muvozanat vazivatidan siliishi*, A – *tebranish amplitudasi*, ω – *siklik chastota* ($\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu$), T – *tebranish davri*, ν – *tebranish chastotasi*, φ_0 – *boshlang'ich faza* $\omega t + \varphi_0$ – *tebranishning t – vaqtidagi fazasi*.

- *Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezligi* siljishidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga tengdir.

$$g = dx/dt = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) = g_0 \cos(\omega t + \varphi_0),$$

Bunda g_0 – *tezlikning maksimal (amplituda) ifodasi*:

$$g_0 = A\omega = A(2\pi/T) = 2(A\pi\nu),$$

- *Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezlanishi* a tezlik g dan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli, siljish x dan vaqt t bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga tengdir:

$$a = dg/dt = d^2x/dt^2 = A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = -a_0 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

yoki

$$a = \omega^2 x = -(2\pi/T)^2 x = -(2\pi\nu)^2 x,$$

- *Garmonik tebranishni yuzaga keltiruvchi kuch* F Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan quyidagi ko'rinishga ega:

$$F = ma = -4\pi^2 m/T^2 A \sin(\omega t + \varphi_0) = -(4\pi^2 m/T^2)x = -kx,$$

Bunda k – *kvazielastik kuchning deformatsiya koeffitsiyenti* bo'lib, u quyidagiga tengdir.

$$k = 4\pi^2 m/T^2$$

- Tebranayotgan nuqtaning *kinetik energiyasi*:

$$W_k = m g^2 / 2 = ((2\pi^2 A^2 m) / T^2) \cos^2((2\pi/T)t + \varphi_0)$$

- Tebranayotgan nuqtaning *potensial energiyasi*:

$$W_p = kx^2 / 2 = ((2\pi^2 A^2 m) / T^2) \sin^2((2\pi / T)t + \varphi_0)$$

- Tebranayotgan nuqtaning **to'liq energiyasi**:

$$W_T = W_K = W_p = (2\pi^2 A^2 m) / T^2$$

- Kichik burchak ostida tebranayotgan matematik mayatnikning tebranish davri quyidagiga teng:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Bunda T – **mayatnikning tebranish davri**, g – **erkin tushish tezlanishi**.

- Prujinaga osilgan massali jismning **tebranish davri** quyidagi formu-ladan aniqlanadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Bunda k – **prujinaning qattalik koeffitsiyenti** bo'lib, uni bir birlik cho'zish uchun zarur bo'lgan kuchga miqdor jihatdan tengdir, ya'ni:

$$k = \Delta F / \Delta l$$

- To'liqning tarqalish **tezligi** \mathcal{G} to'liqin **uzunligi** λ , **davri** T (yoki **chastotasi** ν) o'zaro quyidagi bog'lanishga ega:

$$\mathcal{G} = \lambda / T = \lambda \nu$$

- To'liqin manbaidan l masofada fazo nuqtasining siljishi, ya'ni yuguruvchi to'liqinning tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(t - 1/\nu) = A \sin(2\pi / T)(t - 1/\nu)$$

- To'liqin manbaidan l_1 va l_2 masofada yotuvchi ikki nuqtaning fazalari farqi $\varphi_2 - \varphi_1$ quyidagiga tengdir:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2(l_2 - l_1) / \lambda$$

- Bo'ylama to'liqinning elastik muhitda tarqalish tezligi quyidagi formu-ladan aniqlanadi.

$$\mathcal{G} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

bunda E – **bo'ylama elastiklik modeli (Yung modeli)** ρ – **muhitning zichligi**.

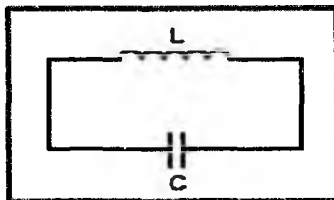
- Ko'ndalang to'liqin **elastik muhitda taraalish tezligi** quyidagi formu-ladan aniqlanadi:

$$g = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

bunda G – moddaning siliish modeli.

4.2-§. Elektromagnit tebranishlar va to'liqlar

- Kondensator va g'altakdan tashkil topgan elektr zanjirga tebranish konturi deyiladi (rasm).



- Tebranish konturining tebranish davri (T) quyidagi formulasi bilan aniqlanadi:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

bunda L – konturning induktivligi, C – konturning sig'imi.

- Sig'imi C , induktivligi L va qarshiligi R bo'lgan konturdagi elektromagnit tebranishning davri (T) quyidagi formulasi bilan aniqlanadi:

$$T = 2\pi / \sqrt{(LC) - (R/2L)^2}$$

- Energiyaning saqlanish qonuniga binoan tebranish konturidagi kondensator qoplamlari orasidagi maksimal elektr maydon energiyasi $CU^2/2$ g'altakdagi maksimal magnit maydon energiyasi $LI^2/2$ ga aylanadi, ya'ni:

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2} \quad \text{ga teng.}$$

Bunda C – kondensatorning sig'imi, L – g'altakning induktivligi, U_0 – kondensator qoplamlaridagi maksimal kuchlanish, I_0 – konturdagi tokning maksimal aivmati.

Elektromagnit to'liqlarning uzunligi quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

Bunda T – elektromagnit to'liqlarning davri, ν – chastotasi, c uning vakuumdagi tarqalish tezligi bo'lib, u $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ga teng.

- Elektromagnit to'liqning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi va nisbiy magnit singdiruvchanligi bo'lgan muhitdagi *tarqalish tezligi* quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$g = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Massasi 10 g bo'lgan moddiy nuqta $x = 0,05\sin(0,6t+0,8)$. Moddiy nuqtaga ta'sir qiluvchi maksimal kuch va tebranayotgan nuqtaning to'liq energiyasi topilsin.

Berilgan: $m = 10\text{ g} = 0,01\text{ kg}$; $x = 0,05\sin(0,6t+0,8)$

Topish kerak: F_{\max} - ?, E_t - ?

Yechilishi.

Garmonik tebranma harakat tenglamasi, ya'ni $x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ bilan masala shartida berilgan tenglamani solishtiramiz va quyidagi kattaliklarni aniqlaymiz:

$$A = 0,05\text{ m}, \quad \omega = 0,6\text{ rad/s}, \quad \varphi_0 = 0,8\text{ rad}$$

Nyuton ikkinchi qonuniga asosan:

$$F = ma = \frac{d^2x}{dt^2} = -mA\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Demak,

$$F_{\max} = mA\omega^2 = 1,8 \cdot 10^{-4}\text{ N.}$$

Tebranayotgan nuqtaning to'liq energiyasi:

$$E_t = \frac{mA^2\omega^2}{2} = 4,5 \cdot 10^{-6}\text{ J}$$

2-masala. Massasi 20 g bo'lgan moddiy nuqta 9 s tebranish davri bilan garmonik tebranmoqda. Tebranishning boshlang'ich fazasi 10° ga teng. Harakat boshlanishidan qancha vaqt o'tgandan keyin nuqta siljishi tebranish amplitudasining yarmiga tenglashadi. Agar nuqtaning to'liq energiyasi 10^{-2} J bo'lsa, uning tebranish amplitudasi, maksimal tezligi va tezlanishi topilsin.

Berilgan: $m = 20\text{ g} = 0,02\text{ kg}$; $T = 9\text{ s}$; $\varphi_0 = 10^\circ = \pi/18$; $x = 0,5\text{ A}$; $E = 10^{-2}\text{ J}$.

Topish kerak: t — ?; A — ?; g_{\max} - ?; a_{\max} - ?

Yechilishi:

Garmonik tebranma harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

(1)

Ushbu tenglamadan t vaqtini aniqlaymiz.

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_0\right)$$

$$\frac{x}{A} = \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_0\right)$$

$$\frac{2\pi}{T} t + \varphi_0 = \arcsin \frac{x}{A}$$

$$t = \frac{\left(\arcsin \frac{x}{A} - \varphi_0\right) T}{2\pi}$$

Bu formulaga kattaliklarning son iymatlarini qo'yib hisoblaymiz: $t=0,5$ s.

Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezligi siljishidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga tengdir:

$$g = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) = g_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$\cos(\omega t + \varphi_0) = 1$ deb faraz qilib, maksimal tezlik qiymatini aniqlovchi quyidagi ifodani olamiz:

$$g_{\max} = A\omega = A \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 1 \frac{m}{s}$$

Nuqta tezlanishi quyidagiga teng:

$$a = \frac{dg}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Maksimal tezlanishda $\sin(\omega t + \varphi_0) = -1$ deb faraz qilamiz:

$$a = A\omega^2 = A \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{2\pi}{T} \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$a_{\max} = 6,98 \cdot 10^{-1} m/s^2$$

3-masala. Bikrligi $250 N/m$ bo'lgan prujinaga osilgan yuk 16 s ichida 2θ marta tebranadi. Yukning massasini toping.

Berilgan: $k = 250 \text{ N/m}$; $t = 16 \text{ s}$; $n = 20 \text{ marta}$.

Topish kerak: $m - ?$

Yechilishi.

Prujinali mayatnikning **tebranish davri** quyidagiga teng:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Tebranishlar davri bilan tebranishlar soni quyidagicha bog'langan:

$$T = \frac{t}{N}$$

Bu ifodani e'tiborga olib, prujinali mayatnikning tebranish davri quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{t}{N} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Bu yerdan yukning massasini topamiz:

$$m = \frac{kt^2}{4\pi^2 N^2} = 4 \text{ kg}$$

Javob: 4 kg.

4-masala. Matematik mayatnikning Yer sirtidan ko'tarilishi davomida uning tebranish davri qanday qonuniyat bilan o'zgarishini toping.

Yechilishi.

Matematik mayatnikning tebranish davri:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

(1)

Butun olam tortishish qonuniga asosan m massali jism Yerga quyidagi kuch bilan tortiladi:

$$F = mg = G \frac{mM}{R^2}$$

(2)

bu yerda G – gravitatsion doimiy. M – Yer massasi. R – Yer markazidan jisimgacha bo'lgan masofa. (2) formuladan g ni topamiz:

$$g = GM \frac{1}{R^2}$$

(3)

(3) ifodani (1) formulaga qo'yamiz va matematik mayatnikning tebranish davrini topamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{GM} R}$$

Mazkur ifodadan ko'rinadiki, matematik mayatnikning tebranish davri R ga to'g'ri proporsional ekan. Demak matematik mayatnik balandlikka ko'tarilgan sari uning tebranish davri oshib boradi.

Javob: matematik mayatnik balandlikka ko'tarilgan sari uning tebranish davri oshib boradi.

5-masala. To'lqin 20 m/s tezlik bilan to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalmoqda. Ushbu to'g'ri chiziqda, tebranish manbaidan 12 va 15 m masofada joylashgan ikkita nuqta bir xil $0,1 \text{ m}$ amplituda va 135° fazalar farqi bilan sinus qonuni bo'yicha tebranmoqda. Ushbu to'lqinning to'lqin uzunligi topilsin va uning tenglamasi yozilsin. Shuningdek, ko'rsatilgan nuqta-larning $t=2,2 \text{ s}$ vaqt momentidagi siljishi topilsin.

Berilgan: $g=20 \text{ m/s}$; $l_1=12 \text{ m}$; $l_2=15 \text{ m}$; $A=0,1 \text{ m}$; $\Delta\varphi=135^\circ$; $t=1,2 \text{ s}$.

Topish kerak: λ - ?, x_1 - ?, x_2 - ?, $x(t)$ — ?

Yechilishi.

Yassi to'lqin tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$x = A \sin \omega \left(t - \frac{l}{g} \right)$$

Tebranish manbalaridan x_1 va x_2 masofada joylashgan ikki nuqtaning fazalar ayrimasi bilan to'lqin uzunligi quyidagicha bog'langan:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi(x_1 - x_2)}{\lambda}$$

Ushbu ifodadan to'lqin uzunligini topamiz:

$$\lambda = \frac{2\pi(x_1 - x_2)}{\Delta\varphi}$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$\lambda = 8 \text{ m}$$

To'lqin uzunligi tezligi g va tebranish davri T quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = gT$$

Bundan

$$T = \frac{\lambda}{g} = 0,4 \text{ s}$$

Siklik chastota

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \frac{1}{s}$$

Ushbu kattaliklarning son qiymatlarini hisobga olib to'lain tenglamasini

yozamiz:

$$x = 0,1 \sin 5\pi \left(t - \frac{1}{20}\right)$$

Ushbu tenglama orqali ko'rsatilgan nuqtalarning $t = 2,2$ s vaqt momen-tidagi siljishini topamiz: $x_1 = 0$, $x_2 = 0,07$ m.

Javob: 0; 0,07 m.

6-masala. Tebranish konturidagi tok kuchi $I = 0,1 \sin 10^3 t(A)$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Konturning induktivligi $0,1$ Gn ga teng. Kondensatoridagi kuchlanish qanday qonuniyat bilan o'zgarishini va uning sig'imini toping.

Berilgan: $I = 0,1 \sin 10^3 t(A)$, $L = 0,1$ Gn

Topish kerak: $C - ?$, $U(t) - ?$

Yechilishi.

Tebranish konturidagi tok kuchi quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$I = I_0 \sin \omega t$$

Bu ifodadan kondensator sig'imini topamiz:

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = 10^{-5} F.$$

Kondensatoridagi kuchlanish quyidagi qonuniyat bilan o'zgaradi:

$$U = -L \frac{dI}{dt} = -LI_0 \omega \cos \omega t.$$

Ushbu kattaliklarning son qiymatlarini hisobga olib, tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$U = -10\omega \cos 10^3 t.$$

Javob: $U = -10\omega \cos 10^3 t.$

7-masala. Tebranish konturi induktivligi $3 \cdot 10^{-3}$ Gn bo'lgan g'altak va yassi kondensatordan tuzilgan. Yassi kondensator bir-biridan $3 \cdot 10^{-4}$ m masofada joylashgan $12 \cdot 10^{-3}$ m radiusli ikki o'zaro parallel diskdan iborat. Qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi 9 ga teng. Konturdagi xususiy tebranish davri T aniqlansin.

Berilgan: $L = 3 \cdot 10^{-3}$ Gn; $r = 12 \cdot 10^{-3}$ m; $d = 3 \cdot 10^{-4}$ m; $\varepsilon = 9$.

Topish kerak: $T - ?$

Yechilishi:

Tomson formulasiga asosan *tebranish konturining davri T :*

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (1)$$

Yassi kondensator *elektr sig'imi* quyidagiga teng:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \pi r^2}{d} \quad (2)$$

(2) formulani (1) formulaga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{L \frac{\epsilon_0 \epsilon \pi r^2}{d}} = 2r \sqrt{L \frac{\epsilon_0 \epsilon}{d} \pi}$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$T = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ s.}$$

Javob: $3,8 \cdot 10^{-6} \text{ s.}$

8-masala. Tebranish konturidagi maksimal tok kuchi $0,2 \text{ A}$, kondensator qoplamalaridagi maksimal kuchlanish 40 V . Agar tebranish konturining tebranish davri $15,7 \text{ mks}$ bo'lsa, uning energiyasi topilsin.

Berilgan: $I_{\max} = I_0 = 0,2 \text{ A}$; $U_{\max} = U_0 = 40 \text{ V}$; $T = 15,7 \text{ mks}$.

Topish kerak: W ?

Yechilishi.

Energiya saqlanish qonuniga asosan tebranish konturi energiyasi magnit maydon maksimal energiyasiga yoki elektr maydon maksimal energiyasiga teng:

$$W = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \quad (1)$$

Bu munosabatdan tebranish konturi energiyasini topamiz:

$$W = \frac{\sqrt{LS} I_0 U_0}{2} \quad (2)$$

Tomson formulasiga asosan *tebranish konturining davri* T :

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (3)$$

(3) formulani e'tiborga olib, (2) formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$W = \frac{TI_0 U_0}{4\pi}$$

Mazkur ifodaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$W = 10^{-5} \text{ J.}$$

Javob: 10^{-5} J.

9-masala. Dielektrik singdiruvchanligi 2 ga va magnit singdiruvchanligi 1 ga teng bo'lgan bir jinsli izotrop muhitda yassi elektromagnit to'lqin tarqalmoqda. Elektr maydon kuchlanganligi amplitudasi 50 V/m ga teng. Magnit maydon kuchlanganligi amplitudasi topilsin.

Berilgan: $\epsilon = 2$; $\mu = 1$; $E_0 = 50 \text{ V/m}$.

Topish kerak: E_0 — ? \mathcal{H} — ?

Yechilishi.

Elektromagnit to'lqinning **3 fazaviy tezligi:**

$$g = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \approx 2,12 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Elektromagnit to'lqindagi **elektr** va **magnit maydon kuchlanganligi** bir xil fazada tebranadi va bular uchun quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi:

$$H_0 = \sqrt{\frac{\epsilon\epsilon_0}{\mu\mu_0}} E_0 \approx 0,19 \text{ A/m}.$$

Javob: 0,19 A/m.

10-masala. Tebranish konturining induktivligi 0,5 Gn. Konturning sig'imi qanday bo'lganda u to'lqin uzunligi 300 m bo'lgan elektromagnit tebranish bilan rezonansda bo'ladi?

Berilgan: $L = 0,5 \text{ Gn}$; $\lambda = 300 \text{ m}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Topish kerak: C - ?

Yechilishi.

Elektromagnit to'lqinning davri bilan to'lqin uzunligi quyidagicha bog'langan:

$$T = \frac{\lambda}{c}.$$

(1)

Tebranish konturining davri quyidagicha teng:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

(2)

(1) formulani (2) formulaga quyamiz:

$$\frac{\lambda}{c} = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Bundan konturning sig'imini aniqlaymiz:

$$C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 Lc^2} = 51 \text{ pF}.$$

4.3-§. MUSTAOIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Uzunligi $0,5\text{ m}$ bo'lgan ipga osilgan kichkina sharcha ipning uzunligiga qaraganda ancha kichik amplituda bilan tebranmoqda. Harakatni to'g'ri chiziqli deb hisoblab, $a_x(x)$ tenglamani yozing. Koordinatalari $0,5$ va -1 sm bo'lgan nuqtalarda sharcha tezlanishining proyeksiyalari qanday?
2. Torning so'nmas tebranma harakat qilayotgan nuqtasining amplitudasi 1 mm , chastotasi 1 kHz . Nuqta $0,2\text{ s}$ ichida qancha yo'l o'tadi?
3. Harakat tenglamasi $x = 0,06\cos 100\pi t$ ko'rinishiga ega. Tebraning amplitudasi, chastotasi va davri qanday?
4. Garmonik tebranish tenglamasi $x = 0,02\cos \pi t$ ko'rinishiga ega. $x(t)$ bog'lanish grafigini yasang. $0,25\text{ s}$ dan keyingi siljish ni; $1,25\text{ s}$ dan keyingi siljishni toping. Javoblarni grafik yordamida tushun-tiring.
5. Ostankino televidion minorasining xususiy tebranish davri $11,4\text{ s}$, shamol ta'sirida tebranganda kuzatilgan maksimal og'ishi $3,5\text{ m}$. Shunday tebranishlardagi maksimal tezlik va tezlanishni toping
6. Kamerton oyoqchasi uchining tebranishlari amplitudasi 1 mm , tebranishlar chastotasi esa 500 Hz . $x(t)$, $v_x(t)$ va $a_x(t)$ tenglamalarni yozing. Tezlik va tezlanishning eng katta qiymatlari qanday? Qanday vaziyatlarda bu qiymatlarga erishish mumkin?
7. Bikrligi 250 N/m bo'lgan prujinaga bog'lab qo'yilganda 16 s ichida 20 marta tebranadigan yukning massasini toping.
8. Uzun rezina arqonga osilgan yuk T davr bilan tebranmoqda edi. Agar arqonning $3/4$ qism uzunligini kesib tashlab, qolgan qismiga yana o'sha yuk osilsa, tebranishlar davri necha marta o'zgaradi? Iloji bo'lsa, javobni tajribada tekshirib bering.
9. Bir xil vaqt ichida bitta matematik mayatnik 50 marta , ikkinchisi 30 marta tebranadi. Agar ulardan biri ikkinchisidan 32 sm kalta bo'lsa, ularning uzunliklarini toping.
10. Yerdan yuqoriga vertikal ravishda 30 m/s^2 tezlanish bilan ko'tarilayotgan raketada mayatnikning tebranish davri necha marta o'zgaradi?
11. Ipga osilgan m massali sharcha tebranmoqda. Agar sharchaga q musbat zaryad berib, u kuch chiziqlari pastga qarab vertikal yo'nalgan, kuchlanganligi E bo'lgan bir jinsli elektr maydonga joylashtirilsa, tebranish chastotasi qanday o'zgaradi?
12. 400 g massali yuk bikrligi 250 N/m bo'lgan prujinaga bog'langan holda tebranmoqda. Tebranishlar amplitudasi 15 sm . Tebranishlarning to'la mexanik energiyasini va yuk harakatining eng katta tezligini toping.
13. Prujinali mayatnik muvozanat vaziyatdan chiqarib turib qo'yib yuborildi. Qancha vaqtdan keyin (davr ulushlarida) tebranayotgan

- jismning kinetik energiyasi prujinaning potensial energiyasiga teng bo'ladi?
14. Bola obkashda suvli chelaklarni ko'tarib bormoqda. Xususiy tebranish davri $1,6$ s. Agar bola qadamining uzunligi 60 sm bo'lsa, harakat tezligi qanday bo'lganda chelaklardagi suv juda kuchli chayqalib to'kila boshlaydi?
 15. Tebranish konturida sig'imi 800 pF bo'lgan kondensator va induktivligi 2 μ H bo'lgan g'altak bor. Konturning xususiy tebranishlar davri qanday?
 16. Agar konturning induktivligini $0,1$ dan 10 μ H gacha, sig'imini esa 50 dan 5000 pF gacha o'zgartirish mumkin bo'lsa, konturdagi xususiy tebranishlar chastotasi diapazoni qanday bo'ladi?
 17. Sig'imi $C = 10\mu F$ bo'lgan kondensator $U = 400$ 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 Q ajraladi?
 18. Tebranish konturi sig'imi $C = 400$ pF bo'lgan kondensatordan va induktivligi $L = 10$ mH bo'lgan g'altakdan iborat. Agar kuchlanish amplitudasi $U_m = 500$ V bo'lsa, tok kuchi amplitudasi I_m ni toping.
 19. Sim ramka bir jinsli magnit maydonda aylantirilganda ramkani kesib o'tuvchi induksiya oqimi vaqt o'tishi bilan $F = 0,01 \cos \pi t$ qonunga asosan o'zgaradi. Hosila F' ni hisoblab, EYuK ning vaqt o'tishi bilan o'zgarishini ifodalovchi $e = e(t)$ formulani yozing. Vaqt hisoblana boshlanganda ramka qanday vaziyatda bo'lgan? Ramkaning aylanish chastotasi qanday? Magnit oqimning va EYuK ning maksimal qiymatlari nimaga teng?
 20. Agar yuzi 500 sm² bo'lgan ramka induksiyasi $0,1$ T bo'lgan bir jinsli maydonda 20 s⁻¹ chastota bilan aylanganda unda hosil bo'ladigan EYuK ning amplituda qiymati 63 V bo'lsa, shu ramkaning nechta chulg'ami bor?

V-BOB. OPTIKA

5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalari

5.2-§. Fotometriya

5.3-§. Yorug'lik interferensiyasi

5.4-§. Yorug'lik difraksiyasi

5.5-§. Yorug'likning qutblanishi

5.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

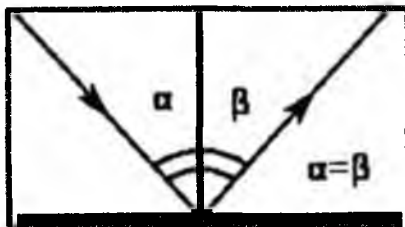
5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalari

- Bir jinsli muhitda yorug'lik nuri to'g'ri chiziali tarqaladi, ya'ni:

$$S = ct$$

bunda S – yorug'likning tarqalish masofasi c – yorug'likning tarqalish tezligi, t – yorug'likning tarqalish vaqti:

- Yorug'lik nurining qaytish qonuni.



Ikki muhit chegarasiga tushuvchi va undan qaytuvchi nurlar bilan tushish nuqtasiga o'tkazilgan normal bitta tekislikda yotib, nurning tushish burchagi α qaytish burchagi β ga tengdir:

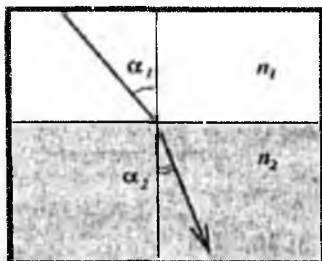
$$\alpha = \beta$$

- Yorug'likning sinishi nurlar ikki muhit chegarasiga tushganda kuzatiladi va quyidagi ikki qonunga bo'vsunadi:

1. Tushgan va singan nurlar ikki muhit chegarasining (chegara sirtining) nur tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar bilan bitta tekislikda yotadi.

2. Berilgan ikki muhit uchun tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati o'zgarmas kattalik bo'lib, ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi deb ataladi:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$$



- Buyumning yassi ko'zgudagi tasviri ham *mavhum*, *to'g'ri*, *buyumga teng* va *ko'zgu tekisligiga nisbatan simmetrik joylashgan bo'ladi*.
- *Egrilik radiusi R* ga teng bo'lgan sferik ko'zguning *fokus masofasi F* va *optik kuchi D* quyidagiga teng:

$$F = \pm \frac{R}{2}$$

$$D = \frac{1}{F} = \pm \frac{2}{R}$$

bunda "+" – *ishora vig'uvchi (botiq) ko'zguna*. "-" – *ishora esa sochuvchi (qavariq) ko'zguna tegishlidir*.

