

S.R.Polvonov, X.S.Daliyev,  
E.X.Bozorov, G.S.Palvanova

## UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAM

→ MEXANIKA

→ MOLEKULYAR FIZIKA

→ ELEKTR VA MAGNETIZM

→ TEBRANISHLAR VA TO'LQINLAR

→ OPTIKA

→ KVANT MEXANIKASI, ATOM YADROSI

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

S.R.Polvonov, X.S.Daliyev,  
E.X.Bozorov, G.S.Palvanova

## UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi  
tomonidan oliy o'quv yurtlarining fizika mutaxassslligi bo'yicha ta'lim  
alayotgan talabalari uchun darslik sifatida  
tavsiya etilgan*

Toshkent

«Ijod-Press»

2019



UO'K: 53(076.1)

KBK 22.3v6

D 17

Daliyev, X.S.

**Umumiy fizikadan masalalar to'plami** [Matn]: darslik. / S.R.Polvonov, X.S.Daliyev, E.X.Bozorov, G.S.Palvanova. – T.: «Ijod-Press» nashriyoti, 2019. - 264 b.