SI sistemasida sferik ko'zguning fokus masofasi metr (m) larda, optik kuchi esa dioptriya (*dptr*) larda o'lchanadi, ya'ni:

$$|F|_{SI} = 1m; \quad |D|_{SI} = |1/F|_{SI} = 1/m = 1 \text{ dptr}$$

- Buyumdan sferik ko'zguna bo'lgan *d masofa* va uning ko'zguan tasvirigacha bo'lgan masofa *f* bo'lsa, ko'zgu fokusini topish formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$$

Agar botiq ko'zguda haqiqiy tasvir hosil bo'lsa formula *F, f* kattaliklar «*musbat*» ("+") – *ishora bilan olinadi. mavhum tasvirida esa faqat kattaligi «manfiy»* ("-") – *ishora bilan olinadi*.

- Ko'zguning chiziqli kattalashtirishi *K* tasvir o'lchami *H* ni buyumning o'lchami *h* ga bo'lgan nisbatiga teng bo'lib, rasmdan ko'rinadiki, uni tasvirdan ko'zguna bo'lgan masofa *f* ni buyumdan ko'zguna bo'lgan masofa *d* ga bo'lib aniqlash mumkin:

$$K = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

- Nisbiy sindirish ko'rsatkichi ikkinchi va birinchi muhit absolyut sindirish ko'rsatkichlari nisbatiga teng:

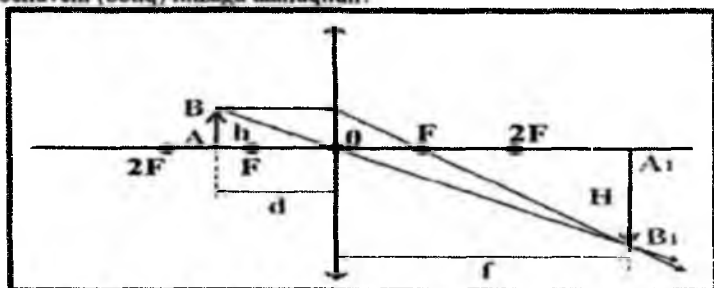
$$n_{12} = \frac{g_1}{g_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

bunda n_1 va n_2 birinchi va ikkinchi muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichlari. Agar $n_{12} > 1$ bo'lsa, ikkinchi muhitni birinchi muhitga nisbatan optik zichligi katta bo'lgan deyiladi.

• Linzaning fokus masofasi F ga teskari kattalik – linzaning optik kuchi D linza moddasining sindirish ko'rsatkichi n va uning sirtlarining egrilik radiuslari R_1 va R_2 orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$D = 1/F = \pm(n-1)\left(1/R_1 - 1/R_2\right)$$

Bunda musbat ("+") ishora yig'uvchi (qavariq) linzaga, manfiy ("-") ishora esa sochuvchi (botiq) linzaga taalluqlidir.



• Linza fokusini topish formulasi buyumdan linzagacha bo'lgan masofa d va uning linzadan tasvirigacha bo'lgan masofa f orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$$

Agar yig'uvchi linzada chin tasvir hosil bo'lsa, F, f kattaliklar musbat ("+") ishora bilan, mavhum tasvir hosil bo'lganda esa kattalik manfiy ("-") ishora bilan olinadi. Sochuvchi linzada faqat mavhum tasvir hosil bo'lganligi uchun F, f kattaliklar manfiy ("-") ishoralar bilan olinadi.

• Linzaning chiziqli kattalashtirishi AB' tasvirning o'lchami H ni buyum AB ning o'lchami h ga nisbatiga teng bo'lib, kattalashtirish K linzadan tasvirigacha bo'lgan d ga nisbatiga teng:

$$K = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

• Lupa ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi ($L_0 = 25 \text{ sm}$) dagi buyumni kattalashtirib berishga imkon beradigan yig'uvchi linza bo'lib, uning chiziqli kattalashishi quyidagiga tengdir:

$$K = H/h = L_0/d$$

bunda F - lunaning fokus masofasi.

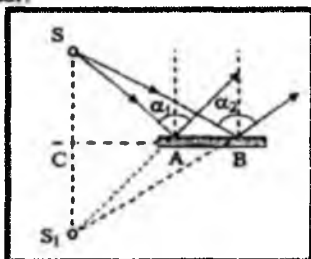
• Mikroskopning kattalashtirishi K obyektivning kattalashtirishi $K_1 = \sigma/F_1$ ni okulyar (lupa)ning kattalashtirishi $K_2 = L_0/F_2$ ga ko'paytmasiga tengdir, ya'ni:

$$K = K_1 \cdot K_2 = (\sigma/F_1)/(L_0/F_2)$$

Bunda σ mikroskop trubkasining uzunligi, F_1 - obyektivning fokus masofasi, L_0 ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi, F_2 - okulyarning fokus masofasi.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Yorug'lik nuqtaviy manbaining yassi ko'zgudagi tasvirini yasang. Tasvir qanday bo'ladi?



Yechilishi.

Yorug'lik nuqtaviy manbaining yassi ko'zgudagi tasvirini hosil qilish uchun ko'zguna tushayotgan ikkita SA va SB ixtiyoriy nurni olamiz.

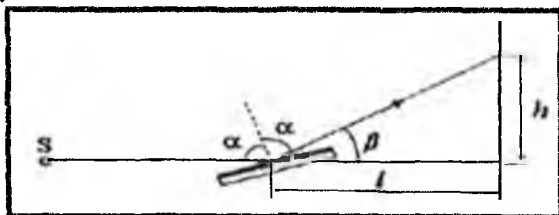
Tasvirni yorug'likning qaytish qonuni asosida hosil qilamiz, ya'ni tushuvchi nur, qaytgan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan chiqarilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. Qaytish burchagi tushish burchagi α ga teng. Ushbu qonunga asosan biz tanlagan ikkita nur ko'zguna tushadi va tushish burchagiga teng bo'lgan burchak ostida qaytadi. Tasvirni ikkita nurni qarama-qarshi tomonga kesishguncha davom ettirish yo'li bilan topish mumkin. Bu S_1 nuqta bo'lib, u S nuqtaning yassi ko'zgudagi tasviri bo'ladi. Bu tasvir mavhum tasvir deb ataladi, chunki S_1 nuqtada qaytgan nurlarning o'zi emas, balki ularning davomlari kesishadi; bu nuqtaga yorug'lik energiyasi tushmaydi.

2-masala. Gorizontaal yo'naltirilgan yorug'lik nur vertikal joylashgan ekranga tushadi. Yorug'lik nuri yo'lga uncha katta bo'lmagan ko'zgu joylashtirilganda, ekrandagi yorug' dog'(nuqta) $h = 5,2 \text{ sm}$ yuqori-ga ko'tarilgan. Ko'zgudan ekrangacha bo'lgan masofa $l = 60 \text{ sm}$ bo'lsa, nurning ko'zgu chacha tushish burchagini toping.

Berilgan: $h = 5,2 \text{ sm}$; $l = 60 \text{ sm}$.

Topish kerak: α — ?

Yechilishi.



Ushbu masala chizma asosida yechiladi. Bu yerdan ko'rinadiki, nurning α tushish burchagi bilan ko'zguning gorizontga nisbatan β og'ish burchagi quyidagicha bog'langan:

$$\beta = 180^\circ - 2\alpha \quad (1)$$

Ko'zguning gorizontga nisbatan β og'ish burchagi quyidagicha aniqlaniladi:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{l} \approx 0,0867. \quad (2)$$

Bundan $\beta = 5^\circ$.

(1) va (2) ifodalardan nurning α tushish burchagini topamiz:

$$\alpha = 87^\circ 30'$$

3-masala. Biror muhitdagi yorug'likning tarqalish tezligi 240000 km/s . Havodan shu muhit sirtiga yorug'lik 30° burchak ostida tushmoqda. Mazkur nurning sinish burchagi aniqlansin.

Berilgan: $\mathcal{G} = 24000 \text{ km/s} = 2,4 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $\alpha = 30^\circ$.

Topish kerak: β — ?

Yechilishi.

Muhitning havoga nisbatan sindirish ko'rsatkichi

$$n = \frac{c}{\mathcal{G}} \quad (1)$$

Bunda c va \mathcal{G} mos ravishda yorug'likning havodagi va muhitdagi tezliklari

Sinish qonuniga asosan

$$n_m = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (2)$$

(1) va (2) ni taqqoslab quyidagi natijaga kelimiz:

$$\frac{c}{g} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Bundan

$$\sin \beta = \frac{g}{c} \sin \alpha$$

Demak,

$$\beta = \arcsin\left(\frac{g}{c} \sin \alpha\right)$$

Hisoblaymiz :

$$\beta = 24^{\circ}$$

4-masala. Shishaning suvga nisbatan sindirish ko'rsatkichi $1,16$. Shishaning absolyut sindirish ko'rsatkichi esa $1,54$. Yorug'likning suvdagi tezligi aniqlansin.

Berilgan: $n = 1,16$; $n_{sh} = 1,54$; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Topish kerak: g — ?

Yechilishi.

Shishaning suvga nisbatan sindirish ko'rsatkichi (n) shishaning absolyut sindirish ko'rsatkichi (n_{sh}) va suvning absolyut sindirish ko'rsatkichi n_c o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$n = \frac{n_{sh}}{n_c}$$

Bundan

$$n_c = \frac{n_{sh}}{n}$$

Ikkinchi tomondan, suvning absolyut sindirish ko'rsatkichi yorug'likning vakuumdagi tezligi (c) va suvdagi tezligi (g_c) orasida

$$n_c = \frac{c}{g_c}$$

munosabat o'rinli. (1) va (2) ni taqqoslab quyidagi natijaga kelamiz.

$$\frac{n_{sh}}{n_c} = \frac{c}{g_c}$$

Bundan

$$g = \frac{n_c \cdot c}{n_{sh}}$$

Hisoblaymiz:

$$g_c = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

5-masala. Shisha–havo sirtidan yorug‘lik to‘la qaytishining chegaraviy burchagi 41° . Yorug‘likning shishada tarqalish tezligi aniqlansin.

Berilgan: $\alpha = 41^\circ$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Topish kerak: g — ?

Yechilishi.

To‘la aaytish sodir bo‘ladigan chegaraviy burchagini quyidagi shart bo‘yicha topamiz:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_x}{n_{sh}}$$

(1)

Ikkinchi tomondan

$$\frac{n_x}{n_{sh}} = \frac{g}{c}$$

(2)

(1) va (2) formulalardan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\sin \alpha_0 = \frac{g}{c}$$

Bundan yorug‘likning tarqalish tezligini topamiz:

$$g = c \cdot \sin \alpha_0$$

Bu ifodaga kattaliklar qiymatlarini qo‘yib hisoblaymiz va quyidagi natijani olamiz:

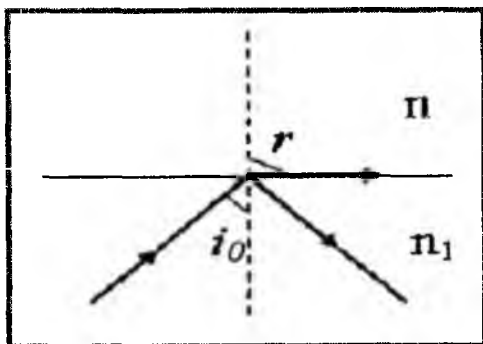
$$g \approx 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

6-masala. Shisha va suv ajratilgan chegarasidagi yorug‘lik to‘la qaytishining chegaraviy burchagi topilsin.

Berilgan: $n_1 = 1,5$; $n_2 = 1,33$.

Topish kerak: i_0 - ?

Yechilishi.



To'la qaytish sodir bo'ladigan chegaraviy burchagini quyidagi shart bo'yicha topamiz:

$$\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

Bundan

$$i_0 = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

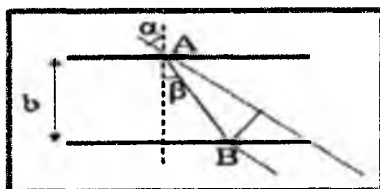
$$i_0 = \arcsin\left(\frac{1,33}{1,5}\right) \approx 1,08 \text{ rad}$$

7-masala. Yorug'lik nuri qalindligi 2 sm bo'lgan shaffof plastinkaga sinusi $0,8$ bo'lgan burchak ostida tushmoqda. Nur plastinkadan chiqishida qancha masofaga siljiydi? Plastinka moddasining sindirish ko'rsatkichi $4/3$.

Berilgan: $b = 2 \text{ sm}$; $\sin \alpha = 0,8$; $n = 4/3$.

Topish kerak: $x - ?$

Yechilishi.



Yorug'likning sinish qonuni

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Ushbu qonun bo'yicha sinish sinusini topamiz:

$$\sin \beta = n \sin \alpha = 0,6$$

Nurning siljishi quyidagiga teng (*rasmdan*):

$$x = |AB| \sin(\alpha - \beta) = \frac{b}{\cos \beta} \sin(\alpha - \beta) \quad (1)$$

$\sin(\alpha - \beta)$ ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha \quad (2)$$

(2) formulani (1) ifodaga qo'yamiz va quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$x = \frac{b}{\cos \beta} (\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha)$$

Ushbu ifodaga quyidagi qiymatlarini qo'yamiz va siljish masofasini topamiz:

$$\sin \alpha = 0,8; \cos \alpha = 0,6; \sin \beta = 0,6; \cos \beta = 0,8; x = 7 \text{ mm.}$$

8-masala. Tasvirdan sochuvchi linzagacha bo'lgan masofa $0,75$ fokus masofasini tashkil qiladi. Predmetdan linzagacha bo'lgan masofa fokus masofasidan qancha marta katta?

Berilgan: $f = 0,75F$.

Topish kerak: $d/F - ?$

Yechilishi. Sochuvchi linza formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$$

Sochuvchi linzada mavhum tasvir hosil bo'ladi. Mazkur formulaga $f = 0,75F$ qo'yamiz va $d = 3F$ ifodani olamiz. Bundan quyidagi nisbatni olamiz:

$$\frac{d}{F} = 3$$

9-masala. Ikkita nuqtaviy yorug'lik manbai bir-biridan 24 sm masofada joylashgan. Ular orasiga, yorug'lik manbalarining biridan 6 sm masofada yig'uvchi linza joylashtirilgan. Bunda ikkita manbaning tasviri aynan bir nuqtada hosil bo'ladi. Linzaning fokus masofasini toping.

Berilgan: $d_1 = 18 \text{ sm}; d_2 = 6 \text{ sm}$.

Topish kerak: $F - ?$

Yechilishi. Ushbu holat mumkin bo'ladi agar manbalardan biri haqiqiy ikkinchisi esa mavhum bo'lsa.

Mazkur holat uchun linza tenglamalarini yozamiz:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

Bu yerda $d_1 = 18 \text{ sm}$; $d_2 = 6 \text{ sm}$. Bu tenglamalarni qo'shamiz va quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{2}{F}$$

bu yerdan linzaning fokus masofasini topamiz:

$$F = \frac{2d_1 d_2}{d_1 + d_2} = 9 \text{ sm.}$$

10-masala. Daraxt 10 m masofada suratga olingan. Fotoapparat obyektivining optik kuchi $12,6 \text{ dptr}$ ga teng. Fotoplyonkada daraxt poya-sining tasviri 2 mm . Poyaning diametri topilsin.

Berilgan: $d = 10 \text{ m}$; $D = 12,6 \text{ dptr}$; $l = 0,75 \text{ m}$.

Topish kerak: $l - ?$

Yechilishi.

Ob'yektiv uchun linza formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D \quad (1)$$

Obyektivning kattalashtirishi quyidagiga teng:

$$K = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalardan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$K = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = \frac{1}{dD - 1} \quad (3)$$

Poyaning diametri quyidagiga teng:

$$h = \frac{H}{K} = H(dD - 1) = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ sm.}$$

5.2-6. Fotometriva

• Yorug'lik oqimi. Berilgan yorug'lik manбайдan vaat birligi ichida taraqlavotgan energiva miadori yorug'lik oqimi deviladi. Yorug'lik oqimi yorug'lik taraqlishi quvvatining kattaligini beradi. Yorug'lik oqimi quyidagi formula bilan anialaniladi:

$$F = \frac{W}{t},$$

bu yerda W – vorug'lik energiyasi, t – vaqt.

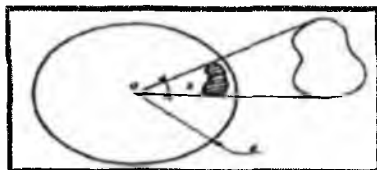
• Yorug'lik manbaidan vaqt birligi ichida hamma yo'nalishda tarqalayotgan yorug'lik energiyasining miqdori manbaning to'la yorug'lik oqimi deyiladi va F_0 harfi bilan belgilaniladi.

• Fazoviy burchak. Yorug'lik manbaidan har xil yo'nalishlar bo'ylab tarqaladigan yorug'lik oqimining taqsimlanishini tavsiflash uchun fazoviy burchak degan tushunchadan foydalaniladi. Sfera sirtidan yuzasi S bo'lgan sferik sigment ajratib olsak, fazoviy Ω burchak ushbu yuzaning sfera radiusining kvadratiga nisbatiga teng bo'ladi:

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

Nuqta atrofidagi butun fazoni qamrovchi to'liq fazoviy burchak quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi.$$



• Yorug'lik kuchi. Yorug'lik manbaini tavsiflash uchun, vorug'lik texnikasida vorug'lik kuchi deb ataladigan kattalik o'laniladi. Yorug'lik oqimi F ning bu oqim taraqadigan fazoviy burchak Ω ga nisbati bilan o'lanadigan kattalik manbaning vorug'lik kuchi deb ataladi va I harfi bilan belgilanadi:

$$I = \frac{F}{\Omega}$$

• Yoritilganlik. Biror sirtga tushavotgan vorug'lik oqimi F ning shu sirt yuzi S ga bo'lgan nisbati bilan o'lanadigan kattalik yoritilganlik deb ataladi va E harfi bilan belgilanadi:

$$E = \frac{F}{S}$$

- Yorug'lik kuchi I bo'lgan nuqtaviy manba atrofini radiusi R bo'lgan shar yoki sfera bilan o'ralgan bo'lsa, bu sirtning yoritilganligi:

$$E = \frac{F_0}{S} = \frac{F_0}{4\pi R^2}.$$

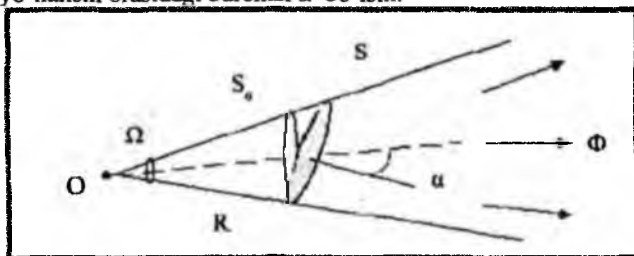
- Agar manbaning yorug'lik kuchi I bo'lsa, to'la yorug'lik oqimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_0 = 4\pi I.$$

- Yuzaning yoritilganligi yuzadan manbagacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir:

$$E = \frac{F_0}{S} = \frac{F_0}{4\pi R^2} = \frac{4\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{R^2}.$$

- Faraz qilamiz ikkita maydonchaga yorug'lik oqimi tushayotgan bo'lsin. Birinchi maydoncha yuzasi S_0 bo'lib, u yorug'lik oqimiga perpendikulyar joylashgan. Ikkinchi maydoncha yuzasi S bo'lib, u ma'lum bir burchak ostida joylashgan. Ikkinchi maydoncha yuzasiga tushirilgan normal bilan yorug'lik oqimining yo'nalishi orasidagi burchak α bo'lsin.



Ushbu holda yorug'lik oqimi bir xil ammo ikkala maydoncha uchun yoritilganligi har xil bo'ladi:

$$E = \frac{F}{S}, \quad E_0 = \frac{F}{S_0}$$

Bu formulalardan quyidagi munosabatni hosil qilamiz:

$$\frac{E}{E_0} = \frac{S_0}{S} = \cos \alpha,$$

bundan

$$E = E_0 \cos \alpha$$

Demak, yuzaning yoritilganligi shu yuzaga tushirilgan normal bilan yorug'lik oqimining yo'nalishi orasidagi burchakning kosinusiga to'g'ri proporsionaldir.

• Yuzaning yoritilganligi manba yorug'lik kuchiga va burchakning kosinusiga to'g'ri proporsionaldir, manbadan yuzagacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha .$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Yorug'lik kuchi 200 kd bo'lgan yorug'lik manbaidan 2 m uzoqlikda joylashgan va yuzasi 10 sm^2 bo'lgan sirtning yoritilganligi aniqlansin.

Berilgan: $I = 200 \text{ kd}$; $r = 2 \text{ m}$; $S = 10 \text{ sm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$.

Topish kerak: $F - ?$

Yechilishi.

Yorug'lik manbai radiusi r bo'lgan sferaning markazida joylashgan deb faraz qilamiz. Biz yoritilganligini aniqlamoqchi bo'lgan S yuza makur sferaning bir qismni tashkil qiladi. U holda sirtning yoritilganligi:

$$E = \frac{I}{r^2},$$

(1)

Sababi $\alpha = 0$

Yoritilganlik yorug'lik oqimi bilan quyidagicha bog'lagan:

$$E = \frac{F}{S}.$$

(2)

(1) va (2) ifodalarning o'ng tomonlarini tenglashtirib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{I}{r^2} = \frac{F}{S}$$

(3)

Bundan F ni aniqlaymiz:

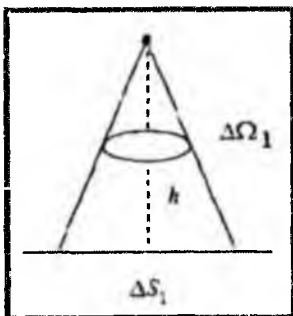
$$F = \frac{IS}{r^2} = 0,05 \text{ lm}.$$

2-masala. Stol markazidan $h=2 \text{ m}$ masofanda yorug'lik kuchi $I = 100 \text{ kd}$ bo'lgan elektr lampochka osilib turibdi. Agar stol aylanasi radiusi $b = 0,5 \text{ m}$ bo'lsa, stol markazida va uning chetlaridagi yoritilganlik aniqlansin.

Berilgan: $I = 100 \text{ kd}$; $b = 0,5$; $h = 2 \text{ m}$.

Topish kerak: $E_1 - ?$; $E - ?$.

Yechilishi.



Yorug'lik kuchi yo'nalishga bog'liq emas. Stol markazidagi yoritilganlik:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta S} \quad (1)$$

bu yerda ΔS stol sirti markazining uncha katta bo'lmagan qismi, ΔF – ushbu yuzaga tushayotgan yorug'lik oqimi.

Yorug'lik oqimi ΔF bilan yorug'lik kuchi deb ataladi va I harfi bilan belgilanadi:

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta \Omega} \quad (2)$$

Ushbu formuladan F ni aniqlaymiz:

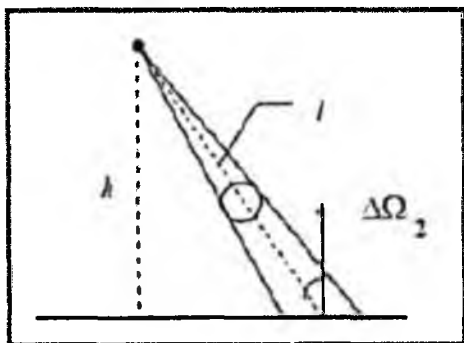
$$\Delta F = I \Delta \Omega_1 \quad (3)$$

Fazoviy burchak:

$$\Delta \Omega = \frac{\Delta S}{h^2} \quad (4)$$

(1), (3) va (4) ifodalardan quyidagini olamiz:

$$E = \frac{I \cdot \Delta S}{\Delta S_1 \cdot h^2} = \frac{I}{h^2} = 25 \text{ lk}.$$



Stol markazida va uning chetlaridagi yoritilganlikni quyidagicha aniqlaymiz:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta S_2} = \frac{I \Delta \Omega}{\Delta S_2}$$

$$\Delta \Omega_2 = \frac{\Delta S_2 \cos i}{l^2} = \frac{\Delta S_2 h}{l^3}$$

$$E = \frac{I \Delta S_2 h}{\Delta S_2 l^2} = I \frac{h}{l^3} = I \frac{h}{(h^2 + b^2)^{3/2}} = 22,8 \text{ lk.}$$

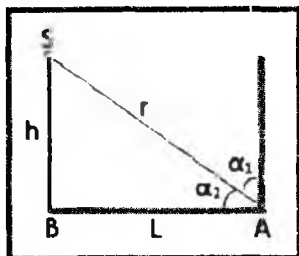
Javobi: $E_1 = 25 \text{ lk}$; $E_2 = 22,8 \text{ lk}$.

3-masala. Yorug'lik kuchi $I = 100 \text{ kd}$ bo'lgan elektr lampochka vertikal devordan $L = 10 \text{ m}$ uzoqlikda, yerdan $h = 6 \text{ m}$ balandlikda osilgan. A nuqtadagi gorizontal sirt va devorning yoritilganliklari aniqlansin va ular o'zaro solishtirilsin.

Berilgan: $I = 100 \text{ kd}$; $l = 10 \text{ m}$; $h = 6 \text{ m}$.

Topish kerak: $E_1 - ?$; $E_2 - ?$; $E_2/E_1 - ?$.

Yechilishi.



Yuzaning yoritilganligini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha, \quad (1)$$

bu yerda r – manbada yoritilganlik anialanavotgan nuqtagacha bo'lgan masofa, α_1 – yorug'likning AB sirtga tushish burchagi. Rasmdan ko'rinadiki, r masofa va burchak kosinusi:

$$r = \sqrt{h^2 + l^2}, \quad (2)$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{r} = \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}}. \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ifodaga qo'yamizva quyidagini olamiz:

$$E_1 = \frac{Ih}{(h^2 + l^2)\sqrt{h^2 + l^2}} = 0,36 lk.$$

A nuqtadagi vertikal devor yoritilganligi:

$$E_2 = \frac{I}{r^2} \cos \alpha_2, \quad (4)$$

bu yerda α_2 – yorug'likning vertikal sirtga tushish burchagi. Rasmnidan ko'rinadiki, r masofa va burchak kosinusi:

$$r = \sqrt{h^2 + l^2}, \quad (5)$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{l}{r} = \frac{l}{\sqrt{h^2 + l^2}}. \quad (6)$$

(5) va (6) ifodalarni (4) ifodaga qo'yamiz va quyidagini olamiz:

$$E_2 = \frac{Il}{(h^2 + l^2)\sqrt{h^2 + l^2}} = 0,72 lk.$$

Yoritilganliklarning o'zaro nisbati:

$$\frac{E_2}{E_1} = 2.$$

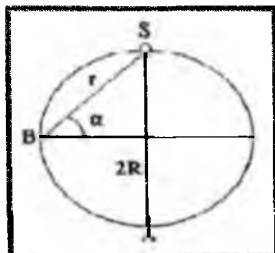
Javobi: $E_1 = 0,36 lk$; $E_2 = 0,72 lk$; $E_2/E_1 = 2$.

4-masala. Rasmda ko'satilgan sharning yuqori nuqtasida S yorug'lik manbai joylashgan. Manbaning yorug'lik kuchi - I , shar radiusi - R . A, B nuqtalardagi va sharning o'rtacha yoritilganligi topilsin.

Berilgan: I, R .

Topish kerak: $E_A - ?$; $E_B - ?$; $E_0 - ?$.

Yechilishi.



Nuqtaning yoritilganligi manba yorug'lik kuchiga quyidagicha bog'langan;

$$E_A = \frac{I}{(2R)^2} = \frac{I}{4R^2},$$

$$E_B = \frac{I}{r^2} \cos \alpha.$$

Rasmdan ko'rinadiki, $r^2 = 2R^2$, $\alpha = 45^\circ$ binobarin

$$E_B = \frac{I}{2R^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{I}{4R^2} \sqrt{2}.$$

$$E_0 = \frac{F}{S},$$

Sharning o'rtacha yoritilganligi:

bu yerda F – sferaning ichki sirtiga tushayotgan yorug'lik oqimi, S – sfera sirtining yuzasi. Mazkur holda $\Omega = 2\pi$. Bu ma'lumotlar asosida o'rtacha yoritilganlikni aniqlaymiz:

$$F = \Omega I = 2\pi I,$$

$$E_0 = \frac{2\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{2R^2}.$$

Javobi: $E_A = \frac{I}{4R^2}; E_B = \frac{I}{4R^2} \sqrt{2}; E_0 = \frac{I}{4R^2} \sqrt{2}.$

5.3-8. Yorug'lik interferensiyasi

Ikki kogerent to'liqin interferensiyalanishida ekranda hosil bo'ladigan ikki qo'shni interferension yo'llar orasidagi masofa:

$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$$

bu yerda l – ekrandan yorug'lik manbalarigacha bo'lgan masofa, d – yorug'lik manbalari orasidagi masofa.

Havoda joylashgan yassi parallel plastinkadan qaytgan yorug'lik to'lqinlarining optik yo'llari farqi:

$$\Delta = 2hn \cos \beta + \frac{\lambda}{2}$$

bu yerda h – plastinka aalinligi, β – sinish burchagi, n – plastinkaning sindirish ko'rsatkichi.

Interferensiya paytida yorug'lik to'lqinlari intensivligining maksimumga erishish sharti:

$$\Delta = \pm k\lambda$$

bu yerda $k=0,1,2,3,\dots$

Minimum sharti:

$$\Delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

Yuyuton yorug' va qorong'i halqalarining radiuslari:

$$r_m = \sqrt{\frac{R\lambda}{2}(m-1)}$$

bu yerda $m=1,2,3,\dots$

Qaytgan yorug'likda juft m larga yorug', toqlariga esa qorong'i halqalarning radiuslari mos keladi, o'tgan yorug'likda buning aksicha

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Yung tajribasida to'lqin uzunligi $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ sm bilan yoritilgan teshiklar o'rtasidagi masofa 1 mm teshikdan ekrangacha bo'lgan masofa 3 m. Uchta birinchi yorug'lik yo'llarining vaziyati topilsin.

Berilgan: $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ sm = $6 \cdot 10^{-7}$ m; $d = 1$ mm = $1 \cdot 10^{-3}$ m; $L = 3$ m

Topish kerak: x_1 - ?; x_2 - ?; x_3 - ?

Yechilishi:

Masala shartiga ko'ra, yorug'lik yo'llar vaziyati deyilganiga qarab, biz yo'llar farqini maksimum holatini topamiz. Bunga ko'ra

$$x_{\pm} = k \frac{L\lambda}{d}$$

ifoda orqali aniqlanad.

$$x_1 = \frac{L\lambda}{d}, \quad x_2 = 2x_1, \quad x_3 = 3x_1$$

ga teng bo'lishini aniqlab olamiz va hisoblash amalini bajaramiz.

U holda birinchi uchta yorug' yo'llar vaziyati

$$x_1 = 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \quad x_2 = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \quad x_3 = 5.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

ga teng bo'ladi.

$$\text{Javob: } x_1 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_2 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_3 = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

2-masala. Sovun pufagiga ($n=1,33$) 45° burchak bilan oq yorug'lik tushmoqda. Pufak pardasi qanchalik yupqa bo'lganida qaytgan nurlar sariq rangga ($\lambda=6 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$) bo'yaladi.

Berilgan: $\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ sm} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}; \quad n = 1,33; \quad i = 45^\circ$

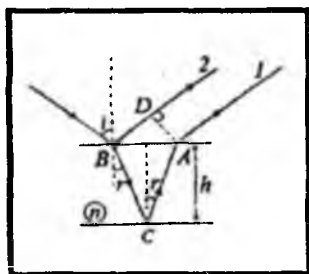
Topish kerak: h — ?

Yechilishi:

Bu masalani yechishda yupqa parda interferensiyasining maksimumlik sharti qonunyatidan foydalanamiz. Chizmadan 1 va 2 nurlar yo'llar farqi butun sondagi

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} + n(AC + BC) - AD = k\lambda$$

k- butun sondagi to'lqin uzunligi



Bu yerda 1-nurning optik zichligi kattaroq bo'lgan muhitdan qaytganda elektromagnit maydon fazasi qarama-qarshiga o'zgarib, $\lambda/2$ qo'shiluvchiga o'zgaradi. n ko'paytuvchi muhitdagi yorug'lik tezligini S yo'ldagi shu muhitdagi faza o'zgarishi $\Delta\varphi$, vakumdagi nS yo'ldagi kabi bo'ladi:

Quyidagi

$$\Delta\varphi = \frac{\omega S}{v} = \frac{n\omega S}{c}$$

ifodadan

$$AC = BC = \frac{h}{\cos r}, \quad AD = 2h \sin i \cdot \operatorname{tgr},$$

foydalanamiz.

Huddi shunday sinish

$$\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$

qonunini qo'llab, tenglikga ega bo'lamiz

Bundan,

$$h = \frac{\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}$$

hosil bo'ladi.

Eng kichik yupqa parda uchun $k = 1$ bo'ladi. U holda oxirgi tenglikdan $h = 0,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ni hisoblab topamiz.

Bu masalani yechimidan quydagi fikr kelib chiqadi: yupqa pardaning qalinligi hamda nurning tushush burchagini o'zgarishi bilan qaytgan nurlar rangi ham o'zgarishi mumkin ekan.

Javob: $h = 0,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

3-masala. Uzunligi $l = 1,2 \text{ mm}$ bo'lgan yo'lga tebranish chastotasi $\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ bo'lgan monoxromatik yorug'likning nechta to'lqin uzunligi joylashadi: 1) vakuumda; 2) shishada?

Berilgan: $l = 1,2 \text{ mm}; \nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Topish kerak: N_1 — ?; N_2 — ?

Yechilishi:

$$L = \lambda N$$

$$L = l \cdot n$$

$$\lambda N = l \cdot n$$

$$N = \frac{l \cdot n}{\lambda}$$

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

$$N_1 = \frac{l \cdot n_1 \cdot \nu}{c} = 2 \cdot 10^3$$

$$N_2 = \frac{l \cdot n_2 \cdot \nu}{c} = 3 \cdot 10^3$$

$$\text{Javob: } N_1 = 2 \cdot 10^3; N_2 = 3 \cdot 10^3$$

4-masala. Monoxromatik yorug'likning interferensiyalanuvchi ikkita to'lqinlari orasidagi optik yo'l farqi $\Delta = 0,3 \lambda$; fazalar farqi $\Delta\varphi$ aniqlansin.

Berilgan: $\Delta = 0,3 \lambda$

Topish kerak: $\Delta\varphi$ — ?

Yechilishi:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} = 0,6\pi$$

$$\text{Javob: } \Delta\varphi = 0,6\pi$$

5-masala. Yung tajribasida tirqishlar orasidagi masofa $d = 0,8 \text{ mm}$ to'lqin uzunli $\lambda = 640 \text{ nm}$. Interferensiyon yo'llarning kengligi $b = 2 \text{ mm}$ bo'lishi uchun ekranni tirqishdan qanday l masofada joylashtirish kerak?

Berilgan: $d = 0,8 \text{ mm} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $\lambda = 640 \text{ nm} = 64 \cdot 10^{-8} \text{ m}$;

$b = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Topish kerak: l — ?

Yechilishi:

$$l = \frac{b \cdot d}{\lambda} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Javob: } l = 2,5 \text{ m}$$

5.4-8. Yorug'lik difraksiyasi

Sferik to'lqin doiraviy tirqish orqali o'tganda Frenel k - zonasining radiusi:

$$\rho_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}} k\lambda$$

bu yerda a - muqtaviv yorug'lik manbaidan doiraviy tirgishli diafragma gacha bo'lgan masofa, b - difrakcion manzara kuzatilavotgan ekrandan diafragma gacha bo'lgan masofa, k - frenel zonasining nomeri.

Difrakcion panjaraga nurlar normal tushganda kuzatiladigan Fraungofer difraksiyasida intensivlikning bosh maksimumlari hosil bo'lishi sharti:

$$d \sin \varphi = \pm k\lambda$$

bu yerda d - panjara doimiyisi, k - bosh maksimum nomeri, φ - difraksiya burchagi.

Difrakcion panjaraning burchak dispersiyasi:

$$D_\varphi = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi}$$

bu yerda $\delta\varphi$ - to'lain uzunligi bo'vicha $\delta\lambda$ ga fara ailadigan spektral chiziqlar orasidagi burchakli masofa.

Difrakcion panjaraning chiziqli dispersiyasi:

$$D_l = \frac{\delta l}{\delta\lambda}$$

bu yerda δl - to'lain uzunligi bo'vicha $\delta\lambda$ ga fara ailadigan spektral chiziqlar orasidagi chiziqli masofa.

Kichik difraksiya burchaklari uchun:

$$D_l \approx F D_\varphi$$

Teleskop obyektivining ajratish kuchi:

$$R = \frac{D}{1,22\lambda}$$

bu yerda D - obvektiv kirish tiraishining diametri.

Bulf – Bregg formulasi:

$$2d \sin \psi = k\lambda$$

bu yerda d - kristallning atom tekisliklari orasidagi masofa, ψ - sirpanish burchagi, k - spektr tartibi.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. $d = 4 \text{ mm}$ diametrli dumaloq tirqishli diafragma monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 0,5 \text{ mkm}$) nurlarining parallel dastasi tik ravishda tushadi. Kuzatish nuqtasi tirqish o'qida va undan $b = 1 \text{ m}$ masofada joylashgan. Tirqishda necha Frenel zonasini joylashadi?

Berilgan: $d = 4 \text{ mm} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $\lambda = 0,5 \text{ mkm}$; $b = 1 \text{ m}$

Topish kerak: k — ?

Yechilishi:

$$\begin{aligned} d &= 2 \cdot \rho \\ \rho^2 &= b \cdot k \cdot \lambda \\ k &= \frac{\rho^2}{b \cdot \lambda} = 8 \end{aligned}$$

Javob: $k = 8$

2-masala. Yassi yorug'lik to'liqini ($\lambda = 0,5 \text{ mkm}$) $d = 1 \text{ sm}$ diametrli dumaloq tirqishli diafragma tik ravishda tushadi. Tirqish: 1) Frenelning bitta zonasini; 2) Frenelning ikkita zonasini ochishi uchun kuzatish nuqtasi tirqishdan qanday b masofada turishi kerak?

Berilgan: $\lambda = 0,5 \text{ mkm} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$; $d = 1 \text{ sm} = 0,01 \text{ m}$

Topish kerak: b — ?

Yechilishi:

$$\begin{aligned} d &= 2 \cdot \rho \\ \rho^2 &= b \cdot k \cdot \lambda \\ b &= \frac{\rho^2}{k \cdot \lambda} = \frac{d^2}{4 \cdot k \cdot \lambda} \\ b_1 &= \frac{d^2}{4 \cdot \lambda} = 50 \text{ m} \\ b_2 &= \frac{d^2}{8 \cdot \lambda} = 25 \text{ m} \end{aligned}$$

1) $k=1$

2) $k=2$

Javob: $b_1 = 50 \text{ m}$; $b_2 = 25 \text{ m}$

3-masala. Kengligi $a = 0,05 \text{ mm}$ bo'lgan tirqishga monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 0,6 \text{ mkm}$) tik tushadi. Yorug'lik dastasining dastlabki yo'nalishi va

to'rtinchi qorong'u difraksiyon yo'ldagi yo'nalishi orasidagi burchak φ aniqlansin.

Berilgan: $a = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Topish kerak: φ — ?

Yechilishi:

$$a \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$$

$$\varphi = \arcsin \frac{k \cdot \lambda}{a} = 2^{\circ} 45'$$

Javob: $\varphi = 2^{\circ} 45'$

4-masala. Tor tirqishga monoxromatik yorug'lik tik ravishda tushadi. Ikkinchi yorug' difraksiyon yo'lga mos keluvchi yorug'lik dastasining og'ish burchagi $\varphi = 1^{\circ}$. Tirqish kengligi tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligining nechταςiga teng?

Berilgan: $\varphi = 1^{\circ}$

Topish kerak: N — ?

Yechilishi:

$$a \cdot \sin \varphi = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$k = 2$$

$$a \cdot \sin \varphi = \frac{5}{2} \cdot \lambda$$

$$a = \frac{5 \cdot \lambda}{2 \cdot \sin \varphi} = 143 \lambda$$

$$N = 143$$

Javob: $N = 143$

5-masala. Agar monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 0,6 \text{ mkm}$) holida kuzatilganda beshinchi tartibli maksimum $\varphi = 18^{\circ}$ burchakka og'gan bo'lsa, difraksiyon panjaraning har bir millimetrida nechtdan shtrix bor?

Berilgan: $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $\varphi = 18^{\circ}$

Topish kerak: N - ?

Yechilishi:

$$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$$

$$k = 5$$

$$d = \frac{l}{N}$$

$$\frac{l}{N} \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$$

$$N = \frac{l \cdot \sin \varphi}{k \cdot \lambda} = 103$$

Javob: $N = 103$

5.5-8. Yorug'likning qutblanishi

Tabiiy yorug'lik dielektrikdan qaytganda Frenel formulari o'rinli bo'ladi:

$$I_{\perp} = 0,5 I_0 \left[\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right]^2$$

$$I_{\parallel} = 0,5 I_0 \left[\frac{\operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \right]^2$$

bu yerda I_0 - tushavotgan tabiiy yorug'lik intensivligi. I_{\perp} - yorug'lik to'laini kuchlanganligi vektori E ning tebranishlari tushish tekisligiga perpendikulvar bo'lgan qavtgan yorug'lik intensivligi. I_{\parallel} - yorug'lik to'laini kuchlanganligi vektori E ning tebranishlari tushish tekisligiga parallel bo'lgan qavtgan yorug'lik intensivligi. α - tushish burchagi. β - sinish burchagi.

Berilgan sirtning qaytarish koeffitsienti:

$$R = \frac{(n - n_0)^2}{(n + n_0)^2}$$

bu yerda n_0 - yorug'lik taraalavotgan muhitning sindirish ko'rsatkichi. n - sirtidan yorug'lik qaytavotgan muhitning sindirish ko'rsatkichi.

Yorug'lik dielektrikdan qaytganda qaytgan nurning to'la qutblanish sharti (Bryuster qonuni):

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n$$

bu yerda α_B - nurning tushish burchagi, n - nisbiv sindirish ko'rsatkichi.

Polyarizator (qutblagich) va analizatordan o'tgan yorug'likning intensivligi (Malysus qonuni):

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

bu yerda φ – polvarizator (autblagich) va analizatorlar bosh tekisliklari orasidagi burchak, I_0 – polvarizator (autblagich) dan o'tgan yorug'lik intensivligi.

Qutblanish tekisligining burilish burchagi $\varphi = \alpha l$, bu yerda α – moddaning tabiatiga va yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgan burilish doimiyisi, l – yorug'likning modda ichida o'tgan yo'li.

Eritmalar uchun $\varphi = \alpha' S$, bu yerda S – moddaning eritmadagi konpentratsiyasi, α' – solishtirma burilish.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Suvda tarqalayotgan tabiiy yorug'lik dastasi suvga botirilgan yoqutning yuzasidan qaytadi. Tushish burchagi ε_B ning qanday qiymatida qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'ladi?

Berilgan: $n_{\text{suv}} = 1,33$

Topish kerak: ε_B - ?

Yechilishi:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\varepsilon_B = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1} = 61^\circ 12'$$

Javob: $\varepsilon_B = 61^\circ 12'$

2-masala. Yorug'lik dastasining suyuqlik bilan havo chegarasidagi to'la qaytgan chegaraviy burchagi $\varepsilon_1 = 43^\circ$. Nurning havodan shu suyuqlik sirtiga tushishi uchun Bryuster burchagi ε_B qanday bo'lishi lozimligi aniqlansin.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 43^\circ$

Topish kerak: ε_B — ?

Yechilishi:

$$\sin \varepsilon_1 = \frac{1}{n}$$

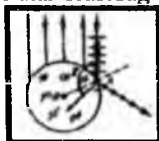
$$n = \frac{1}{\sin \varepsilon_1}$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n = \frac{1}{\sin \varepsilon_1}$$

$$\varepsilon_B = \arctg \frac{1}{\sin \varepsilon_1} = 55^\circ 45'$$

Javob: $\varepsilon_B = 55^\circ 45'$

3-masala. Tabiiy yorug'lik dastasi shishi ($n=1,54$) sharga tushadi. A nuqtadagi singan va tushayotgan dastalar orasidagi γ burchak topilsin (1-rasm).



1-rasm.

Berilgan: $n = 1,54$

Topish kerak: γ — ?

Yechilishi:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n$$

$$\varepsilon_B = \arctg n$$

$$\frac{\sin \varepsilon_B}{\sin \beta} = n$$

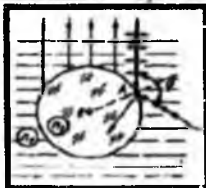
$$\sin \beta = \frac{\sin \varepsilon_B}{n}$$

$$\beta = \arcsin \frac{\sin \varepsilon_B}{n}$$

$$\gamma = 180^\circ + \beta - \varepsilon_B = 156^\circ$$

Javob: $\gamma = 156^\circ$

4-masala. Tabiiy yorug'lik dastasi suvda turgan shisha sharga tushadi. A nuqtadagi qaytayotgan va tushayotgan dastalar orasidagi φ burchak topilsin (2-rasm). Shishaning sindirish ko'rsatkichini $n = 1,58$ deb qabul qilinsin.



2-rasm.

Berilgan: $n = 1,58$
Topish kerak: φ — ?
Yechilishi:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\varphi = 2 \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1} = 100^\circ$$

Javob: $\varphi = 100^\circ$

5-masala. Analizator qutblagichdan kelayotgan yorug'lik intensivligini $k = 2$ marta kamaytiradi. Qutblagich va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi α burchak aniqlansin. Analizatorlarda yorug'lik intensivligining yo'qotilishi hisobga olinmasin.

Berilgan: $k = 2$
Topish kerak: α — ?
Yechilishi:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

$$k = \frac{I_0}{I} = 2$$

$$\frac{I_0}{I} = \cos^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = \arccos \sqrt{\frac{1}{2}} = 45^\circ$$

Javob: $\alpha = 45^\circ$

5.6-8. MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Yorug'lik manbaining diametri 20 sm , ekrangacha bo'lgan masofa 2 m . Diametri 8 sm bo'lgan ko'ptokcha ekranga butunlay soya tushirmay, balki faqat yarim soya berishi uchun uni ekrandan eng kamida qancha masofaga joylashtirish lozim? Yorug'lik manbai va ko'ptok markazlari orqali o'tuvchi to'g'ri chiziq ekran tekisligiga perpendikulyar.
2. Balandligi $0,9\text{ m}$ bo'lib, vertikal qo'yilgan tayoqdan tushayotgan soyaning uzunligi $1,2\text{ m}$, tayoq fonardan soya yo'nalishi bo'yicha 1 m ga siljirilganda soyaning uzunligi $1,5\text{ m}$ ga teng bo'lib qoldi. Ko'cha fonari qanday balandlikka osilgan? Shu usul bilan biror yorug'lik manbai qanday balandlikda joylashganini aniqlang. Bunda manbagacha masofani (gorizontal bo'yicha) bevosita o'lchashning iloji yo'q, deb hisoblang.
3. 100 W nominal quvvatda cho'g'lanma lampaning yorug'lik kuchi 100 cd ga teng. Agar lampa faqat 80 W quvvat iste'mol qilib, chala cho'g'lanib yonayotgan bo'lsa, yorug'lik kuchi 56 cd ga teng bo'ladi. Lampaning shu ish rejimlaridagi yorug'lik berishini (1 W ga to'g'ri kelgan yorug'lik oqimini) toping.
4. Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofa 150 Gm , Yupitergacha esa 780 Gm . Quyosh zenitda turganda planetalarning gorizontal sirtlarining yoritilganligi bir-biridan necha marta farq qiladi?
5. Erta tongda Quyoshning gorizontdan balandligi 5° , peshinda 50° bo'ldi. Bunda gorizontal joylashgan maydonchanning yoritilganligi necha marta o'zgardi?
6. Yuzaning yoritilganligi nurlar yuzaga perpendikulyar tushayotgandagi yoritilganlikka qaraganda 2 marta kamayishi uchun yuzani qanday burchakka og'dirish lozim?
7. Yorug'lik kuchi 50 cd bo'lgan lampa stol o'rtasidan $1,2\text{ m}$ balandda turibdi. Stolning o'lchamlari $1 \times 2\text{ m}$. Stolning qaysi nuqtalarida yoritilganlik eng katta, qaysi nuqtalarida eng kichik? Shu nuqtalardagi yoritilganlikni aniqlang.
8. Gorizontal joylashgan qog'oz varag'ida hosil qilingan magnit maydon manzarasini sinfdagi o'quvchilarga vertikal tekislikda ko'rsatish uchun yassi ko'zguni qanday qo'yish kerak?
9. Odam vertikal osilgan ko'zguga qaramoqda. Odam ko'zgudan uzoqlashgani sari uning tanasining ko'zguda ko'rinadigan qismining kattaligi o'zgaradimi? Javobni chizma chizib tushuntiring va tajribada tekshirib ko'ring.
10. Suv ostida turgan g'avvosga quyosh nurlari suv sirtiga 60° bur-chak ostida tushayotgandek tuyuladi. Quyoshning gorizontdan burchak balandligi qanday?

11. Nur suv sirtiga 40° burchak ostida tushayotir. Sinish burchagi xuddi shunday bo'lishi uchun nur shisha sirtiga qanday burchak ostida tushishi lozim?
12. Nurning suv sirtiga tushish burchagi sinish burchagidan 10° katta. Tushish burchagini toping.
13. Bola suv ostida 40 sm chuqurlikda yotgan buyumga tayoqni tekkizishga harakat qilmoqda. Agar bola aniq mo'ljalga olib, tayoqni suv sirtiga 45° burchak ostida harakatlantirsa, tayoq buyumdan qancha masofada suv tubiga tegadi?
14. Chuqurligi 2 m bo'lgan hovuz tubiga qoziq qoqilgan. Qoziq suvdan $0,5\text{ m}$ chiqib turibdi. Nurlar 30° burchak ostida tushganda hovuz tubiga qoziqdan tushayotgan soyaning uzunligini toping.
15. Agar yorug'lik nuri shisha plastinka sirtiga havoda 45° burchak ostida tushsa, nurning havoda sinish burchagi qanday bo'ladi? Suvda qanday bo'ladi? Uglerod sulfidida qanday bo'ladi?
16. Sindirish burchagi 60° bo'lgan to'g'ri burchakli uchburchak shaklidagi shisha prizmagaga 50° burchak ostida nur tushmoqda. Nurning prizmadan chiqishdagi sinish burchagini toping.
17. Fokus masofasi 20 sm bo'lgan linzaning optik kuchi qancha? Fokus masofasi - 10 sm bo'lgan linzaniki-chi?
18. Optik kuchi 10 dptr ga teng bo'lgan yig'uvchi linzadan $12,5\text{ sm}$ masofada sham turibdi. Tasvir linzadan qanday masofada hosil bo'ladi va u qanday?
19. Buyumning haqiqiy tasviri uning o'zidan uch marta katta bo'lishi uchun fokus masofasi 12 sm bo'lgan bu linzadan buyumni qanday masofaga qo'yish lozim?
20. Buyumni tarqatuvchi linzaning oldiga 40 sm masofaga qo'yganda **4 marta** kichraygan mavhum tasvir hosil bo'ladi. Shu tarqatuvchi linzaning optik kuchini aniqlang.
21. Buyum tarqatuvchi linza oldida undan mF masofada turibdi. Linzadan qanday masofada mavhum tasvir hosil bo'ladi va u buyumning o'zidan necha marta kichik bo'ladi?
22. Ekrandan bolalar filmskopi yordamida kadrning aniq tasviri hosil qilindi. Agar obyektivning yuqorigi yarmini qo'l bilan yopsak, tasvir qanday o'zgaradi? Iloji bo'lsa, buni tajribada tekshirib ko'ring.
23. 5 m/s tezlikda harakatlanayotgan velosipedchi obyektivining fokus masofasi 10 sm ga teng bo'lgan fotoapparatda suratga olinmoqda. Suratda tasvirning yoyilganligi $0,1\text{ mm}$ dan oshmasligi uchun ruxsat etilgan eng katta ekspozitsiya vaqtini aniqlang. Apparatdan velosipedchigacha bo'lgan masofa 5 m . Fotosuratga olish paytida apparat obyektivining optik o'qi velosipedchining harakat trayektoriyasiga perpendikulyar.
24. Yig'uvchi shishali ko'zoynak taqqan o'quvchi o'ng ko'zdagi linza

yordamida polda shirdagi lampochkaning aniq tasvirini hosil qildi. Bunda u ko'zoynakni poldan 60 sm yuqoriroqda tutib turdi. Chap ko'zdagi linza yordamida ham lampochkaning aniq tasvirini hosil qilish uchun ko'zoynakni 14 sm pastroqqa tushirishga to'g'ri keldi. Agar o'ng linzaning optik kuchi 2 dptr ga teng bo'lsa, chap linzaning optik kuchi qanday?

25. Uzoqni ko'radigan ko'z bosma matnni kamida 50 sm masofada yaxshi ajratadi. Shu tekstni o'qish uchun optik kuchi qanday bo'lgan linzadan ko'zoynak tayyorlash lozim? Ko'z - linza sistema-sining optik kuchi ko'z bilan linzaning optik kuchlari yig'indisiga teng deb hisoblang.
26. Ikki kogerent yorug'lik manbalari ($\lambda = 0,5 \text{ mkm}$) orasidagi masofa $0,1 \text{ mm}$. Interferensiyon manzaraning o'rta qismida interferensiyon maksimumlar orasidagi masofa 1 sm ga teng bo'lgan. Manbalardan ekrangacha bo'lgan masofani toping.
27. Frenel biprizmasiga manbadan yorug'lik ($\lambda = 500 \text{ nm}$) tushmoqda. Agar manbadan prizmagacha bo'lgan masofa 1 m , prizmadan ekrangacha bo'lgan masofa esa 4 m bo'lsa, interferensiya natijasida ekranda hosil bo'lgan qo'shni interferensiyon maksimumlar orasidagi masofani toping. Prizmaning sindirish burchagi $2 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$, uning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$.
28. Agar manbadan tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi λ bo'lsa, sindirish ko'rsatkichi n va sindirish burchagi φ bo'lgan biprizma hosil qilgan interferensiyon yo'llar soni N ni toping. Yorug'lik manbadan biprizmagacha bo'lgan masofa a , biprizmadan ekrangacha esa b .
29. Ekrandagi interferensiya maksimumlari orasidagi masofa $x = 1 \text{ mm}$, ko'zgular kesishish chizig'idan ekrangacha bo'lgan masofa $l \text{ m}$, manbagacha esa $r = 10 \text{ sm}$ bo'lsa, Frenel ko'zgulari orasidagi a burchakni toping. Monoxromatik yorug'lik to'lqin uzunligi $\lambda = 0,486 \text{ mkm}$. Interferensiyalanuvchi nurlar ekranga normal tushadi.
30. Bir - biridan $d = 2,5 \text{ mm}$ masofada ikkita ensiz tirqish joylashgan diafragma monoxromatik yorug'lik normal tushadi. Interferensiyon manzara diafragmadan $l = 100 \text{ sm}$ masofada joylashgan ekranda hosil bo'ladi. Agar tirqishlardan birini sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lgan, $h = 1 \text{ mkm}$ qalinlikdagi shisha plastinka bilan to'silsa, interferensiyon yo'llar qaysi tomonga va qanday masofaga siljiydi?
31. Ikki kogerent yorug'lik ($\lambda = 480 \text{ nm}$) ekranda interferensiyon manzara hosil qiladi. Nurlardan birining yo'lga yupqa kvars plastinkasi ($n = 1,16$) joylashtirilganda interferensiyon manzara $m = 69$ yo'lga siljiydi. Plastinka qalinligi d ni toping.
32. Sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lgan yupqa parda to'lqin uzunligi $\lambda = 600 \text{ nm}$ bo'lgan tarqoq yorug'lik bilan yoritiladi. Pardaning minimal qalinligi qanday bo'lganda interferensiyon yo'llar yo'qoladi?
33. Sirtga o'tkazilgan normalga nisbatan 60° burchak ostida kuzatganda qaytgan yorug'lik spektrida to'lqin uzunligi $\lambda = 0,589 \text{ mkm}$ bo'lgan ancha

- kuchaygan sariq chiziq ko'rsinsa, suv yuzasidagi moy qatlamining qalinligi qanchaga teng bo'ladi?
34. To'lqin uzunligi 450 nm bo'lgan nur perpendikulyar tushganda qaytgan yorug'likda yupqa ponasimon plastinkada bir-biridan $1,5 \text{ mm}$ masofada bo'lgan qorong'i interferensiyon yo'llar kuzatildi. Agar plastinkaning sindirish ko'rsatkichi $1,5$ bo'lsa, plastinka yoqlari orasidagi burchagini toping.
 35. To'lqin uzunligi $\lambda = 500 \text{ nm}$ bo'lgan yorug'lik uchun 10-tartibli interferensiyon maksimumni kuzatish uchun sindirish ko'rsatkichi $n = 1,6$ bo'lgan plastinkaning qalinligi qanday oraliqda o'zgarishi mumkin?
 36. Radiusi $r = 1 \text{ mm}$ bo'lgan doiraviy tirqishli diafragma oldiga nuqtaviy yorug'lik manbai ($\lambda = 0,50 \text{ mkm}$) joylashtirildi. Tirqishdagi Frenel zonalarini soni $p = 4$ bo'ladigan kuzatish nuqtasidan diafragmagacha bo'lgan b masofani toping. Yorug'lik manбайдan diafragmagacha bo'lgan masofa $a = 1 \text{ m}$.
 37. Yassi to'lqin fronti uchun to'rtinchi Frenel zonasining radiusi $r_p = 3 \text{ mm}$. Shu kuzatish nuqtasi uchun o'n ikkinchi zonaning radiusini toping.
 38. To'lqin uzunligi λ bo'lgan yassi to'lqin eni a bo'lgan tirqishga unga o'tkazilgan normal bilan α burchak hosil qiladigan yo'nalishda tushayotgan bo'lsa, Fraunhofer difraksiyasidagi minimumlar o'rnini belgilaydigan φ burchaklarni toping.
 39. Eni $a = 0,1 \text{ mm}$ bo'lgan tirqishga monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 500 \text{ nm}$) normal tushmoqda. Difraksiyon manzara optik kuchi $D = 5 \text{ dptr}$ bo'lgan linzaning fokal tekisligida joylashgan ekranda kuzatiladi. Ikkinchi tartibli minimumlar orasidagi masofani toping.
 40. Difraksiyon panjaraning 1 mm uzunligida 100 ta chiziq joylashgan. Agar ikkita birinchi tartibli Fraunhofer maksimumlari orasidagi burchak 8° bo'lsa, panjaraga normal tushayotgan monoxromatik yorug'likning uzunligini toping.
 41. Difraksiyon panjaraning 1 mm uzunligida 500 ta chiziq joylashgan. Yorug'lik panjaraga 30° burchak ostida tushganda bu panjara yordamida natriy spektrining ($\lambda = 590 \text{ nm}$) eng ko'pi bilan nechanchi tartibini kuzatish mumkin?
 42. Eni 4 sm bo'lgan, 1 sm uzunligida 10000 chiziq joylashgan difraksiyon panjaraga normal tushayotgan monoxromatik yorug'lik dastasi difraksiyalanishi mumkin bo'lgan eng katta burchakni toping. Tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi 546 nm .
 43. Spektrometrga o'rnatilgan difraksiyon panjara doimiysi 2 mkm . To'lqin uzunligi 410 nm bo'lgan spektral chiziqni kuzatish uchun ko'rish trubasini kollimator o'qiga nisbatan qanday burchak ostida joylashtirish kerak?
 44. Davri 4 mkm bo'lgan difraksiyon panjara yordamida olingan birinchi tartibli spektrda to'lqin uzunliklari 577 nm va 579 nm bo'lgan simob spektri chiziqlari ekranda bir-biridan qancha masofada bo'ladi? Spektrni ekranga proeksiyalaydigan linzaning fokus masofasi 60 sm . Nurlar panjaraga tik tushadi.

45. Difraksion panjara doimiysi 4 mkm . Difraksion manzara fokus masofasi 40 sm bo'lgan linza yordamida kuzatiladi. Agar birinchi maksimum markaziy maksimumdan 5 sm masofada hosil bo'lsa, panjaraga tik tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligini toping.
46. To'la ichki qaytishning chegaraviy burchagi 42° bo'lgan moddaning to'la qutblanish burchagi qanday bo'ladi?
47. Tabiiy yorug'lik yassi-parallel shisha plastinkaga tushadi. Tushish burchagi to'la qutblanish burchagiga teng. Qaytgan yorug'lik intensivligi tushayotgan tabiiy yorug'lik intensivligining qancha qismini tashkil qiladi? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $1,52$.
48. Tabiiy yorug'lik bilan suv bilan to'ldirilgan shisha idishning yassi tubidan qaytadi. Qaytgan nur maksimal qutblangan bo'lishi uchun tushish burchagi qanday bo'lishi kerak? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $1,52$; suvniki esa $1,33$.
49. Eritma sirtiga tushgan yorug'lik qisman qaytadi va qisman sinadi. Sinish burchagi 35° bo'lganda qaytgan nur to'la qutblangan bo'lsa, eritmaning sindirish ko'rsatkichini aniqlang.
50. Agar sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lgan shisha sirtiga tabiiy yorug'lik Bryuster burchagi ostida tushayotgan bo'lsa, shishaning qaytarish koeffitsiyentini aniqlang.
51. Tabiiy yorug'lik dastasi yo'lga ikkita bir xil qutblovchi moslamalar ketma-ket qilib o'rnatildi. Ma'lum bo'lishicha, bu sistema qutblanish tekisliklari parallel bo'lganda bu tekisliklar ayqash bo'lgandagiga qaraganda 10 marta ko'proq yorug'lik o'tkazar ekan. Qutblanish tekisliklari parallel bo'lganda alohida olingan har bir moslama va butun sistema hosil qiladigan qutblanish darajalarini toping.
52. Analizator o'ziga tushayotgan qutblangan yorug'lik intensivligini $2 \text{ marta susaytiradi}$. Qutblagich (polyarizator) va analizatorlar bosh tekisliklari orasidagi burchak qanday? Yorug'likning qaytishidagi isroflarni hisobga olmang.
53. Tabiiy yorug'lik nuri ketma-ket ravishda bosh tekisliklari orasidagi burchak 60° bo'lgan qutblagich va analizatoridan o'tadi. Analizatoridan boshlang'ich yorug'lik oqimining qancha qismi chiqadi?
54. Bosh tekisliklari orasidagi burchak 63° bo'lib, har birida tushayotgan yorug'likning 10% i yo'qoladigan ikki Nikol prizmasi orqali o'tgan tabiiy yorug'lik necha marta susayadi?
55. Qisman qutblangan yorug'lik Nikol prizmasi orqali kuzatiladi. Nikol prizmasi undan chiqayotgan yorug'lik intensivligi maksimal bo'ladigan holga nisbatan 45° ga burilganda yorug'lik intensivligi $1,5 \text{ marta kamaydi}$. Tushayotgan yorug'likdagi tabiiy va qutblangan qismlarning intensivliklari nisbatini toping.

VI BOB. KVANT MEXANIKASI VA ATOM YADROSINI FIZIKASI

6.1-§. Elektromagnit nurlanishning kvant xususiyatlari

6.2-§. Bor atomi

6.3-§. Atom yadrosining xususiyatlari

6.4-§. Radioaktivlik

6.5-§. Yadro reaksiyalari

6.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

6.1-§. Elektromagnit nurlanishning kvant xususiyatlari

Asosiy formulalar

- Foton energiyasi:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

yoki

$$E = \hbar\omega \quad (2)$$

bunda h va \hbar – Plank doimiyisi

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

ω – nurlanish siklik chastotasi, ν , λ – nurlanishning chastotasi va to'liq uzunligi.

- Foton impulsi

$$P_o = m_F c = \frac{h}{\lambda} \quad (3)$$

- Foton massasi

$$m_F = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{c\lambda} \quad (4)$$

- Qaytarish koeffitsiyenti ρ bo'lgan sirtga normal tushayotgan yorug'lik bosimi

$$\rho = \frac{E_E}{c} (1 + \rho) \quad (5)$$

bunda E_E – sirt birligiga vaqt birligi ichida tushayotgan energiya miqdori bilan o'lchanadigan kattalik. energetik voritilganlik.

- Rentgen nurlar spektri qisqa to'lqin chegarasi λ_{\min}

$$\lambda_{\min} = \frac{2\pi\hbar c}{eU} \quad (6)$$

bu yerda e – elektron zarvadi. U – rentgen trubkasiga qo'yilgan potentsiallar farqi. \hbar – Plank doimiysi.

- Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi

$$h\nu = A + T \quad (7)$$

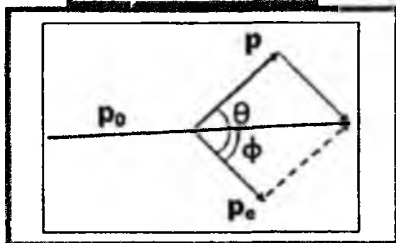
bunda $h\nu$ – yutilgan foton energiyasi. A – elektronning chiqish ishi. T – uchib chiqayotgan elektronning maksimal kinetik energiyasi.

- Kompton effekti. Erkin elektronlarda rentgen nurlanishning to'lqin uzunligining o'zgarishi (rasm):

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\theta) \quad (8)$$

bunda θ – sochilish burchagi. $\lambda_c = h/(m_0 c)$ – kompton to'lqin uzunligi ($\lambda_c = 0,00242$ nm). Kompton effekti quyidagi ko'rinishda ham yoziladi.

$$\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (9)$$



Agar fotoeffekt natijasida hosil bo'lgan elektron kinetik energiyasi uning tinchlikdagi energiyasidan juda ham kichik bo'lsa, ya'ni $T \ll E_0$, bu yerda $E_0 = m_0 c^2 = 0,511$ MeV, uni klassik zarracha deb hisoblash mumkin.

Bu munosabatni quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\lambda \gg \lambda_c \quad (10)$$

bu yerda λ – metall sirtiga tushayotgan nurlanishning to'lqin uzunligi, λ_c – kompton to'lqin uzunligi. Kompton to'lqin uzunligi (10) shart bajarilsa elektron klassik zarracha deb hisoblanadi va unga quyidagi formula mos keladi:

$$T = \frac{m_0 v^2}{2} \quad (11)$$

Agar ushbu shart bajarilmasa unda *kinetik energiyani* hisoblashda quyidagi relyativistik formuladan foydalaniladi:

$$T = (m - m_0)c^2 \quad (12)$$

yoki

$$T = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (13)$$

Kompton to'liqin uzunligining qiymati ($\lambda_c = 0,0242 \text{ \AA}$) o'ta qisqa rentgen nurlanishiga, shuningdek, γ -nurlanishga ham mos keladi. Agar *fotoeffekt* ko'rinadigan to'liqlarda yoki ultrabinafsha nurlar ta'sirida yuz bersa, unda elektronning kinetik energiyasini hisoblashda (11) formuladan foydalanish mumkin.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. To'liqin uzunligi $\lambda = 300 \text{ nm}$ ga teng bo'lgan yorug'lik oqimi $n = 5 \cdot 10^4$ ta yorug'lik fotonlaridan tashkil topgan va ular fotosezgir qatlamga kelib tushmoqda. Fotosezgir qatlamning sezgirligi $k = 4,5 \text{ mA/Vt}$. Ushbu yorug'lik impulsi ta'sirida ajralib chiqqan fotoelektronlar soni topilsin.

Yechilishi:

Fotoelement sezgirligi deb quyidagi kattalikka aytiladi:

$$k = \frac{J_F}{P} \quad (1)$$

bu yerda J_F – *foton*. R – *yorug'lik oqimining quvvati*. n ta kvantdan iborat bo'lgan yorug'lik impulsi energiyasi

$$E = n\hbar\omega = n\hbar 2\pi \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

Ushbu impulsning fotokatod bergan quvvati:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{n\hbar 2\pi c}{t\lambda} \quad (3)$$

bu yerda t – *nurlanish vaqti*.

Yorug'lik impulsi katoddan ajratib chiqargan elektronlar zarvadi:

$$q = eN$$

Bu zaryad quyidagi tokni hosil qiladi:

$$J_F = \frac{Ne}{t}$$

(4)

bu yerda t – nurlanish vaati. e – elektron zarvadi.

(3) va (4) dan fotoelement sezgirligini aniqlaymiz, ya'ni

$$k = \frac{Ne\lambda t}{t\hbar c \cdot 2\pi} = \frac{Ne\lambda}{n\hbar \cdot 2\pi c}$$

Bundan

$$N = \frac{k n \hbar \cdot 2\pi c}{e\lambda}$$

Bu formulaga kattaliklar son qiymatlarini qo'ysak:

$$N = 930$$

2-masala. Quyosh nurining quyidagi hollardagi bosimi hisoblansin: a) Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofada joylashgan qora jism sirtiga; b) hamma nurlarni qaytaruvchi jism sirtiga; v) energiyaning 4 % qaytaruvchi va 6 % yutuvchi shisha sirtiga. Hamma hollarda nurning tushish burchagi nolga teng va Quyosh radiatsiyasining intensivligi $I_0 = 1,35 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Yechilishi:

Qaytarish koeffitsiyenti ρ bo'lgan sirtga yorug'lik beradigan bosim:

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

bu yerda I – yorug'lik oqimining intensivligi; c – yorug'lik tezligi.

a)

$$p_a = \frac{I_0}{c}$$

b)

$$p_B = 2 \frac{I_0}{c}$$

v) Shisha sirtga bosimini qaytgan va yutilgan nur beradi. Plastinkadan o'tib ketgan nur bosim bermaydi.

Binobarin

$$p_3 = p_1 + p_2$$

Bu yerda p_1 – qaytgan yorug'lik bosimi. p_2 esa yutilgan yorug'lik bosimi.

$$p_1 = 2 \frac{I_1}{c},$$

$$I_1 = 4 \cdot 10^{-2} I_0$$

va

$$P_2 = \frac{I^2}{c}$$

$$I_1 = 6 \cdot 10^{-2} I_0$$

Bu kattaliklarni formulaga qo'yamiz va hisoblashlarni bajaramiz:

$$P_3 = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}^2$$

$$P_3 = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ Pa}$$

Yoki

3-masala. Agar rentgen trubkasidagi kuchlanish 2 marta oshgandan keyin uzluksiz rentgen spektrining qisqa to'lqin chegarasining to'lqin uzunligi $0,5 \text{ \AA}$ ga o'zgarsa, ushbu to'lqin uzunligi topilsin.

Yechilishi:

Uzluksiz rentgen spektri, rentgen trubkasida elektr maydon ta'sirida tezlatilgan elektronlarning antikatodga urilishi (tormozlanishi) natijasida hosil bo'ladi. Uzluksiz rentgen spektrining qisqa to'lqin chegarasi mavjudligi nurlanishning kvant xususiyatidan kelib chiqadi. Haqiqatdan ham antikatodga etib borgan elektron, elektr maydonining zarracha ustida bajargan ishiga son jihatdan teng bo'lgan kinetik energiyaga ega bo'ladi, ya'ni:

$$T = eU$$

(1)

bu yerda e – elektron zaryadi. Elektron antikatod (anod) bilan to'q-nashganda uning kinetik energiyasi qisman yoki to'liq $h\nu$ kvant energiyasiga aylanadi. Elektron kinetik energiyasi T to'liq $h\nu$ kvant energiyasiga aylangan holga eng katta chastota (eng kichik to'lqin uzunligi) mos keladi.

U holda

$$T = h\nu_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

(2)

(1) va (2) dan

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$$

masala shartidan

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_1}$$

(3)

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_2}$$

(4)

(1) va (4) dan

$$\frac{\lambda_{\min}'}{\lambda_{\min}} = \frac{U_2}{U_1} \quad (5)$$

ikkinchi tomonidan

$$\frac{U_2}{U_1} = 2$$

Ushbu shartni hisobga olsak, (5) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz

$$\frac{\lambda_{\min}'}{\lambda_{\min}} = 2$$

yoki

$$\lambda_{\min}' = \frac{\lambda_{\min}}{2} \quad (6)$$

To'lqin uzunligi o'zgarishi

$$\Delta\lambda = \lambda_{\min}' - \lambda_{\min} \quad (7)$$

(6) ni (7) ga qo'yamiz

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_{\min}}{2} - \lambda_{\min} = -\frac{\lambda_{\min}}{2}$$

yoki

$$\lambda_{\min}' = -2\Delta\lambda = -2 \cdot 0,5 \text{ \AA} = -1 \text{ \AA}$$

Javob: $\lambda_{\min}' = 1 \text{ \AA}$

4-masala. Metall sirtini to'lqin uzunligi $\lambda = 350 \text{ nm}$ bo'lgan yorug'lik nuri bilan nurlantiriladi. To'lqin uzunligini 50 nm ga o'zgartirilganda, ushlab qoluvchi potentsiallar farqini $0,59 \text{ V}$ ga o'zgartirishga to'g'ri keldi. Plank doimiysi va yorug'lik tezligini ma'lum deb hisoblab, elektron zaryadini aniqlang.

Yechilishi:

Bitta foton va elektron uchun Evnshtevn tenglamasi:

$$\hbar\omega = A + \frac{m_0 v^2}{2}$$

Elektron kinetik energiyasini ya'ni $m_0 v^2/2$ ni eU_y ifoda bilan almashtirish mumkin. Bu yerda U_y – fototokni to'liq ushlab qoluvchi katod va anod

orasidagi potentsiallar farqi. Masala sharti asosida Eynshteyn tenglamasini 2 marta qo'llaymiz:

$$\hbar \frac{c}{\lambda} 2\pi = A + eU_y$$

$$\hbar \frac{c \cdot 2\pi}{\lambda - \Delta\lambda} = A + e(U_y + \Delta U)$$

Ushbu ikki tenglamadan:

$$\hbar \cdot 2\pi c \left(\frac{1}{\lambda - \Delta\lambda} - \frac{1}{\lambda} \right) = e\Delta U$$

va

$$e = \frac{\hbar \cdot 2\pi c}{\Delta U} \left(\frac{1}{\lambda - \Delta\lambda} - \frac{1}{\lambda} \right)$$

Hisoblash natijasi: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ KL}$

5-masala. Vakuumdagi harakatlanayotgan erkin elektron fotonni to'liq yutishi va energiya nurlanishi mumkin emasligini ko'rsating.

Yechilishi:

Erkin elektron foton yutishi va energiya nurlanishi mumkin emas. Bu xulosa energiya va impuls saqlanish qonunidan kelib chiqadi.

a) Erkin elektron va foton uchun energiya saqlanish qonunini:

$$\hbar\omega = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) \quad (1)$$

bu yerda

$$\beta = \frac{g}{c}$$

Impuls saqlanish qonuni:

$$\frac{\hbar\omega}{c} = \Delta m g = \Delta \frac{m_0 g}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

$$\frac{\hbar\omega}{c} = \Delta \frac{m_0 g}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Ushbu impulslar vektorlarining yo'nalishlari antiparallel bo'lgani uchun biz oxirgi ifodani tanlaymiz. Oxirgi ifodani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{\hbar\omega}{c} = \frac{m_0 g}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

$$\frac{\hbar\omega}{c} = \frac{m_0 \beta c}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

(2)

(1) va (2) tenglamalarni birgalikda yechib, quyidagi tenglamani olamiz:

$$(1-\beta)(1+\beta)^2 = (1-\beta)^2$$

Tenglamani yechimlari:

$\beta_1 = 1$ va $\beta_2 = 0$ qiymatlarga teng bo'lib, fizik ma'noga ega emas. Bu erkin elektronda fotoeffekt mumkin emasligini ko'rsatadi.

b) Nurlanayotgan elektron uchun *energiyaning saqlanish qonuni* quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$m_0 c^2 = mc^2 + \hbar\omega$$

Bundan

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} > m_0$$

bo'lgani uchun erkin elektronning energiya nurlanishi mumkinligi haqidagi farazning ma'noga ega emasligini kelib chiqadi.

6-masala. Agar fotoeffektning qizil chegarasi 5000 \AA ga teng bo'lsa, natriydan elektronlarning chiqish ishini aniqlang.

Yechilishi:

Fotoeffekt yuz berishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\omega \geq \omega_0 = \frac{A}{\hbar}$$

(1)

mos holda to'liq uzunligi uchun yozsak:

$$\lambda \leq \lambda_0 = \frac{2\pi\hbar c}{A}$$

(2)

bu yerda ω_0 chastota yoki λ_0 to'liq uzunligi fotoeffektning qizil chegarasi. (2) chi tenglamadan chiqish ishini aniqlaymiz:

$$A = \frac{2\pi\hbar c}{\lambda_0}$$

yoki

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} \quad (3)$$

(3) chi ifodaga Xalqaro birliklar sistemasida ifodalangan kattaliklarning son qiymatlarini qo'yamiz va chiqish ishi A ni aniqlaymiz:

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}; \lambda = 5000 \text{ \AA} = 5 \cdot 10^7 \text{ m}; A = 3,972 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

yoki $A = 2,49 \text{ eV}$.

7-masala. Litiy sirtiga to'liq uzunligi $\lambda = 3100 \text{ \AA}$ bo'lgan monoaromatik yorug'lik tushmoqda. Elektronlar emissiyasini to'xtatish uchun $1,7 \text{ V}$ dan kam bo'lmagan tormozlovchi potentsiallar farqini qo'yish kerak. Chiqish ishini va fotoeffektning qizil chegarasini aniqlang.

Yechilishi:

Fotoeffekt uchun Evnshteyn tenglamasini vozamiz:

$$h\nu = A + T$$

yoki

$$\frac{hc}{\lambda} = A + T \quad (1)$$

Agar elektr maydon eng tez harakatlanuvchi elektronlarni ushlab qolishini hisobga olsak, u holda elektronlar kinetik energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = eU \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz

$$\frac{hc}{\lambda} = A + eU$$

bu yerdan A ni topamiz

$$A = \frac{hc}{\lambda} - eU$$

Ushbu formulaga kirgan kattaliklarni Xalqaro birliklar sistemasida ifodalaymiz: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}; \lambda = 3100 \text{ \AA} = 3,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Hisoblashlarni bajaramiz va quyidagini olamiz:

$$A = 3,67 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

yoki

$$A = 2,3 \text{ eV}$$

Fotoeffekt qizil chegarasini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz

$$A = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 5,4 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5400 \text{ \AA}$$

8-masala. To'liqin uzunligi $0,03 \text{ \AA}$ bo'lgan γ -nurlanish ta'sirida metalldan chiqarilgan elektronlarning maksimal tezligi aniqlansin.

Yechilishi:

Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi

$$\frac{hc}{\lambda} = A + T \quad (1)$$

Ushbu holda $A \ll T$ bo'lgani uchun

$$\frac{hc}{\lambda} = T \quad (2)$$

Relativistik zarrachaning kinetik energiyasi:

$$T = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (3)$$

(3) ni (2) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{hc}{\lambda} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad \lambda_c = \frac{h}{m_0 c}$$

yoki

$$\frac{\lambda_c}{\lambda} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (4)$$

bu yerda λ_c - **elektron uchun Kompton to'liqin uzunligi** bo'lib,

$$\lambda_c = 0,0242 \text{ \AA}$$

$$\beta = \frac{\sqrt{\lambda_c (\lambda_c + 2\lambda)}}{\lambda_c + 2\lambda} = 0,86$$

Bu yerdan β ni aniqlaymiz:

$$\beta = \beta c = 0,86 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 2,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Javob: $\beta = 2,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

9-masala. Erkin elektronlar mavjud bo'lgan moddaga to'liq uzunligi $\lambda_0 = 0,003 \text{ nm}$ bo'lgan Rentgen nurlanishlari kelib tushmoqda. Fotonlar 60° burchak ostida sochilsa, Kompton tepki elektronlari qanday energiya oladi?

Yechilishi:

Energiva saqlanish qonuniga asosan:

$$E_e = h \cdot 2\pi \frac{c}{\lambda_0} - h \cdot 2\pi \frac{c}{\lambda_0 + \Delta\lambda}$$

$$E_e = hc \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda_0 + \Delta\lambda} \right) = hc \frac{\Delta\lambda}{(\lambda_0 - \Delta\lambda)\lambda_0}$$

Kompton effektida to'liq uzunligini o'zgarishi:

$$\Delta\lambda = \lambda_c (1 - \cos\theta)$$

bu yerda $\Delta\lambda$ ni topamiz va (I) ga qo'yamiz:

$$\Delta\lambda = 0,0024 \cdot 0,5 \text{ nm} = 0,0012 \text{ nm}$$

$$E_e = 120 \text{ keV}$$

6.2-8. Bor atomi

Asosiy formulalar

• Qo'zg'almas yadroning *Kulon mavdonida* zaryadlangan zarrachalarning sochilish burchagi

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{q_1 q_2}{2bT} \quad (1)$$

yoki

$$\operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} = \frac{2bT}{q_1 q_2} \quad (2)$$

bu yerda q_1 va q_2 – zarrachalar va vadro zaryadi. b – nishon parametri. T – uchib kelayotgan zarrachalarning kinetik energiyasi.

• **Rezerford formulasi.** Boshlang'ich harakat yo'nalishiga nisbatan θ burchak ostida va $d\Omega$ elementar fazoviy burchakda sochilayotgan zarrachalarning nisbiy soni

$$\frac{dN}{N} = n \left(\frac{q_1 q_2}{4T} \right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4 \theta} \quad (3)$$

bu yerda n – folga birlik yuzasidagi vadrolar soni. $d\Omega = \sin\theta d\theta d\varphi$

- Borning birinchi postulati (orbitalar statsionarlik sharti):

$$m\vartheta r = \frac{nh}{2\pi} \quad (4)$$

bunda m – elektron massasi. n – orbitalar tartibi (bosh kvant soni: $n = 1, 2, \dots$). ϑ – elektronning radiusi r bo'lgan orbitadagi tezligi. h – Plank doimiyi.

- Borning ikkinchi postulati:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h} \quad (5)$$

bunda ν – elektronning n -chi orbitadan m -chi orbitaga ($n > m$) o'tganda nurlanish chastotasi. W_n va W_m – ushbu orbitalardagi elektronning energiyasi. Agar $W_n < W_m$ ($n < m$) bo'lsa, foton nurlanadi.

- Vodorod spektriga mos keluvchi chiziqlarning ν chastotasi yoki λ to'lqin uzunliklarini topishga imkon beruvchi formula:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = Rc \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (6)$$

bunda c – yorug'likning vakuumda taraalish tezligi. R – Ridberg doimiyi. m va n – orbitalar tartibi.

- Vodorodsimon atomlarning nurlanish chastotasi:

$$\nu = RcZ^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (7)$$

bunda Z – element tartib nomeri.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Peshona to'qnashishda, tinch turgan ${}^7\text{Li}$ yadrosiga kinetik energiyasi T_α bo'lgan α -zarra qanday minimal masofaga qadar yaqinlashadi?

Yechilishi:

α -zarra va yadro tizimi berk tizim deb qabul qilinsa, zarralarni yaqinlashish jarayonida impuls va energiya saqlanish qonunlari bajariladi.

Mazkur hol uchun saqlanish qonunlarini yozamiz:

$$P_\alpha = P_{\alpha+Li} \quad (1)$$

$$T_{\alpha} = T_{\alpha+Li} + k \frac{qq_0}{r_{min}} \quad (2)$$

bu yerda q va q_0 – alfa-zarra va litiv atomining zarvadlari. Norelyativistik holda, kinetik energiya bilan impuls orasidagi bog'lanish:

$$T = \frac{p^2}{2m}$$

yoki

$$p = \sqrt{2mT} \quad (3)$$

(3) formulani hisobga olib, (1) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$m_{\alpha} T_{\alpha} = (m_{\alpha} + m_{Li}) T_{\alpha+Li}$$

Bu ifodadan $T_{\alpha+Li}$ kinetik energiyani topamiz va (2) ga qo'yamiz.

$$T_{\alpha} = \frac{m_{\alpha} T_{\alpha}}{m_{\alpha} + m_{Li}} + k \frac{qq_0}{r_{min}} \quad (4)$$

(4) ifodadan r_{min} kattalikni aniqlaymiz:

$$r_{min} = \frac{qq_0}{T_{\alpha}} \left(1 + \frac{m_{\alpha}}{m_{Li}} \right)$$

2-masala. Vodород atomi to'liqin uzunligi $4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ bo'lgan foton chiqardi. Atomdagi elektron energiyasi qanchaga o'zgaragan?

Yechilishi:

Bor postulatiga asosan atom E_n energiyali holatdan energiyasi E_m bo'lgan holatga o'tganda chiquvchi foton energiyasi:

$$h\nu = E_n - E_m = \Delta E \quad (1)$$

$\nu = c/\lambda$ ifodani e'tiboga olib (1) ifodadan atomdagi elektron energiyasi qanchaga o'zgarishini topamiz:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \approx 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 2,56 \text{ eV}$$

3-masala. Vodород atomidagi birinchi Bor elektron orbitasining radiusini va undagi elektron tezligini toping.

Yechilishi:

Yadro atrofida doiraviy orbita bo'ylab harakat qilayotgan elektronga yadro tomonidan *Kulon tortishish kuchi* ta'sir qilib, u elektronga markazga intilma tezlanish beradi. *Nyutonning ikkinchi qonuniga* asosan:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Ze^2}{r_n^2} = m \cdot \frac{g_n^2}{r_n} \quad (1)$$

bu yerda m – elektron massasi, g_n – elektronning n - orbitadagi tezligi, r_n – orbita radiusi, Z – element tartib nomeri bo'lib, u vodorod uchun birga teng.
 Borning birinchi postulatiga ko'ra, elektron yadro atrofida radiuslari (4) munosabatni qanoatlantiradigan muayyan orbitalar bo'yicha harakat qilishi mumkin. (1) va (4) tenglamalarni birgalikda yechib, quyidagi ifodalarni olamiz:

$$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi m e^2}, \quad (2)$$

$$g_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h n} \quad (3)$$

Bor birinchi orbitasi uchun $n = 1$ ekanligin e'tiborga olib, kattaliklarning qiymatlarini (2) va (3) ifodalarga qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatlarni olamiz:

$$r = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}; \quad g = 2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

4-masala. Balmer seriyasi vodorod spektr chiziqining eng katta to'lqin uzunligi $656,3 \text{ nm}$. Bu to'lqin uzunligi bo'yicha Layman seriyasidagi eng katta to'lqin uzunligini aniqlang.

Yechilishi:

Vodorod atomining nurlanish chatotasi (6) ifoda orqali aniqlaniladi. Balmer seriyasi uchun $m = 2$. Layman seriyasi uchun esa $m = 1$. Har bir seriyadagi eng katta to'lqin uzunlikga $n = m+1$ mos keladi. Balmer va Layman seriyasidagi eng katta to'lqin uzunligi uchun quyidagi ifodalarni yozamiz:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \quad (2)$$

(1) ni (2) ga bo'lamiz va quyidagini olamiz

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{5 \cdot 4}{36 \cdot 3}$$

bu yerdan

$$\lambda_1 = 1215 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

5-masala. Vodorod atomini monoenergetik elektronlar dastasi bilan nurlantirilganda, u to'liq uzunligi $0,1221 \text{ mkm}$ bo'lgan yorug'lik chiqaradi. Elektronlar energiyasini hamda elektron bilan to'qnashganda atom qaysi bir uyg'ongan holatga o'tishini aniqlang.

Yechilishi:

Chastotalar shartidan

$$E_n - E_1 = E_k$$

Bu yerda E_k – vodorod atomini n -uyg'ongan holatga o'tkazuvchi elektronlar dastasining energiyasi.

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

ifodani qo'llab, uchib kelayotgan elektronlar energiyasini aniqlaymiz:

$$E_{k \text{ min}} = \frac{hc}{\lambda} = 10,2 \text{ eV}$$

Ikkinchi savolga javob berish uchun n kvant sonini hisoblab topishimiz zarur. Asosiy holat energiyasi $E_1 = -E_{ion} = -13,6 \text{ eV}$ bo'lgan uchun n -uyg'ongan holat energiyasi: $E_n = E_1 + E_{k \text{ min}} = -3,4 \text{ eV}$. Vodorod atomi uchun Bor nazariyasidan:

$$E_1 = -\frac{me^4}{4\varepsilon_0^2 h^2}$$

$$E_n = -\frac{me^4}{4\varepsilon_0^2 h^2 n^2}$$

Bu ifodalarning nisbatidan: $E_1/E_n = n^2 = 4$. Demak $n = 2$, ya'ni birinchi uyg'ongan holat.

6-masala. Vodorod atomi spektri chiziqlarining qanchasi ko'rinadigan nurlar sohasida ($\lambda = 0,4-0,7 \text{ mkm}$) joylashgan bo'ladi? Ushbu chiziqlarning to'liq uzunligi aniqlanisin. Bular qanday ranglarga mos keladi?

Yechilishi:

Vodorod atomi spektrining to'liq uzunligi quyidagi formula bo'yicha aniqlaniladi:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

bu yerda $m = 1, 2, 3, \dots, n = m+1; m+2, \dots$

Ko'rinadigan nurlar sohasida **Balmer seriyasining to'rtta chizig'i** ($m = 2, n = 3, 4, 5, 6$) joylashgan bo'ladi. Ushbu chiziqlar to'lqin uzunlik-larini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$\lambda = \frac{1}{R} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)^{-1}$$

$m = 2, n = 3, 4, 5, 6:$

$$\lambda_1 \approx 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ m} - \text{qizil};$$

$$\lambda_2 \approx 4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m} - \text{zangori};$$

$$\lambda_3 \approx 4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m} - \text{binafsha};$$

$$\lambda_4 \approx 4,1 \cdot 10^{-7} \text{ m} - \text{binafsha}.$$

6.3-§. Atom yadrosining xususiyatlari

Asosiy formulalar va uslubiy ko'rsatmalar

Atom yadrosi radiusi:

$$R = 1,4 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \quad (1)$$

bu yerda A – massa soni bo'lib, u atom yadrosini tashkil etgan neytron va protonlar sonlari yig'indisiga teng, ya'ni $A = Z + N$ bu yerda Z – protonlar soni yoki yadro zaryad raqami, N – neytronlar soni.

Yadroning bog'lanish energiyasi:

$$E_{bog} = c^2 \Delta M \quad (2)$$

bu yerda c – yorug'likning vakuumdagi tezligi, ΔM – massa defekti.

Massa defekti quyidagiga teng:

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{yad} \quad (3)$$

yoki

$$\Delta M = Zm_H + (A - Z)m_n - M_{yad} \quad (4)$$

bu yerda m_p , m_n , m_H , M_{yad} va M_{at} – mos ravishda proton, neytron, vodorod atomi, yadro va atom massalari.

Bog‘lanish energiyasining massa soniga nisbati solishtirma *bog‘lanish energiyasi* deyiladi.

$$\varepsilon = \frac{E_{bog}}{A} \quad (5)$$

yoki

$$\varepsilon = \frac{c^2 M}{A} \quad (6)$$

Hisoblashlar uchun quyidagi formuladan foydalanish qulaydir:

$$E_{bog} = Z\Delta_H + (A - Z)\Delta_n - \Delta \quad (7)$$

bu yerda Δ_H , Δ_n , Δ – vodorod atomi, neytron va ushbu yadroga mos keluvchi atom massa defektlari. Massa defekti, atom massasi (m.a.b. lardagi) bilan massa soni A orasidagi ayirmadir, ya'ni $\Delta = M - A$. Massa defektining massa soniga nisbatiga solishtirma massa defekti deb ataladi, ya'ni:

$$f = \frac{\Delta}{A}$$

Yadro bog‘lanish energiyasini aniqlash uchun quyidagi yarim empirik formula yoki *Veyszekker formulasidan* foydalanamiz:

$$E_{bog} = \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \zeta \frac{(A - 2Z)^2}{A} + \delta \frac{\lambda}{A^{3/4}} \quad (8)$$

bu yerda

$$\delta = \begin{cases} \text{juft} - \text{juft} & \text{yadrolar uchun} + 1 \\ \text{toq} - \text{juft} & \text{yadrolar uchun} 0 \\ \text{toq} - \text{toq} & \text{yadrolar uchun} - 1 \end{cases}$$

Ushbu (9) formuladagi koeffitsiyentlar qiymati quyidagiga teng:

$$\alpha=15,75 \text{ MeV}; \beta=17,8 \text{ MeV}; \gamma=0,71 \text{ MeV}; \xi=94,8 \text{ MeV}; \lambda=34 \text{ MeV.}$$

(5) ni hisobga olib, (3) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$E_{bog} = [Zm_p + (A - Z)m_n - M_{yad}]c^2 \quad (9)$$

bu yerda m_p , m_n , va M_{yad} – proton, neytron va yadro massalari.

Masalalar to'plami va ma'lumotnomalarda yadro massalari emas, balki neytral atomlarining massasi keltiriladi. Shuning uchun yadro bog'lanish energiyasini (6) formuladan foydalanish o'rninga quyidagi formuladan foydalanish qulaydir.

$$E_{bog} = [Zm({}^1_1H) + (A - Z)m_n - M_{yad}]c^2 \quad (10)$$

bu yerda $m({}^1_1H)$ – vodorod atomi massasi, M_{yad} – berilgan atom massasi.

Yuqoridagi (10) va (11) formulalar ekvivalent bo'lganligi uchun, elektron massasini m_e belgilab, quyidagini yozish mumkin:

$$Zm({}^1_1H) - M_{yad} = Z(m_p + m_e) - (M_{yad} + Zm_e) = Zm_p - M_{yad}$$

Yuqorida keltirilgan (9) va (10) formulalar yordamida bog'lanish energiyasini MeV larda topish uchun, ushbu formulalarga jadvaldan olingan massalarning *m.a.b.* qiymatlarida olinadi va quyidagi koeffitsiyentiga ko'paytiriladi:

$$c^2 = 931 \text{ MeV} / \text{m.a.b.}$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Ushbu yadrolar tarkibidagi nuklonlar, proton va neytronlar sonini aniqlang:

$$1) {}^4_2H, 2) {}^{12}_6C, 3) {}^{23}_{11}Na, 4) {}^{63}_{29}Cu, 5) {}^{89}_{39}Y, 6) {}^{112}_{50}Sn, 7) {}^{238}_{92}U$$

Yechilishi:

Yadrodagi nuklonlar soni:

$$A = Z + N \quad (1)$$

Bu yerda Z – protonlar soni; N – neytronlar soni.

Yadro belgisi

$${}^A_ZX \quad (2)$$

Demak, ${}^4\text{He}_2$ da nuklonlar soni $A = 4$, protonlar soni $Z = 2$ va neytronlar soni $N = A - Z = 4 - 2 = 2$. Xuddi shunga o'xshab boshqa yadrolar uchun ham topiladi:

$$1) A = 12; \quad Z = 6; \quad N = 6$$

$$2) A = 23; \quad Z = 11; \quad N = 12$$

$$3) A = 63; \quad Z = 29; \quad N = 34$$

$$4) A = 89; \quad Z = 39; \quad N = 50$$

$$5) A = 112; \quad Z = 50; \quad N = 62$$

$$6) A = 238; \quad Z = 92; \quad N = 146$$

2-masala. ${}^{16}\text{O}_8$ izotop yadrosining massasi hisoblanсин.

Yechilishi:

Quyidagi formuladan foydalanamiz,

$$m_{\text{yad}} = M_A - Zm_e$$

Jadvalga asosan:

$$M_A = 15,9949 \text{ m.a.b.}$$

$$Zm_e = 8 \cdot 5,4860 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.} = 43,888 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.}$$

$$m_{\text{yad}} = 15,9949 - 0,0044 = 15,99005 \text{ m.a.b.}$$

Ya'ni bundan, atomning barcha og'irligi amalda yadroga yig'ilganligini ko'rishimiz mumkin.

3-masala. Massasi 4 g bo'lgan tabiiy uranda ${}^{235}\text{U}$ izotopining yadrolar soni qancha?

Yechilishi:

Uran ${}^{238}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$ va ${}^{234}\text{U}$ izotoplari tabiiy aralashmasining atom massasi quyidagiga teng:

$$\bar{M} = aM_{238} + bM_{235} + cM_{234} \quad (1)$$

bu yerda a , b va c – uran izotoplarining tabiiy aralashmasidagi ulushlari.

Massasi m kg bo'lgan tabiiy aralashmadagi atomlar soni (binobarin, yadrolar soni ham) $N_0 = m N_A / \bar{M}$ ni tashkil etadi. Bu yerda N_A – Avagadro soni.

Massasi m kg bo'lgan tabiiy urandagi ${}^{235}\text{U}$ izotopining atomlar sonini quyidagi formula orqali hisoblaymiz:

$$N = \frac{mN_A}{\bar{M}} a \cdot 10^{-2} \quad (2)$$

(2) ga (1) ifodani qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz:

$$N = \frac{mN_A \cdot a \cdot 10^{-2}}{aM_{238} + bM_{235} + cM_{234}} \approx 7,3 \cdot 10^{19}$$

4-masala. Yadrodagi nuklonlar konsentratsiyasi, yadro moddasining zichligi va yadrodagi elektr zaryadlarining hajmiy zichligi topilsin.

Yechilishi:

Atom yadrosining radiusi:

$$R = 1,4 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m}$$

ekanligidan yadroning massasi uning hajmiga to'g'ri proporsional, ya'ni ($A \sim R^3$). Binobarin hamma yadrolar bir xil nuklonlar konsentratsiyasi

$$n = \frac{A}{V} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{A}{(4/3)\pi(1,4 \cdot 10^{-15})^3 A} = 10^{44} \text{ nuklon/m}^3 = 10^{38} \text{ nuklon/sm}^3$$

va bir xil zichlikka ega, ya'ni:

$$\rho = n \cdot m = 10^{44} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \approx 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

bu yerda m – nuklon massasi.

5-masala. Tabiiy Bor atom massasi 10,811 ga teng. Uning massasi 10,013 va 11,009 bo'lgan ikkita izotoplardan tarkib topgan. Ularning foiz miqdori topilsin.

Yechilishi:

Tenglamalar sistemasini tuzamiz:

$$\begin{cases} 10,013x + 11,009y = 10,811 \\ x + y = 1 \end{cases}$$

bu yerda x va y mos holda yengil va og'ir izotoplar ulushi. Ushbu tenglamalar sistemasini yechib, quyidagi qiymatlarni olamiz:

$$x = 20\% \text{ (yengil izotop)}$$

$$y = 80\% \text{ (og'ir izotop)}$$

6-masala. Deyteriy va poloniy yadrolarining radiusi baholansin.

Yechilishi:

Yadro radiusi formulasiga asosan:

$$R = 1,4 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m}$$

$$\text{Deyteriy uchun} \quad R = 1,8 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

$$\text{Poloniy uchun} \quad R = 8,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

7-masala. Proton va neytronlardan 1g geliy (${}^4\text{He}_2$) hosil bo'lganda qancha energiya ajraladi?

Yechilishi:

Geliy atom yadrosi ikkita proton va ikkita neytrondan tashkil topganligi uchun uning atom massasi $M_{\text{He}} = 4,00337 \text{ m.a.b.}$

Neytronning tinchlikdagi massasi $m_n = 1,00897 \text{ m.a.b.}$

Proton tinchlikdagi massasi esa $m_p = 1,00758 \text{ m.a.b.}$

Geliy atomi hosil bo'lishdagi massa defekti:

$$\Delta m = 2(m_p + m_n) - M_{\text{He}} = 0,2923 \text{ m.a.b.}$$

Bitta geliy atomining hosil bo'lishidagi ajraladigan energiya:

$$\Delta E = \Delta m \cdot 931,44 \frac{\text{MeV}}{\text{m.a.b.}} = 27,26 \text{ MeV}$$

Massasi 1 g bo'lgan geliyda atomlar soni esa:

$$N = \frac{m}{A_{\text{He}}} N_A = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{4} = 1,504 \cdot 10^{23} \text{ (atom)}$$

Binobarin 1 g geliy hosil bo'lganda ajraladigan energiyani

$$E = \Delta E N$$

formula bo'yicha hisoblashlar natijasida $E = 40,797 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 65,275 \cdot 10^{10} \text{ J}$ ekanligi kelib chiqadi.

6.4-§. Radioaktivlik

Asosiy formulalar va uslubiy ko'rsatmalar:

Radioaktiv parchalanish qonuni:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

bu yerda N – radioaktiv elementning t vaqt momentidagi parchalan-magan yadrolar soni, N_0 – radioaktiv elementning dastlabki yadrolar soni, λ – radioaktiv parchalanish doimiysi.

Yarim parchalanish davri:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \text{yoki} \quad T = \frac{0,693}{\lambda} \quad (2)$$

Radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Radioaktiv parchalanish qonunini yarim parchalanish davri orqali ham ifodalash mumkin:

$$N = N_0 2^{-t/T_{1/2}}$$

Radioaktiv element aktivligi (vaqt birligi ichida parchalangan yadrolar soni).

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad (4)$$

Radioaktiv element (preparat)ning aktivligini eksponensial kamayish qonuni:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (5)$$

bu yerda A_0 – radioaktiv elementning boshlang'ich aktivligi.

Xalqaro birliklar sistemasida aktivlikning o'lchov birligi *1 Bekkerel* qabul qilingan bo'lib, u son jihatdan *1 sekunddagi 1 parchalanishga* teng. Ayrim hollarda aktivlikning Kyuri bilan ifodalanuvchi o'lchov birligi ham ishlatiladi va u Bekkerel o'lchov birligi bilan quyidagicha bog'langan:

$$1 \text{ Ku} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ parcha./s} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk,}$$

Parchalanish doimiysi λ_1 bo'lgan A_1 radioizotopning parchalanish doimiysi λ_2 bo'lgan A_2 radioizotopga aylanishida A_2 radioizotop vaqt bo'yicha quyidagicha o'zgaradi:

$$N_2(t) = N_1(0) \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad (6)$$

bu yerda $N_1(0)$, $t = 0$ momentdagi A_1 radioizotopning yadrolar soni.

I. Radioaktivlik hodisasiga taalluqli masalalarni yechishda quyidagi ikki holni farqlash kerak:

a) izolyatsiyalangan radioaktiv moddada radioaktiv parchalanish yuz berishini. Bu holda radioaktiv parchalanish qonuni (*I*) formuladan foydalaniladi.

Agar masala shartidan radioizotopning Δt – parchalanish vaati. berilgan radioizotopining T – yarim parchalanish davridan iuda kichik ($\Delta t \ll T$) ligi ma'lum bo'lsa, u holda parchalanmagan yadrolar soni N ni Δt vaat davomida deyarli o'zgar olmaydi va uni boshlang'ich yadrolar soni N_0 ga teng deb

hisoblash mumkin. U holda parchalangan yadrolar soni ΔN ni ushbu, $\Delta N = \lambda N_0 \Delta t$ formula yordamida topish mumkin.

b) biror hosilaviy radioaktiv modda bilan, uni hosil qiluvchi boshlang'ich boshqa bir radioaktiv modda bilan aralashmasida parchalanish yuz berayotgan hol. Bu holda esa, hosilaviy modda yadrolar sonining vaqt o'tishi o'zgarish qonuni (6) munosabat bilan ifodalanadi.

Ushbu alohida holga e'tibor beraylik: agar boshlang'ich radioaktiv moddaning yarim parchalanish davri T_1 , hosilaviy radioaktiv moddaning yarim parchalanish davri T_2 dan juda katta, ya'ni $T_1 \gg T_2$ bo'lsa, u holda, biror vaqt o'tgandan keyin, bu moddalar orasida radioaktiv muvozanat o'rnatiladi. Bunda, vaqt birligi ichida hosil bo'lgan hosilaviy modda yadrolarning soni parchalangan boshlang'ich modda yadrolarning soniga teng bo'ladi. Natijada har ikkala modda aktivligi bir xil bo'lib qoladi. U holda (4) va (2) ifodalardan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

yoki

$$N_1 \lambda_1 = N_2 \lambda_2 \quad (7)$$

Ayrim masalalarni yechishda massasi m bo'lgan radioaktiv modda tarkibidagi atomlar soni N ni topish talab qilinadi. Buning uchun quyidagi munosabatdan foydalanamiz:

$$N = N_A \nu = N_A \left(\frac{m}{\mu} \right) \quad (8)$$

bu yerda N_A – Avogadro soni, ν – preparatdagi modda miqdori, μ – izotopning molyar massasi.

Izotopning molyar massasi μ bilan nisbiy atom massasi M_r orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$\mu = 10^{-3} M_r, \text{ kg/mol} \quad (9)$$

(8) formula bo'yicha hisoblashlarni amalga oshirilganda, har bir izotopning nisbiy atom massasi M_r ga, massa soni esa A ga juda ham yaqin bo'ladi. Ya'ni $M_r \approx A$ bo'lganligidan (9) ifodani quyidagi ko'rinishda yoza olamiz:

$$\mu = 10^{-3} \cdot A \text{ kg/mol}$$

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Parchalanish doimiysi λ bo'lgan radioaktiv yadroning t vaqt oralig'ida parchalanish ehtimolligi topilsin.

Yechilishi:

Radioaktiv parchalanish jarayoni statistik xarakterga ega, ya'ni teng vaqt ichida umumiy atomlarning teng ulushi parchalanadi. Buni shunday tushuntirish mumkin. Agar yetarlicha katta boshlang'ich N_0 yadrolar soniga ega bo'lgan radioaktiv preparat bilan tajribani ko'p marta takrorlansa unda 0 dan t gacha vaqt oralig'ida har gal bir xil yadro ulushi $\Delta N/N_0$ parchalanadi. Ushbu kattalik berilgan vaqt oralig'ida yadrolar parchalanish ehtimolligi (P) deyiladi:

$$P = \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} \quad (1)$$

bu yerda N —vaqtning t momentida parchalanmay qolgan yadrolar soni. Bu ifodani radioaktiv parchalanishlar qonuni $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ni e'tiborga olib, quyidagicha yozamiz:

$$P = \frac{N_0 - N_0 e^{-\lambda t}}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t}$$

Javob: $P = 1 - e^{-\lambda t}$

2-masala. Aktivligi $A = 1 \text{ kKu}$ bo'lgani ^{60}Co radioizotopining mas-sasi aniqlansin. Ushbu aktivlik $t = 10,5$ yildan keyin qancha marta kama-yadi.

Yechilishi:

Aktivlik bilan radioaktiv element yadrolar soni orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$A = \lambda N \quad (1)$$

(8) formulaga asosan radioaktiv yadrolar soni:

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yamiz:

$$A = \frac{m\lambda}{M} N_A \quad (3)$$

λ va $T_{1/2}$ orasidagi bog'lanish ya'ni (2) formulaga ko'ra:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{T_{1/2}} \quad (4)$$

(4) ni (3) ga qo'yamiz,

$$A = \frac{mN_A}{M} \cdot \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

va m ni topamiz:

$$m = \frac{A M T_{1/2}}{N_A \cdot 0,693} \quad (5)$$

Formulaga masala shartidagi qiymatlarni qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz.

$$A = 1 \text{ kKu} = 10^3 \text{ Ku} = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 10^3 \text{ parcha. /s} = 3,7 \cdot 10^{13} \text{ Bk.}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}, M = 60 \cdot 10^3 \text{ kg/mol}, T_{1/2} = 5,25 \text{ yil} = 16556,4 \cdot 10^4 \text{ s.}$$

Ushbu kattaliklarning qiymatlarini (5) ifodaga qo'yamiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$m = 0,882 \cdot 10^{-3} \text{ kg yoki } m = 0,882 \text{ g.}$$

Endi $t = 10,5$ yilda aktivlikni qancha marta kamayishini aniqlash uchun $N = N_0 e^{-\lambda t}$ formuladan foydalanamiz.

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

$$\frac{N_0}{N} = e^{\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} = e^{\frac{0,693}{T_{1/2}} t} = 4$$

bundan N_0/N ni topamiz.

Javob: 4 marta kamayadi.

3-masala. Massasi 1 g bo'lgan izolyatsiyalangan ^{226}Ra radioizotopining aktivligi hamda uning aktivligi 10% ga kamayadigan vaqt aniqlansin.

Yechilishi:

Aktivlikni quyidagi formula bilan aniqlaymiz.

$$A = \lambda N \quad (1)$$

radioizotopdagi yadrolar soni

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yamiz va

$$A = \lambda \frac{m}{M} N_A$$

Bu formulaga son qiymatlarni qo'yib, $T_{1/2} (^{226}\text{Ra}) = 1620 \text{ yil}$ ekanligini topamiz.

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = 1,354 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ l/mol}$, $M = 226 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, aktivligini hisoblaymiz.

$$A = 3,61 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} = 0,975 \text{ Ku}$$

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

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

yoki

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

Bu ifodaning logarifmlasak:

$$\ln \frac{N_0}{N} = \ln e^{\lambda t}$$

bundan

$$\lambda t = \ln \frac{N_0}{N}$$

va

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{0,9 N_0} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{1}{0,9} = \frac{1}{1,354 \cdot 10^{-11}} \ln \frac{1}{0,9} \approx 243 \text{ yil}$$

4-masala. Berk idishda massasi $m = 0,1 \text{ g}$ bo'lgan radiy bor. Idishda, 24 soatdan keyin, qancha miqdorda radon yig'iladi? Radiyning yarim parchalanish davri 1600 yil, radonniki esa 3,8 kun.

Yechilishi: Masalani quyidagi formuladan foydalanib yechamiz.

$$N_{Rn} = N_{Ra} \frac{\lambda_{Ra}}{\lambda_{Rn} - \lambda_{Ra}} (e^{-\lambda_{Rn} t} - e^{-\lambda_{Ra} t})$$

Radiy atomlari miqdori:

$$N_{Ra} = \frac{m}{A_{Ra}} N_A$$

bu yerda N_A – Avogadro soni.

Radioaktiv parchalanish doimivlari:

$$\lambda_{Rn} = \frac{\ln 2}{T_1}, \quad \lambda_{Ra} = \frac{\ln 2}{T_2}$$

Binobarin

$$N_{\text{Rn}} = \frac{mN_A}{A_{\text{Rn}}} \left[(e^{\ln 2})^{-t/T_1} - (e^{\ln 2})^{-t/T_2} \right] \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Bu formulaga masala shartidagi quyidagi qiymatlarni qo'yamiz:

$$m = 0,1 \text{ g} = 10^{-4} \text{ kg}, \quad t = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}, \quad A_{\text{Rn}} = 226 \cdot 10^3 \text{ kg/mol.}$$
$$N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad T_1 = 5,05 \cdot 10^4 \text{ s}; \quad T_2 = 3,3 \cdot 10^5 \text{ s.}$$

Hisoblash natijasida quyidagi javobni olamiz:

$$N_{\text{Rn}} \approx 32 \cdot 10^{14} \text{ (atom)}$$

5-masala. Massasi 1 mg bo'lgan *seriy-144* radioizotopining qancha yadrosi, a) 1 s va b) 1 yil vaqt oralig'larida parchalanishini aniqlang: Seriyning yarim yemirilish davri 285 kun .

Yechilishi:

Masalani radioaktiv parchalanish qonuni yordami bilan yechamiz.

a) holda $\Delta t = 1 \text{ s}$ vaqt oralig'i radioizotopining yarim parchalanish davridan juda ham kichik, ya'ni $\Delta t \ll T$ bo'lgani uchun, ushbu vaqt oralig'ida yadrolar soni deyarli o'zgarmay qoladi va boshlang'ich yadrolar soni N_0 ga teng bo'ladi. U holda parchalangan yadrolar soni ΔN ni topish uchun radioaktiv parchalanish qonunining quyidagi ifodasidan foydalanamiz:

$$-dN = \lambda N dt \quad (1)$$

buni quyidagicha yozamiz.

$$\Delta N = \lambda N_0 \Delta t \quad (2)$$

λ bilan $T_{1/2}$ orasidagi bog'lanish $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ ni hisobga olib (2) ni quyidagicha yozamiz:

$$\Delta N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N_0 \Delta t \quad (3)$$

Boshlang'ich yadrolar (atomlar) sonini quyidagi formula bilan topamiz:

$$N_0 = \frac{m}{M} N_A \quad (4)$$

(4) va (3) dan quyidagi ifodani olamiz:

$$\Delta N = \frac{\ln 2 \cdot N_A \cdot m \cdot \Delta t}{T_{1/2} \cdot M} \quad (5)$$

Bu formulaga masala shartidagi $N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $m = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$, $\Delta t = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$, $T_{1/2} = 285 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}$, $M = 0,144 \text{ kg/mol}$, $\ln 2 = 0,693$ katta-liklar qiymatlarini Xalqaro birliklar sistemasida ifodalab, hisoblash ishlarini bajaramiz va quyidagi qiymatini olamiz:

$$\Delta N = 1,2 \cdot 10^{11}$$

b) holda Δt va T kattaliklar bir xil tartibda bo'lgani uchun radioaktiv parchalanish qonunini differensial ko'rinishda foydalanib bo'lmaydi. Shuning uchun masalani yechishda radioaktiv parchalanish qonunining integral ko'rinishidan foydalanamiz, ya'ni:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (6)$$

Bundan quyidagini olamiz

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) \quad (7)$$

(7) ifoda va $T \lambda = \ln 2$ ekanligini hisobga olib (7) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\Delta N = \frac{N_A m}{M} (1 - e^{-(\ln 2) n / T}) \quad (8)$$

va $e^{\ln 2} = 2$ ekanligini hisobga olsak (8) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\Delta N = \frac{N_A m}{M} (1 - e^{-1/T}) \quad (9)$$

(9) ifodaga kattaliklarning son qiymatini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi javobni olamiz:

$$\Delta N = 2,5 \cdot 10^{18}$$

6-masala. Massasi 1 g bo'lgan radiy bilan muvozanatda bo'lgan radonning massasi va hajmi topilsin.

Yechilishi:

Masalani yechish uchun radioaktiv parchalanishning muvozanat shartidan foydalanamiz.

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$$

Bundan

$$N_2 = N_1 \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (1)$$

bu yerda λ_1 va λ_2 lar mos ravishda radiy va radonning parchalanish doimiylari, N_1 va N_2 esa mos ravishda radiy va radon atomlar soni.

Radiy va radon atomlar sonini quyidagicha topamiz

$$N_1 = \frac{m_1}{M_1} N_A \quad (2)$$

$$N_2 = \frac{m_2}{M_2} N_A \quad (3)$$

(2) va (3) ni (1) ga qo'yamiz va quyidagini olamiz

$$m_2 = \frac{M_2 \lambda_1}{M_1 \lambda_2} m_1 \quad (4)$$

(4) formulaga Xalqaro birliklar sistemasida ifodalangan $M_1 = 226 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $M_2 = 222 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $m_1 = 10^{-3} \text{ kg}$, $\lambda_1 = 1,39 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$, $\lambda_2 = 2,1 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$ kattaliklarni qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagini olamiz: $m_2 = 6,5 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$. Normal sharoitda $222 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ radon $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ hajmini egallaydi. U holda izlanayotgan hajm

$$V = V_0 \frac{m_2}{M_2}$$

Bu formulaga kattaliklar qiymatlarini qo'yamiz va $V = 6,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3$ ga teng ekanligini topamiz.

6.5-§. Yadro reaksiyalari

Asosiy formulalar va uslubiy ko'rsatmalar:

Yadro reaksiyalarning eng ko'p tarqalgan turiga yengil a zarra bilan A yadro o'zaro ta'sirlashish natijasida yengil b zarra va B yadro hosil bo'lish jarayoni misol bo'ladi:



yoki qisqacha $A(a, b)B$.

Ushbu ifodadagi a va b zarra sifatida neutron (n), proton (p), alfa-zarra (α), deyton (d) va gamma-kvant (γ) olish mumkin.

Barcha yadroviy reaksiyalarida quyidagi saqlanish qonunlari bajariladi:

- massa (yoki energiya) ning saqlanish qonuni;
- elektr va barion zaryadning (massa soni) saqlanish qonuni;
- impulsning saqlanish qonuni;
- spinning saqlanish qonuni.

Reaksiya energiyasi Q harfi bilan belgilanadi va $E_{01} - E_{02}$ ayirmaga son jihatdan teng, ya'ni:

$$Q = E_{01} - E_{02} = T_2 - T_1$$

(2)

Bu yerda $E_{01} - E_{02}$ – zarralar tinchlikdagi energiyasi, T_1 va T_2 esa kinetik energiyasi. Bu kattaliklarni A (a,b) B reaksiya uchun quyidagicha yozish mumkin.

$$E_{01} = M_A c^2 + m_a c^2 \quad (3)$$

$$E_{02} = M_B c^2 + m_b c^2 \quad (4)$$

$$T_1 = T_A + T_a \quad (5)$$

$$T_2 = T_B + T_b \quad (6)$$

Agar $Q > 0$ bo'lsa, yadro reaksiyasida energiya ajraladi va ekzoenergetik reaksiya deyiladi. Agar $Q < 0$ bo'lsa, yadro reaksiyasida energiya vutiladi va endoenergetik reaksiya deyiladi.

Masalalar yechishda quyidagi formuladan foydalanish qulaydir:

$$Q = c^2 (\sum M_i - \sum M_f) \quad (7)$$

Bu yerda $\sum M_i$ – yadro reaksiyasiga kirishuvchi zarralar massalari yig'indisi;

$\sum M_f$ – hosil bo'lgan zarralar massalari yig'indisi.

Endoenergetik reaksiyalar ostona energiyasi:

$$E_{ost} = \frac{m_a + M_A}{M_A} |Q| \quad (8)$$

bu yerda m_a va M_A – uchib kelayotgan a zarra va nishon yadro massalari, $|Q|$ – reaksiya energiyasining absolyut qiymati. Gamma-kvantlar ta'sirida yuz beradigan, ya'ni fotoyadro reaksiyalar uchun $E_{ost} = |Q|$ bo'ladi.

Yadro reaksiyalari bo'yicha masala yechganda yuqorida sanab o'tilgan saqlanish qonunlaridan foydalaniladi. Elektr zaryadini va barion zaryadini (massa soni A ning) saqlanish qonunlari reaksiyada qatnashuvchilaridan (yoki ular mahsulotlaridan) bittasi noma'lum bo'lgan holda reaksiya tenglamasini to'g'ri yozishga yordam beradi. Energiva va impulsning saqlanish qonunlari esa reaksiya mahsulotlarining kinetik energiyalarini va ularning uchish yo'nalishlarini aniqlashga yordam beradi.

Bombardimon qiluvchi zarra bilan nishon yadroning to'qnashish jarayonida zarraning yadro tomonidan yutilishi, noelastik to'qnashish deb qaraladi.

Yadro reaksiyasi uchun yozilgan energiyaning saqlanish qonunida to'liq energiya deb relyativistik energiya tushuniladi, ya'ni, $E = mc^2$. Bu energiya zarralarning tinchlikdagi energiyalari m_0c^2 va ularning kinetik energiyalari T yig'indisiga teng.

Saqlanish qonniga asosan to'liq relyativistik energiya:

$$\boxed{\sum m_0c^2 + \sum T = \sum m_0'c^2 + \sum T'}$$
 (9)

bu yerda $\sum m_0c^2$ – reaksiyaga kirgan zarralarning tinchlikdagi energiyalari yig'indisi. $\sum T$ – ularning kinetik energiyalari yig'indisi. O'ng tomonda esa reaksiyadan keyingi zarralarga tegishli kattaliklar ko'rsatilgan.

Yadro reaksiyalaridagi (7) ifoda bilan aniqlanuvchi reaksiya energiyasining kattaligi $Q = 10 \text{ MeV}$ tartibida bo'ladi. Eng yengil zarra ${}^1\text{H}$ (ya'ni *proton*) tinchlikdagi energiyasi esa 938 MeV ga teng. Bu yerda zarralar va yadrolar tezligini hisoblanganda, ularni quyidagi ikki holda norelyativistik (*klassik*) deb hisoblash mumkin:

- 1) agar ushbu zarralar sekin harakatlanuvchi zarralar to'qnashishi natijasida yuz bergan yadro reaksiyaning mahsuloti bo'lsa,
- 2) agar so'z yadro reaksiyalari ostona energiyasini hisoblash to'g'risida borayotgan bo'lsa.

Yadro reaksiyasi energiyasining qiymati, yengil zarralar, elektron va pozitronlarning tinchlikdagi energiyasi ($0,511 \text{ MeV}$) dan katta. Shuning uchun, reaksiya mahsuloti tezligi yoki impulslarini topishda quyidagi relyativistik formulalardan foydalanish zarur:

$$\boxed{p = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \beta c = m_0c \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}}$$
 (10)

$$\boxed{T = mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right)}$$
 (11)

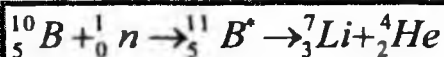
bu yerda p-zarra impulsi, m_0 -zarraning tinchlikdagi massasi. T-zarra kinetik energiyasi, $\beta = v/c$, v - zarra tezligi, c - yorug'likning va-kuumda tarqalish tezligi.

MASALA YECHISH UCHUN NAMUNALAR

1-masala. Tinch turgan bor yadrosi bilan o'ta sekin neytronlar o'zaro ta'siri natijasida yuz beradigan quyidagi $^{10}B(n,\alpha) ^7Li$ yadro reaksiyasining Q energiyasi aniqlansin.

Yechilishi:

$^{10}B(n,\alpha) ^7Li$ yadro reaksiyasi quyidagi mexanizm bo'yicha yuz beradi. Bor $^{10}B_5$ yadrosi sekin 1n_0 neytronlarni yutadi (ya'ni o'ziga qo'shib oladi) va oraliq $^{11}B_5$ yadrogga aylanadi. Ushbu yadro kuchli qo'zg'algan (uyg'ongan) holatda bo'lgani uchun, o'zidan α -zarra (4He_2) chiqaradi va litiy 7Li yadrosiga aylanadi. Ushbu reaksiya jarayonini yoyib yozsak,



Reaksiya energiyasi Q ni (7) ifoda yordamida topamiz:

$$Q = c^2 \left[(m_{^{10}B} + m_n) - (m_{^7Li} + m_{^4He}) \right]$$

Yadrolarning tinchlikdagi massalarini ushbu yadro atomlarining tinchlikdagi massalariga almashtiramiz va jadvaldan olingan atom massalarini oxirgi ifodaga qo'yamiz:

$$Q = 931 \cdot (10,01294 + 1,00867 - 7,01601 - 4,00260) MeV = 2,80 MeV$$

Reaksiya mahsulotlari bo'lgan litiy 7Li va α -zarralarning kinetik energiyasini topish uchun (11) shaklda yozilgan relyativistik energiyaning saqlanish qonunini (7) hisobga olgan holda yozamiz:

$$\sum T^i = \sum T + Q \quad (1)$$

Masala shartiga ko'ra $\sum T$ kattalikni hisobga olmasa ham bo'ladi. U holda 7Li va 4He_2 zarralar kinetik energivalarining yig'indisi:

$$Q = T_{Li} + T_{He} \quad (2)$$

T_{Li} va T_{He} noma'lumlarni bog'lovchi ikkinchi bir tenglamani tuzish uchun impulsning saqlanish qonunini qo'llaymiz. Zarralar impulslari yig'indisi, reaksiyagacha nolga teng desak, u holda reaksiyadan keyin ham u nolga teng bo'ladi.

$$\vec{P}_{Li} + \vec{P}_{He} = 0 \quad (3)$$

Bu yerdan impuls modullari uchun:

$$P_{Li} = P_{He} \quad (4)$$

Zarralar impulslari tenglamalaridan ularning kinetik energiyasi tenglamalariga o'tamiz

$$T_{Li} = \frac{P_{Li}^2}{2m_{Li}}, \quad T_{He} = \frac{P_{He}^2}{2m_{He}} \quad (5)$$

(4) va (5) dan

$$m_{Li} T_{Li} = m_{He} T_{He} \quad (6)$$

ni hosil qilamiz. (2) va (6) tenglamalarni birgalikda yechib,

$$T_{Li} = Q m_{He} / (m_{Li} + m_{He})$$

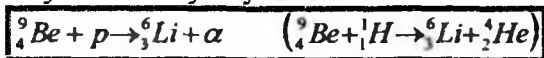
$$T_{He} = Q m_{Li} / (m_{Li} + m_{He})$$

tenglamalarni olamiz. m_{He} va m_{Li} yadro massalar qiymatini butun songa yaxlitlab quyidagilarni topamiz:

$$T_{Li} = \frac{4Q}{11} = 1,02 \text{ MeV}$$

$$T_{He} = \frac{7Q}{11} = 1,78 \text{ MeV}$$

2-masala. Proton berilliy yadrosi bilan to'qnashganda quyidagi yadro reaksiyasi yuz beradi:



Reaksiya energiyasi topilsin.

Yechilishi:

Yadro reaksiya energiyasi (7) ifodadan

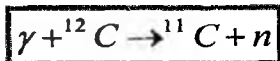
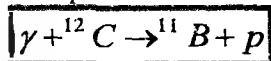
$$\Delta E = c^2 (\sum M_i - \sum M_n)$$

Bizning hol uchun yozsak:

$$\Delta E = c^2 (m_{Be} + m_p) - (m_{Li} + m_\alpha)$$

Atomlar massalari jadvalidan Be , p , Li , α massalarini topib oxirgi ifodaga qo'yamiz ($c^2 = 931 \text{ MeV/m.a.b}$) va quyidagi qiymatni olamiz $\Delta E = 8,6 \text{ MeV}$.

3-masala. Quyidagi fotoyadro reaksiyasining ostona energiyasi topilsin:



Yechilishi:

Yuqori energiyali γ -kvantlar ta'sirida vuz beradigan vadro reaksiyalariga fotoyadro reaksiyasi deviladi. Ushbu reaksiya endoenergetik reaksiya bo'lgani uchun, u ostona energiyasiga egadir. (8) ifodani fotoyadro reaksiyasi uchun yozamiz.

$$E_{ost} = |Q|$$

(7) ifodadan Q ni topamiz,

$$Q = c^2 (\sum M_i - \sum M_f) \quad (1)$$

$$\sum M_i = m_c = 12 \text{ m.a.b.}$$

$$\sum M_f = m_B + m_p = (11,00930 + 1,0078) \text{ m.a.b.}$$

Ushbu qiymatlarni (1) ga qo'yamiz.

$$Q = 931 \frac{\text{MeV}}{\text{m.a.b.}} (12 - (11,00930 + 1,00783)) = -15,96 \text{ MeV}$$

Xuddi shunga o'xshash hisoblashlarni ikkinchi reaksiya uchun ham bajaramiz va quyidagini olamiz:

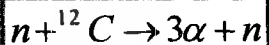
$$Q = -18,72 \text{ MeV}$$

demak,

$$E_{ost}(\gamma, p) = |Q| = 15,96$$

$$E_{ost}(\gamma, n) = |Q| = 18,72$$

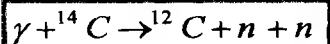
4-masala. Quyidagi reaksiyaning ostona energiyasi topilsin:



Yechilishi:

Atom massalari jadvalidan, hamda (7) va (8) ifodalardan foydalanib, $E_{ost} = 7,8 \text{ MeV}$ ekanligini topamiz.

5-masala. Quyidagi reaksiyaning ostona energiyasi topilsin:



Yechilishi: (7) ifoda va ilovadagi neytral atomlar massalari jadvalidan foydalanib, $E_{ost}(\gamma, 2n) = 18,2 \text{ MeV}$ topamiz.

6.6-8. MUSTAOIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. To'liq uzunligi $0,5 \text{ mkm}$, $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ sm}$ va $0,02 \text{ \AA}$ ga teng bo'lgan fotonlarning impulsini eV/c . (*c*-yorug'lik tezligi) da hisoblang.
2. To'liq uzunligi $0,016 \text{ \AA}$ ga teng bo'lgan fotonning energiyasi, impulsi va massasini aniqlang.
3. To'liq uzunligi $\lambda = 500 \text{ nm}$ bo'lgan yorug'lik fotonining energiyasiga mos kelgan massani toping.
4. To'liq uzunligi $\lambda = 500 \text{ nm}$ bo'lgan foton impulsini toping. Uni xona temperaturasidagi vodorod molekulasi impulsi bilan taqqoslang. Vodorod molekulasining massasi $m = 2,35 \cdot 10^{-24} \text{ g}$.
5. To'liq uzunligi $0,5 \text{ mkm}$ va monoxromatik yorug'likning sirtidan qaytish koeffitsiyenti $0,8$ teng va u sirtga $1,43 \text{ Pa}$ teng bosim beradi. Sirtga yaqin joydagi fotonlar kontsentratsiyasini toping.
6. Agar rentgen nurlar trubkasi $U = 30 \text{ kV}$ kuchlanishda ishlasa, uzluksiz rentgen nurlar spektridagi minimal to'liq uzunligini aniqlang.
7. Rentgen nurlari intensivligini 128 marta kamaytirish uchun yarim kuchsizlantiruvchi qatlamdan qanchasi kerak bo'ladi?
8. To'liq uzunligi $0,25 \text{ mkm}$ bo'lgan yorug'lik ta'sirida rux sirtidan chiqayotgan fotoelektronlarning maksimal tezligi aniqlansin. Fotoeffekt qizil chegarasi nimaga teng?
9. To'liq uzunligi $\lambda = 250 \text{ nm}$ bo'lgan monoxromatik nurlanish bilan nurlantirilgan mis elektrodan uchib chiquvchi fotoelektronlarning maksimal tezligini toping. Mis uchun elektronning chiqish ishi $P = 4,47 \text{ eV}$.
10. To'liq uzunligi $\lambda = 700 \text{ nm}$ bo'lgan foton (spektrning ko'rinuvchi sohasi) erkin elektronidan $\theta = \pi/2$ burchak ostida sochildi. Aniqlang: a) bunda foton dastlabgi energiyasining qancha qismini yoqotadi; b) elektron qanday β tezlik oladi.
11. Vodorod atomidagi 1) birinchi uchta Bor elektron orbitalarining radiuslarini, 2) ulardagi elektronlar tezligini toping.

12. Vodorod atomidagi yadro bilan elektron orasidagi Kulon va gravitatsion ta'sirlashuv kuchlar nisbatini toping.
13. Vodorod atomi yadrosining birinchi va to'rtinchi Bor orbitalaridagi elektr maydon kuchlanganligi topilsin.
14. Qo'zg'almas oltin yadrosiga uning markazidan o'tuvchi to'g'ri chiziq bo'ylab tezligi $v = 1,9 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ ga teng bo'lgan α -zarra yaqinlashib kelmoqda. Ushbu zarra yadroga qancha masofagacha yaqinlashishi mumkin?
15. J.J. Tomson modeli bo'yicha vodorod atomi musbat zaryadlangan shar bo'lib, uning ichida manfiy zaryadga ega bo'lgan nuqtaviy elektron joylashgan. Klassik nazariya bo'yicha mazkur modelidagi elektronning tebranish chastotasi aniqlansin.
16. Tomson modeliga asosan vodorod atomining radiusini va undan chiqayotgan yorug'lik to'lqin uzunligi hisoblansin. Vodorod atomining ionizatsiya energiyasi $E = 13,6 \text{ eV}$.
17. Vodorod atomining n chi orbitasidagi elektronning harakatiga mos keluvchi tok zichligini aniqlang.
18. Vodorod atomi birinchi Bor orbitasidagi elektronning magnit momenti aniqlanilsin.
19. Vodorod atomi uchun Balmerning birinchi uchta seriyasiga mos keluvchi to'lqin uzunliklarini aniqlang. Ridberg doimiysi $R = 109677,58 \text{ sm}^{-1}$.
20. Vodorod atomining Balmer seriyasi chiziqlaridan birining nurlanish chastotasi $\nu = 6,17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ga teng. Ushbu seriyadagi bir-biriga yaqin bo'lgan ikkita chastota hisoblanisin.
21. Layman, Pashen, Brekktet va Pfundning birinchi uchta seriyasiga mos keluvchi to'lqin uzunligini aniqlang.
22. Alyuminiy $^{27}\text{Al}_{13}$ yadrosining bog'lanish energiyasini toping.
23. Kislorod $^{17}\text{O}_8$ yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasini toping.
24. Veyszekker formulasidan foydalangan holda $^{238}\text{U}_{92}$ va $^{60}\text{Ni}_{28}$ yadrolar uchun solishtirma bog'lanish energiyasini aniqlang.
25. Bir xil proton va neytronlarga ega, radiusi esa ^{27}Al yadrosidan bir yarim marta kichik bo'lgan yadroning bog'lanish energiyasini toping.
26. Neytronning kislorod $^{17}\text{O}_8$ yadrosidagi bog'lanish energiyasi topilsin.
27. Agar ^{20}Ne , ^4He va ^{12}C yadrolarning bir nukloniga to'g'ri keluvchi energiyalari $8,03$, $7,07$ va $7,68 \text{ MeV}$ ga teng bo'lsa, ^{20}Ne va ^{12}C yadrolarini ikkita α -zarraga bo'lish uchun kerak bo'lgan energiyani hisoblang.
28. Yadro moddasining o'rtacha zichligi va yadro hajmining nuklonlar egallagan qismini toping.
29. Ushbu: a) ^6Li yadrosining bog'lanish energiyasi $41,3 \text{ MeV}$; b) ^{11}C yadrosining bir nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyasi $6,04 \text{ MeV}$ bo'lsa, ularning massalarini m.a.b. larida hisoblang.

30. ${}^3\text{He}_2$, ${}^4\text{He}_2$, ${}^7\text{Li}_3$ yadrolarning solishtirma bog'lanish energiyalarini taqqoslang.
31. ${}^{16}\text{O}_8$, ${}^{27}\text{Si}_{14}$ va ${}^{60}\text{Co}_{27}$ yadrolarining solishtirma bog'lanish energiyalarini Veyszekkerning yarim empirik formulasidan foydalanib hisoblang.
32. O'rtacha yashash vaqti τ bo'lgan radiaktiv preparat yadrolarining dastlabki miqdorining qanchasi a) $t = 10\tau$ vaqtdan keyin qoladi; b) $t_1 = \tau$ va $t_2 = 2\tau$ vaqt oralig'ida emiriladi?
33. Biror radioaktiv moddaning o'rtacha yashash vaqti $\tau = 1,00$ s. Yadroning t parchalashish vaqti: a) $1,0$ s; b) $10,0$ s; c) $0,100$ s bo'lgandagi, parchalanish ehtimolligi R ni topig.
34. Radioaktiv yod ${}^{128}\text{I}$ yadrosining birinchi sutkadagi yemirilish ehti-molligi, ikkinchi sutkadagi emirilish ehtimolligidan qancha marta katta?
35. Parchalanish doimiysi ma'lum deb hisoblab, radioaktiv parchalanish qonunidan kelib chiqqan holda quyidagi kattaliklarni aniqlang: a) radioaktiv yadro parchalanish davri $T_{1/2}$; b) yadroning o'rtacha yashash vaqti τ , c) $T_{1/2}$ va τ kattaliklar orasidagi bog'lanishlar.
36. Preparat tayyorlangandan keyingi ikkinchi hafta davomida radioaktiv fosfor ${}^{32}\text{P}$ yadrosining qancha qismi emiriladi?
37. Agar 1 sutka davomida 1 mln. Radon atomidan 175000 tasi par-chalansa, uning yarim parchalanish davri nimaga teng?
38. Bir sutkada poloniyniing million atomidan qancha qismi parchalanadi.
39. Kobalt yadrosining yarim emirilishi $71,3$ sutka. Bir oyda uning qancha qismi parchalanadi?
40. Bir yil davomida radioaktiv elementning 60% i parchalangan bo'lsa, radioaktiv elementning yarim parchalanish davri nimaga teng?

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALARNING JAVOBLARI

I BOB

2. $x = 86,6 t$; $y = 400 + 50 t$; $y = 400 + 0,58x$

3. $t = 30 s$; $g_p = 3 m/s$; $S_{od} = 45 m$.

4. $12 m/s$.

5. $20 s$.

6. $54 m$.

7. 1) $g_{1x} = 10 + 0,8t$ tezlanuvchan; 2) $g_{2x} = 2 - 2t$, sekinlanuvchan, $1 s$ dan keyin tezlanuvchan; 3) $g_{3x} = -4 + 4t$ sekinlanuvchan, $1 s$ dan keyin tezlanuvchan; 4) $g_{4x} = -1 - 12t$ tezlanuvchan.

8. $360 m/s^2$.

9. $\frac{S}{\pi dt}, \frac{2S^2}{dt^2}$.

10. $0,8 s^{-1}$.

11. $20 t$.

12. $2 m/s$.

13. $15 t$.

15. $2 m/s^2$.

16. $2 t$.

17. Agar qo'lidan chiqarib yuborilsa, unda kosmonavtning kemaga nisbatan vaziyati o'zgarmaydi; agar otib yuborsa, unda kosmonavt ham harakatga keladi.

18. $1 sm$.

19. $3,8 m/s^2$.

20. $8,8 m/s^2$.

21. $500 kg$.

22. $6 sm$.

23. $49 marta$.

24. $4 s$.

25. Son jihatdan $\frac{g}{2}(2n-1)$ ga teng.

26. $g_0 = \frac{h_2 - h_1}{2h_1} \sqrt{2gh_1}$.

27. $40 m$; $2 s$; $4 s$.

28. a) $y = 20 - 5t^2$; b) $y = 25 + 20t - 5t^2$; $5 s$.

29. $4 s$; $4 s$; $40 m$; $80 m$.

30. $11,7 m/s$; gorizontga 59° burchak ostida.

31. $4 h$.

32. $x = 8,7$; $y = 20 + 5t - 4,9t^2$; $y = 20 + 0,58x - 0,065x^2$

a) $x = 17,4 m$; $y = 10 m$

b) $2,6 s$

d) $22 m$.

33. 8,5 kN; baraban devorlariga deyarli perpendikulyar holda.

34. 3,6 km/s.

II BOB

1. $2 m^3$, $2 m^3$.

2. N_A/M ; N_{AP}/M ; N_{AM}/M ; N_{APV}/M .

3. $3,9 \cdot 10^{18}$.

4. 10^6 atrofida.

5. 710 m/s.

6. 10^{-21} J.

7. 6 marta ortadi.

8. $127^\circ C$.

9. $6 \cdot 10^{21}$ J; $2 \cdot 10^{26} m^{-3}$.

10. 10^{22} .

11. 4 marta.

12. $6 \cdot 10^6$ marta.

13. 200 m/s.

14. 4 mol.

15. 2 l.

16. Qishda 1,3 marta.

$$m < \frac{M_p V}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = 17,7 \text{ g}$$

17.

18. 9,5 l.

19. 390 MJ.

20. $677^\circ C$.

21. 50 sm^3 .

22. 210.

$$23. \frac{V + nV_0}{V} P_0.$$

25. $77^\circ C$.

26. 210 kPa (atmosfera bosimidan yuqori).

27. 400 kJ.

28. 1,7 kJ; 5,8 kJ.

29. 3,3 MJ; 6,1 MJ.

30. 0,3 kJ.

$$31. \frac{c_p M}{c_p M - R} = 1,4 \text{ marta}$$

32. $\Delta U = 12,4 \text{ kJ}$; $A = 8,3 \text{ kJ}$; $Q = 20,7 \text{ kJ}$.

33. 20 min; 700 l.

34. 80 l va 120 l.

III BOB

1. 10 sm .
3. 2 mN .
4. $r^2 / \pi \epsilon_0 a^2$.
5. a) bir xil b) ikkinchisining og'ish burchagi katta.
6. 40 kV/m ; 10 kV/m .
7. Zaryadlarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziqda $1/3a$ va katta zaryaddan $2/3a$ masofada; o'sha chiziqda kichik zaryaddan a va katta zaryaddan $2a$ masofada.
8. 3° .
9. $1,4 \mu\text{C/m}^2$; 0 ; 90 kV/m .
10. 20 kV/m .
11. 30 kV/m ; 0 .
12. 2 .
13. kamayadi; o'zgarmaydi.
14. $10 \mu\text{J}$; $-10 \mu\text{J}$.
15. $1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$; $-1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$; $5,9 \text{ Mm/s}$.
16. 20 kV/m .
17. 3000 ; 1800 .
18. $4,5 \mu\text{J}$ ga ortadi.
19. Ikkinchisida 100 marta ko'p.
20. 20 pF .
21. Mumkin emas.
22. 1 sm .
23. 310 nC .
24. $(r+1)/2$ marta ortgan; o'zgarmagan; $(r+1)/2$ marta kamayadi.
25. $220 \mu\text{J}$.
26. a) 2 marta kamayadi; o'zgarmaydi b) 2 marta ortadi; 4 marta ortadi.
27. 100 V ; $0,1 \text{ kJ}$.
28. $0,25 \text{ mm/s}$.
29. $0,15 \text{ mm/s}$.
30. 20 mV/m .
31. 13 marta.
32. 2 A ; 2 Om ; 8 V ; 12 V .
33. 100 m .
34. $19,8 \text{ kOm}$; $2,2 \text{ Om}$.

IV BOB

1. $a_x = -20x$; $-0,1 \text{ m/s}^2$; $0,2 \text{ m/s}^2$.
2. 80 sm .
3. 6 sm ; 50 Hz ; 20 ms .
4. $1,4 \text{ sm}$; $-1,4 \text{ sm}$.

5. $1,9 \text{ m/s}$; $1,1 \text{ m/s}^2$.
6. $x=0,001\cos 1000\pi t$; $g_x=-\pi\sin 1000\pi t$; $a_x=-1000\pi^2\cos 1000\pi t$; $3,14 \text{ m/s}$; $9,9 \text{ km/s}^2$.
7. 4 kg .
8. 2 marta kamayadi .
9. 18 sm ; 50 sm .
10. 2 marta kamayadi .
11. $\sqrt{1 + \frac{qE}{mg}}$ marta ortadi.
12. $2,8 \text{ J}$; $3,8 \text{ m/s}$.
13. $1/8 \text{ T}$; $3/8 \text{ T}$; $5/8 \text{ T}$; $7/8 \text{ T}$.
14. $2,7 \text{ km/soat}$.
15. $0,25 \mu\text{s}$.
16. 710 kHz dan 71 MHz gacha.
17. $Q=0,6 \text{ J}$.
18. $I_m=0,1 \text{ A}$.
19. $e=0,1\pi\sin 10\pi t$, ramka tekisligiga o'tkazilgan normal kuch chiziqlariga parallel 5 s^{-1} ; $0,01 \text{ Wb}$; $0,314 \text{ V}$.
20. 100 .

V BOB

1. $0,8 \text{ m}$.
2. $3,9$.
3. $12,6 \text{ lm/W}$; $10,2 \text{ lm/W}$.
4. Yerniki 27 marta katta.
5. $8,8 \text{ marta}$.
6. 60° .
7. 35 lx ; 14 lx .
8. Gorizontga 45° burchak ostida.
9. O'zgarmaydi.
10. 49° .
11. 52° .
12. 39° .
13. 14 sm .
14. $1,1 \text{ m}$.
15. 27° ; 37° ; 57° .
16. 56° .
17. 5 D ; -10 D .
18. 50 sm ; $4 \text{ marta kattalashtirilgan}$.
19. 16 sm .
20. $-7,5 \text{ D}$.

- $\frac{mF}{m+1} (m+1)$
 21. $m+1$ marta.
 22. Yoritilganlik kamayadi.
 23. 1 ms.
 24. 2,5 D.
 25. 2 D.

VI BOB

1. 2,5 eV/c, 5 eV/c, 0,6 eV/c.
 2. $1,15 \cdot 10^{-13}$ J; $1,38 \cdot 10^{-30}$ kg; $4,1 \cdot 10^{-22}$ kg m/s.
 3. $m = hv/c^2 = h/c\lambda \approx 0,44 \cdot 10^{-32}$ g.
 4. $p = hv/c = h/\lambda \approx 1,3 \cdot 10^{-22}$ g·sm/s. Vodorod molekulasi impulsini
 $p \approx \sqrt{3kTM} \approx 5,4 \cdot 10^{-19}$ g·sm/s.
 5. $2 \cdot 10^{-3}$ m³.
 6. 41 pm.
 7. $n = \ln 128 / \ln 2 = 7$.
 8. $6,5 \cdot 10^5$ m/s; $\approx 0,33$ mkm.
 9. $g_{\text{min}} = c \sqrt{\frac{2}{m_0 c^2} \left(\frac{hc}{\lambda} - p \right)} = 527$ km/s
 10.a) $\Delta E / E = \lambda_c / (\lambda + \lambda_c) \approx \lambda_c / \lambda = 0,347 \cdot 10^{-5}$
 $(\lambda_c = 2\pi\hbar \quad ,002426 \text{ — elektronning Kompton to'liqin uzunligi})$
 b) $g = 2\pi\hbar\sqrt{2} / \lambda m_e = 1,47$ km/s
 11. 1) $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ m; $r_2 = 2,12 \cdot 10^{-10}$ m; $r_3 = 4,47 \cdot 10^{-10}$ m; 2) $g_1 = 2,19 \cdot 10^6$ m/s;
 $g_2 = 1,1 \cdot 10^6$ m/s; $g_3 = 7,3 \cdot 10^5$ m/s.
 12. $2,27 \cdot 10^{39}$
 13. $E_1 = 5,13 \cdot 10^9$ V/sm, $E_4 = 32 \cdot 10^7$ V/sm.
 14. $r \approx 3,0 \cdot 10^{-14}$ m
 15. $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{e^2}{ma^3}}$, bu yerda a - musbat zaryadlangan sfera radiusi, ya'ni Tomson atomining radiusi, e - elektronning zaryadi va m - elektronning massasi.
 16. $r \approx 0,16$ nm $\lambda = 0,24$ mkm
 17. $j = e g = \frac{enh}{2\pi mr}$

$$18. p_m = \frac{ehc_0}{2m_e} = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$19. r = 2,42 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

$$20. 212 \text{ pm.}$$

21. Uchinchi orbitdan ikkinchisiga, ikkinchidan birinchisga va uchinchidan birinchigacha o'tganda turli energiyali kvantlar chiqadi.

$$22. 1 \text{ Mm/s}$$

$$23. 12,1 \text{ eV.}$$

$$24. 0,122 \text{ mkm.}$$

25. Vodorodsimon atomlarning nurlanish chastotasi:

$$\nu = RcZ^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Orbitalar radiuslari nisbati

$$\frac{r_n}{r_m} = \frac{n^2}{m^2} = k$$

bo'lgani uchun

$$\nu = \frac{RcZ^2}{n^2} (1 - k)$$

$$26. \nu_{\max} = 0,82 \cdot 10^{15} \text{ Hz}; \nu_{\min} = 0,45 \cdot 10^{15} \text{ Hz.}$$

$$27. \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right); H_\alpha = 656,3 \text{ nm}; H_\beta = 486,1 \text{ nm}; H_\gamma = 434,0 \text{ nm.}$$

$$28. \nu_1 = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}; \nu_2 = 6,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

$$29. \lambda_L = 121,6 \text{ nm}; \lambda_p = 1875,1 \text{ nm}; \lambda_B = 4,05 \cdot 10^{-4} \text{ nm} = 4,05 \text{ mkm};$$

$$\lambda_{\text{pr}} = 7,40 \cdot 10^{-7} \text{ sm} = 7,40 \text{ mkm.}$$

$$30. {}^1_1\text{N uchun } m_{i,H} = 1,00783, {}^{27}_{13}\text{Al uchun } m_a = 26,98154, \text{ neytron uchun } m_n = 1,00867.$$

Demak,

$$\Delta m = [13 \cdot 1,00783 + (27 - 13) \cdot 1,00867 - 26,98154] \text{ m.a.b.}$$

yoki

$$\Delta m = 0,24163 \text{ m.a.b.}$$

$$31. \varepsilon = 7,76 \text{ MeV.}$$

32. Veyszekker formulasiidan foydalanib solishtirma bog'lanish energiyasini topamiz, ya'ni: $\varepsilon({}^{238}_{92}\text{U}) = 7,5 \text{ MeV}$, $\varepsilon({}^{60}_{28}\text{Ni}) = 8,69 \text{ MeV}$.

$$33. {}^8\text{Be}, E_{\text{bog'}} = 56,5 \text{ MeV.}$$

34. Zarralarning yadrodagi bog'lanish energiyasi deb, ularning yadrodan ajratish uchun sarf qilinadigan energiyaga aytiladi. Agar $^{17}_8\text{O}$ yadrosidan bitta ^1_0n neytron ajratilsa, elektr zaryadi va nuklonlar soni saqlanish qonuniga binonan $^{16}_8\text{O}$ yadrosi hosil bo'ladi. Neytronni ajratish uchun sarf qilinadigan energiya quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

bu yerda Δm -neytron ajralishi natijasida sistema massasi o'zgarishi, ya'ni:

$$\Delta m = (m_{^{16}\text{O}} + m_n) - m_{^{17}\text{O}}$$

yoki

$$\Delta E = c^2 [(m_{^{16}\text{O}} + m_n) - m_{^{17}\text{O}}]$$

bu yerda $m_{^{16}\text{O}}$, $m_{^{17}\text{O}}$ va m_n -mos holda ^{16}O , ^{17}O yadrolari va neytronning tinchlikdagi massalari. Agar ^{16}O , ^{17}O izotoplar yadro massalarini jadvaldagi keltirilgan atom massalari qiymatlariga almash-tirsak kvadrat qavs ichi o'zgarماسligi aniq. U holda hisoblash natijalarida quyidagi qiymatni olamiz:

$$\Delta E = 931 [(15,99491 + 1,00867) - 16,999131] \text{MeV} = 4,14 \text{MeV}.$$

35. $E = 20\varepsilon_{\text{Ne}} - 2 \cdot 4\varepsilon_{\alpha} - 12\varepsilon_{\text{C}} = 11,9 \text{ MeV}$, bu yerda ε - yadrodagi nuklonning bog'lanish energiyasi.

36. Atom yadrosining o'rtacha radiusi $R = r_0 A^{1/3}$ bo'lsa, yadro materiyasining zichligi quyidagicha topiladi.

$$\rho = \frac{A \cdot m_N}{V_{\text{yad}}} = \frac{A \cdot m_N}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{3A \cdot m_N}{4\pi \cdot r_0^3 A} = \frac{3m_N}{4\pi r_0^3}$$

bu ifodaga m_N nuklonning massasi va $r_0 = (1,2 \div 1,6) \cdot 10^{-13} \text{ sm}$ qiymatlarini qo'yib, $\rho \cong 2 \cdot 10^{14} \text{ g/sm}^3$ ekanligini topamiz. Nuklonning radiusi $r_N = 0,8 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$ ekanligidan foydalansak, bitta nuklonning hajmi

$$V_N = \frac{4}{3} \pi r_N^3$$

Yadroda A ta nuklon bo'lsa ularning egallagan hajmi:

$$V = AV_N = \frac{4}{3} \pi A r_N^3$$

Yadroning hajmi esa

$$V_{\text{yad}} = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi r_0^3 A$$

Demak nuklonlarning yadro hajmini egallagan qismi

$$\delta = \frac{V}{V_{\text{yad}}} = \frac{4}{3}\pi r_N^3 A / \frac{4}{3}\pi r_0^3 A = \frac{r_N^3}{r_0^3}$$

37. Yadro markazidan uning zichligi $0,9 \rho_0$ ga teng qismigacha bo'lgan masofani r desak va zichlik $0,1 \rho_0$ bo'lgan qismigacha masofani $r + x$ desak,

$$\rho(r) = 0,9\rho_0 = \rho_0 \left[1 + \exp\left(\frac{r-R}{a}\right) \right]^{-1}$$

(1)

$$\rho(r+x) = 0,1\rho_0 = \rho_0 \left[1 + \exp\left(\frac{r+x-R}{a}\right) \right]^{-1}$$

(2)

Bulardan:

$$0,9 = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{r-R}{a}\right)}$$

$$0,1 = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{r+x-R}{a}\right)}$$

ekanligini topamiz va ularni soddalashtirib mos ravishda

$$e^{\frac{(r-R)}{a}} = \frac{1}{9}$$

$$e^{\frac{(r+x-R)}{a}} = 9$$

ko'rinishda yoza olamiz. Bu tenglamalardan,

$$r - R = -a \ln 9$$

$$r + x - R = a \ln 9$$

ekanligi kelib chiqadi. Bundan, $x = 2a \ln 9 \approx 4,4 a$ ga teng ekanligini topamiz.

38. $E(^9\text{Ve}) = 6,38 \text{ MeV}$; $E(^{19}\text{F}) = 7,37 \text{ MeV}$; $E(^{127}\text{I}) = 8,43 \text{ MeV}$.

39. a) 8,0225 m.a.b.; 6) 10,0135 m.a.b.

40. $\varepsilon(^4_2\text{He}) = 7,07 \text{ MeV}$; $\varepsilon(^3_2\text{He}) = 2,87 \text{ MeV}$; $\varepsilon(^7_3\text{Li}) = 5,61 \text{ MeV}$.

Bundan ^4_2He yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasi qolgan qo'shni yengil yadrolarnikidan katta ekanligini ko'ramiz.

ILOVALAR

1. Moddalar zichligi

Modda	Zichligi, 10^3 kg/m^3	Modda	Zichligi, 10^3 kg/m^3
<i>Alyuminiy</i>	2,65-2,7	<i>Rux</i>	7,15
<i>Bariy</i>	3,76	<i>Bor karbidi</i>	2,5
<i>Berilliy</i>	1,84	<i>Beton</i>	2,3
<i>Bor</i>	2,34	<i>Havo</i>	$1,293 \cdot 10^{-3}$
<i>Vanadiy</i>	5,9	<i>Titan oksidi</i>	4,26
<i>Volfram</i>	19,34	<i>Titan</i>	4,5
<i>Temir</i>	7,88	<i>Iridiy</i>	22,4
<i>Oltin</i>	19,31	<i>Latun</i>	8,6
<i>Yod</i>	4,93	<i>Shisha</i>	2,5
<i>Kadmiy</i>	8,66	<i>Grafit</i>	1,6
<i>Kobalt</i>	8,8	<i>Indiy</i>	7,28
<i>Kremniy</i>	2,33	<i>Berilliy oksidi</i>	3,03
<i>Mis</i>	8,93	<i>Parafin CH₂</i>	0,89
<i>Qalay</i>	7,3	<i>Plutoniy</i>	19,8
<i>Platina</i>	21,46	<i>Simob</i>	13,6
<i>Qo'rg'oshin</i>	11,35	<i>Toriy</i>	11,7
<i>Kumush</i>	10,50	<i>Og'ir suv D₂O</i>	1,1
<i>Ko'mir</i>	10,50	<i>Uran</i>	19,0
<i>Fosfor</i>	1,7-2,3	<i>NaCl</i>	2.18

2. Metallardan elektronlarning chiqish ishi

Metall	Chiqish ishi A	
	eV	10^{-19} J
<i>Alyuminiy</i>	3,74	5,98
<i>Volfram</i>	4,5	7,2
<i>Kaliy</i>	2,15	3,44
<i>Litiy</i>	2,39	3,82
<i>Natriy</i>	2,27	3,63
<i>Nikel</i>	4,84	7,74
<i>Platina</i>	5,29	8,46
<i>Kumush</i>	4,28	6,85
<i>Seziy</i>	1,89	3,02
<i>Rux</i>	3,74	5,98
<i>Bariy oksidi</i>	0,99	1,58

Rentgen nurlanish K-polosasining vutilish chegarasi

T, K	α	$\rho, \text{Om} \cdot \text{m} \cdot 10^4$
1000	0,115	25,7
1500	0,194	41,8
2000	0,260	59,1
2500	0,303	77,2
3000	0,334	96,2
3500	0,351	115,7

4. Volframning issialik nurlanish koeffitsiyenti α va har xil temperaturadagi solishtirma qarshiligi ρ

Z	Element	λ_K, nm	Z	Element	λ_K, nm
23	V	226,8	47	Ag	48,60
26	Fe	174,1	50	Sn	42,39
27	Co	160,4	74	W	17,85
28	Ni	148,6	78	Pt	15,85
29	Cu	138,0	79	Au	15,35
30	Zn	128,4	82	Pb	14,05
42	Mo	61,9	92	U	10,75

5. Atomlar ionizatsiya potentsiallari

Z	Atom	Ionizatsiya potentsiali ϕ, V	Z	Atom	Ionizatsiya potentsiali ϕ, V
1	H	13,59	7	N	14,54
2	He	24,58	8	O	13,62
3	Li	5,39	9	F	17,42
4	Be	9,32	10	Ne	21,56
5	B	8,30	11	Na	5,14
6	C	11,27	80	Hg	10,44

Jadvalda ba'zi izotoplar neytral atomlarining massalari

$$IW = \frac{1}{12} M(^{12}\text{C}) = 931,5 \text{ MeV} \text{ "uglerod" massa shkalasida keltirilgan.}$$

Nostabil izotoplar uchun yarim yemirilish davri, asosiy parchalanish turlari va nurlanish energiyalari ham keltirilgan.

6. Izotoplar jadvali

Izotop belgisi	Massa, m a. b.	Tabiiy aralashmadagi miqdori, %	Parçalanish turi	Yarim yemirilish davri	Nurlanish energiyasi, MeV	
					(α , β) Zarralar	γ
1	2	3	4	5	6	7
1_0n	1,008665	-	β^-	11,7 min	0,782	
1_1H	1,007825	99,985	Stabil	-		
2_1H	2,014102	0,01492	Stabil	-		
3_1H	3,016049	-	β^-	12,26 yil	0,0186	
3_2He	3,016030	$3 \cdot 10^{-4}$				
4_2He	4,002603	100	Stabil			
6_3Li	6,015126	7,42	Stabil			
7_3Li	7,016005	92,58	Stabil			
7_4Be	7,016930	-	e-camrash	53,61 kun		
8_4Be	8,005308	-	2α	$2 \cdot 10^{16}$ s	0,047	
9_4Be	9,012185	100	Stabil			
${}^{10}_4Be$	9,013535	-	β^-	$2,5 \cdot 10^6$ yil	0,555	
${}^{10}_5B$	10,012938	19,61	Stabil			
${}^{11}_5B$	11,009305	80,39	Stabil			
${}^{11}_6C$	11,011431	-	β^+	20,5 min	0,968	
${}^{12}_5B$	12,014352	-	β^-	$22 \cdot 10^{-3}$ s	13,37	
${}^{12}_6C$	12,000000	98,893	Stabil			
${}^{13}_6C$	13,003354	1,107	Stabil			
${}^{13}_7N$	13,005738	-	β^+	10 min	1,2	
${}^{14}_6C$	14,003242	-	β^-	5685 yil	0,158	
${}^{14}_7N$	14,003074	99,6337	Stabil			
${}^{15}_7N$	15,000108	0,3663	Stabil			
${}^{15}_8O$	15,003072	-	β^+	2,1 min	1,68	
${}^{16}_8O$	15,994915	99,759	Stabil			
${}^{17}_8O$	16,999133	0,037	Stabil			
${}^{18}_8O$	17,999160	0,204	Stabil			

$^{18}_9F$	18,000950	-	β^+	1,87 saat	0,649	
$^{19}_9F$	18,998405	100	Stabil			
$^{20}_9F$	19,999985	-	β^-	12 s	5,42	
$^{20}_{10}Ne$	19,992440	90,52	Stabil			
$^{21}_{10}Ne$	20,993849	0,26	Stabil			
$^{22}_{10}Ne$	21,991385	8,82	Stabil			
$^{22}_{11}Na$	21,994435	-	β^+ (89%): E(11%)	2,6 yıl	0,54	1,28
$^{23}_{11}Na$	22,989773	100	Stabil			
$^{24}_{11}Na$	23,990967	-	β^-	15 saat	1,39	
$^{23}_{12}Mg$	22,994135	-		11 s	2,95	
$^{24}_{12}Mg$	23,985044	78,60	Stabil			
$^{25}_{12}Mg$	24,985840	10,11	Stabil			
$^{26}_{12}Mg$	25,988249	11,29	Stabil			
$^{27}_{12}Mg$	26,984345	-	β^-	8,5 min	1,75 va 1,59	
$^{26}_{13}Al$	25,986900	-	β^+	6,7 s	3,20	
$^{27}_{13}Al$	26,981535	100	Stabil			
$^{27}_{14}Si$	26,986701	-	β^+	4,33 s	3,85	
$^{28}_{13}Al$	27,981909	-	β^-	2,31 min	2,87	1,78
$^{28}_{14}Si$	27,976927	92,21	Stabil			
$^{29}_{14}Si$	28,976491	4,68	Stabil			
$^{30}_{14}Si$	29,973761	3,05	Stabil			
$^{31}_{14}Si$	30,975349	-	β^-	2,65 saat	1,47	
$^{30}_{15}P$	29,978320	-	β^+	2,5 min	3,24	
$^{31}_{15}P$	30,973763	100	Stabil			
$^{32}_{15}P$	31,973908	-	β^-	14,5 kun	1,708	
$^{32}_{16}S$	31,972074	95,0	Stabil			
$^{33}_{16}S$	32,971460	0,75	Stabil			
$^{34}_{16}S$	33,967864	4,21	Stabil			
$^{35}_{16}S$	34,969034	-	β^-	87 sut	0,167	
$^{36}_{16}S$	35,967091	0,0136	Stabil			
$^{35}_{17}Cl$	34,968854	75,4	Stabil			

³⁶ ₁₇ Cl	35,968312	-	β^- , E	3,08 10^5 yıl	0,714	
³⁷ ₁₇ Cl	36,965896	24,6	Stabil			
³⁶ ₁₈ Ar	35,967548	0,34	Stabil			
³⁷ ₁₈ Ar	36,966772	-	K	32 sut		
³⁹ ₁₈ Ar	38,964321	-	β^-	265 yıl	0,565	
³⁹ ₁₉ K	38,963714	93,1	Stabil			
⁴⁰ ₁₈ Ar	40,037616	99,6	Stabil			
⁴⁰ ₁₉ K	39,964008	0,0118	β^- , E, β^+	1,27 10^5 yıl	1,321	
⁴² ₁₉ K	41,962417	-	β^-	1,52 saat	3,55 va 1,99	
⁴⁰ ₂₀ Ca	39,962589	96,97	Stabil			
⁵¹ ₂₃ V	50,943978	99,76	Stabil			
⁵² ₂₃ V	51,944802	-	β^-	3,77 min	2,47	
⁵⁵ ₂₅ Mn	54,938054	100	Stabil			
⁵⁸ ₂₇ Co	57,935754	-	K, β^+	72 sut	0,47	
⁵⁹ ₂₇ Co	58,933189	100	Stabil			
⁶⁰ ₂₇ Co	59,933806	-	β^-	5,25 yıl	0,309	1,17; 1,33
⁶³ ₂₉ Cu	62,929594	69,1	Stabil			
⁶⁵ ₂₉ Cu	64,927786	30,9	Stabil			
⁶⁵ ₃₀ Zn	64,929234	-	K, β^+	245 sut	0,325	
⁸⁰ ₃₅ Br	81,916804	-	β^-	35 282 saat	0,456	
⁸⁸ ₃₈ Sr	87,905612	82,56	Stabil			
⁸⁹ ₃₈ Sr	88,907451	-	β^-	50 53 sut	1,46	
⁹⁰ ₃₈ Sr	89,907761	-	β^-	28,1 yıl	0,541	
⁹⁰ ₃₉ Y	89,907177	-	β^-	64,3 saat	2,273	
¹⁰¹ ₄₅ Rh	102,904990	100	Stabil			
¹⁰⁴ ₄₅ Rh	103,906360	-	β^-	4,41 min (IP); 44 s	2,44	
¹⁰⁷ ₄₇ Ag	106,904970	51,35	Stabil			
¹⁰⁸ ₄₇ Ag	107,908880	-	β^-	2,42 min	1,65(94%) 1,03(1,9%)	0,632
¹⁰⁹ ₄₇ Ag	108,904700	48,65	Stabil			
¹¹⁰ ₄₇ Ag	109,906050	-		24,5 s	2,87(88%) 2,14(12%)	0,656
¹²⁷ ₅₃ I	126,904352	100	Stabil			

$^{128}_{53}I$	127,905818	-	β^-	25 min	2,12(76%) 1,66(16%) 1,14(2%)	0,44 0,98
$^{137}_{55}Cs$	136,906820	-	β^-	30 yıl	0,52(92%) 1,18(8%)	0,66
$^{137}_{56}Ba$	136,905560	11,32	Stabil			
$^{197}_{79}Au$	196,966552	100	Stabil			
$^{198}_{79}Au$	197,968242	-	β^-	2,7 kun	0,96	0,412
$^{203}_{80}Hg$	202,972853	-	β^-	46,9 kun	0,22	0,279
$^{204}_{81}Tl$	203,973890	-	β^-	3,78 kun	0,762	
$^{206}_{82}Pb$	205,974459	25,0	Stabil			
$^{207}_{82}Pb$	206,975898	22,6	Stabil			
$^{208}_{82}Pb$	207,976644	52,4	Stabil			
$^{210}_{82}Pb$	209,984177	-	β^-	21,4 yıl	0,014	
$^{209}_{83}Bi$	208,980399	100	Stabil			
$^{210}_{83}Bi$	209,984110	-	β^-	4,99 kun	1,17	
$^{210}_{84}Po$	209,982866	-	α	138,4 kun	5,30	
$^{226}_{86}Ra$	222,01753	-	α	3,8 sut	5,49	
1	2	3	4	5	6	7
$^{226}_{88}Ra$	226,025360	-	α	16,02 yıl	4,78(94%) 4,59(5,7%)	0,188
$^{232}_{90}Th$	232,038055	100	α	$1,4 \cdot 10^{10}$ yıl	4,00 va 3,98	
$^{232}_{90}Th$	233,041582	-	β^-	21,83 min	1,23	
$^{233}_{92}U$	233,039498	-	β^-, α	$16,3 \cdot 10^4$ yıl	4,815(83%)) 4,773(15%))	
$^{234}_{92}U$	234,040951	0,0054	α	$2,455 \cdot 10^5$ yıl	4,76 va 4,72	
$^{235}_{92}U$	235,043930	0,7204	α	$7,04 \cdot 10^8$ yıl		
$^{236}_{92}U$	236,045568	-	α	$2,342E7$ l		
$^{238}_{92}U$	238,050760	99,24	α	$4,56 \cdot 10^9$ yıl	4,182(77%)) 4,135(23%))	
$^{238}_{93}Pu$	238,046110	-	α, β^-	$5,0 \cdot 10^{10}$ yıl	5,495(72%)) 5,452(28%))	
$^{239}_{92}U$	239,054293	-	β^-	23,45 min	1,21	

Eslatma. Jadvalda β -zarralar maksimal energiyalarining aivmatitari keltirilgan.

7. Ba'zi bir zarralarning nomlari

Simvoli	Nomi
$p = {}^1_1H$	proton — vodorod atomi yadrosi
n	Neytron
$d = {}^2_1H$	deytron — og'ir vodorod, ya'ni D deyteriy yadrosi
$t = {}^3_1H$	triton — o'ta og'ir vodorod, ya'ni T tritiy yadrosi
$\alpha = {}^4_2He$	α -zarra — geliy atomi yadrosi

8. Birliklar nomlarining o'nlik old qo'shimchalari

Nomi	Belgisi	ko'paytiruvchi	Nomi	Belgisi	ko'paytiruvchi
Tera	T	10^{12}	santi-	s	10^{-2}
Giga	G	10^9	Milli	m	10^{-3}
Mega	M	10^6	Mikro	mk	10^{-6}
Kilo	K	10^3	Nano	n	10^{-9}
Gekto	G	10^2	Piko	p	10^{-12}
Deko	Da	10	Femto	f	10^{-15}
Detsi	D	10^{-1}	Atto	a	10^{-18}

9. Asosiy fizik doimiylar

Yorug'likning vakuumdagi tezligi	$c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Gravitatsion doimiy	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Avogadro doimiysi	$N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Bolsman doimiysi	$k = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ $k = 0,8617 \cdot 10^{-4} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$
Universal gaz doimiysi	$R = 8,31441 \text{ J mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Faradey doimiysi	$F = 9,64846 \cdot 10^4 \text{ Kl/mol}$
Elektrik doimiysi	$\epsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ $K = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$
Magnit doimiysi	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Gn/m} = 1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ Gn/m}$
Elementar elektr zaryad	$e = 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
Massaning atom birligi	$1 \text{ m.a.b.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}$
Elektron massasi	$m_e = 9,10953 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,511 \text{ MeV}$
Proton massasi	$m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 938,27 \text{ MeV}$
Neytron massasi	$m_n = 1,67492 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 939,57 \text{ MeV}$
Plank doimiysi	$h = 6,62618 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $\hbar = 1,05459 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $\hbar = 0,658 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$
Cheksiz massali yadro uchun Ridberg doimiysi	$R_\infty = 1,09737 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Vodorod atomi uchun Ridberg doimiysi	$R_H = 1,09678 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Vin siljish qoruni doimiysi	$b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$
Stefan-Bolsman doimiysi	$\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ Wt} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Elektronning kompton to'liq uzunligi	$\lambda_c = \frac{h}{mc} = 2,42631 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
Elektronning klassik radiusi	$r_e = \frac{e^2}{m_e c^2} = 2,81794 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
Vodorod atomining Bor radiusi	$a_0 = \frac{\hbar}{m_e e^2} = 5,29177 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
Bor magnetoni	$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c} = 9,27408 \cdot 10^{-24} \text{ J/Tl}$

<i>Elektron magnit momenti</i>	$\mu_e = 9,28483 \cdot 10^{-24} \text{ J/Tl}$
<i>Proton magnit momenti</i>	$\mu_R = 1,41062 \cdot 10^{-26} \text{ J/Tl}$
<i>Neytron magnit momenti</i>	$\mu_n = -0,96630 \cdot 10^{-26} \text{ J/Tl}$
<i>Yadro magnetoni</i>	$\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p c} = 5,05082 \cdot 10^{-27} \text{ J/Tl}$
<i>Deytron massasi</i>	$m_d = 3,3325 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
<i>α-zarracha massasi</i>	$m_a = 6,6444 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
<i>Nozik struktura doimiysi</i>	$\alpha = e^2 / \hbar$

10. Yunon alifbosi

A	α	Alpha	alfa
B	β	Beta	Beta
G	γ	Gamma	Gamma
Δ	δ	Delta	Delta
E	ϵ	Epsilon	Epsilon
Z	ζ	Zeta	Zeta
H	η	Eta	Eta
Θ	θ	Theta	Teta
I	ι	Iota	Yota
K	κ	Kappa	Kappa
Λ	λ	Lambda	Lambda
M	μ	Mu	Myu
N	ν	Nu	Nyu
Ξ	ξ	Xi	Ksi
O	\omicron	Omicron	Omikron
P	π	Pi	Pi
ρ	ρ	Rho	Ro
Σ	σ	Sigma	Sigma
T	τ	Tau	Tau
Υ	υ	Upsilon	Ipsilon
F	ϕ	Phi	Phi
X	χ	Chi	Xi
Ψ	ψ	Psi	Psi
Ω	ω	Omega	Omega

ADABIYOTLAR

1. Muminov T.M., Xoliqov A.B., Xolmurodov Sh.X.. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.: O'zbekiston faylasuflar jamiyati, 2009.
2. Axmedova G., Mamatqulov O.B., Xolbaev I. Atom fizikasi. Toshkent, "Istiqlol", 2013.
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Г. V. Атомная и ядерная физика. М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002.- 784 с.
4. Колмаков Ю.Н., Пекар Ю.А., Лежнева Л.С., Семин В.А., Основы квантовой теории и атомной физики, Учеб. пособие, Тула, 2003. — 144 с.
5. Шпольский Э.В. Атомная физика, в 2 т. Т.1. Введение в атомную физику. М.: Наука, 1984. — 552 с. Т.2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. М.: Наука, 1984. — 438 с.
6. Бекжонов Р.Б. Атом ядроси ва зарралар физикаси. Т.: Ўқитувчи, 1994. 576 б.
7. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика, М.: Наука, 1980. — 728 с.
8. Полвонов С.Р., Канокон З., Караходжаев А., Рузимов Ш.М. Атом физикасидан масалалар тўплами. Ўқув қўлланма. Т.: ЎзМУ, 2006. — 75 б.
9. Полвонов С.Р., Канокон З., Караходжаев А., Рузимов Ш.М. Ядро физикасидан масалалар тўплами. Ўқув қўлланма. Т.: ЎзМУ, 2006, 119 б.
10. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. уч. пос. М.: Атомиздат, 1971. — 216 с.
11. Иродов И. Е. Задач по общей физике. М.: Наука, 1979. — 368 с.
12. Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Рабинович М.С., Сивухин Д.В. Сборник задач по общему курсу физики. Атомная физика, физика ядра и элементарных частиц. М.: Наука, 1981.- 224 с.
13. Сахаров Д.И.. Физика масалалари тўплами. Т.: Ўқитувчи, 1965. — 304 б.
14. Балаш В.А. Сборник задач по курсу общей физики. М.: Просвещение, 1978. — 208 с.
15. Волькенштейн В.С.. Сборник задач по общему курсу физики. СПб.: Спец Лит, 2002.- 327 с.
16. Чертов А., Воробьев А. Физикадан масалалар тўплами. Т.: Ўзбекистон, 1997. — 365 с.
17. Э.Х.Бозоров. Фрагментация ядер при высоких энергиях. Монография, Ташкет, 2017, 180 с.
18. Юлдашев Б.С., Полвонов С.Р., Бозоров Э.Х. Амалий ядро физикаси. Дарслик. Тошкент, 2018, 316 б.
19. Полвонов С.Р., Бозоров Э.Х., Канокон З. Атом ядроси ва элементар зарралар физикаси. Ўқув қўлланма. Тошкент, 2017, 168

MUNDARIJA

	SO'Z BOSHI.....	3
I BOB.	MEXANIKA.....	5
	1.1-§. Kinematika.....	5
	1.2-§. Dinamika.....	36
	1.3-§. Statika.....	38
	1.4-§. Qattiq jism dinamikasi.....	63
	1.5-§. Hidrostatika.....	67
	1.6-§. Suyuqliklar va gazlar mexanikasi.....	77
	1.7-§. Mustaqil yechish uchun masalalar.....	82
II BOB.	MOLEKULYAR FIZIKA	96
	2.1-§. Molekulyar-kinetik nazariya. Molekulalarning harakati. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi.....	96
	2.2-§. Ideal gazning holat tenglamasi. Izojarayonlar.....	97
	2.3-§. Issiqlik hodisalari va termodinamika asoslari. Suyuqlik va gazlarning bir-biriga aylanishi.....	98
	2.4-§. Maksvell, Bolsman, va Maksvell-Bolsman taqsimoti.....	111
	2.5-§. Real gazlar va suyuqliklar.....	116
	2.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	120
III BOB.	ELEKTR VA MAGNETIZM....	126
	3.1-§. Elektrostatika.....	126
	3.2-§. O'zgarmas tok qonunlari	140
	3.3-§. Elektromagnetizmning fizik asoslari.....	154
	3.4-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	163
IV BOB.	TEBRANISHLAR VA TO'LIQLAR ..	168
	4.1-§. Mexanik tebranishlar va to'liqlar.....	168
	4.2-§. Elektromagnit tebranishlar va to'liqlar....	170
	4.3-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	178
V BOB.	OPTIKA.....	180
	5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalari.....	180
	5.2-§. Fotometriya.....	189
	5.3-§. Yorug'lik interferensiyasi.....	196
	5.4-§. Yorug'lik difraksiyasi.....	200
	5.5-§. Yorug'likning qutblanishi.....	204
	5.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	208

VI BOB. KVANT MEXANIKASI, ATOM	
YADROSI	213
6.1-§. Elektromagnit nurlanishning kvant xususiyatlari.....	213
6.2-§. Bor atomi	223
6.3-§. Atom yadrosining xususiyatlari	228
6.4-§. Radioaktivlik.....	233
6.5-§. Yadro reaksiyalari.....	241
6.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar.....	247
MUSTAQIL YECHISH UCHUN	
MASALALARNING JAVOBLARI.....	252
ILOVALAR.....	258
ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....	268
Mundarija.....	271

POLVONOV Satimboy Rajapovich
DALIYEV Xojakbar Sultanovich
BOZOROV Erkin Hojiyevich
POLVONOVA Gulnoza Satimboyevna

UMUMIY FIZIKADAN

MASALALAR TO‘PLAMI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi tomonidan Oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan

Toshkent - "NIF MSH" - 2020


Muharrir Bakirov N. F.

Texnik muharrirlar
Yoqubov A.F.
Hoshimbekova U.Sh.

Bosishga 30.11.2020. da ruxsat etildi. Bichimi 60x84.
"Times New Roman" garniturasini.
Ofset bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog‘i 17. Nashr bosma tabog‘i 17.
Adadi 100 nusxa.

"NIF MSH" MCHJ matbaa bo‘limida chop etildi.
Manzil: Toshkent shahri, Farhod ko‘chasi, 6-uy.



ISBN 978-9943-7011-1-3



9 789943 701113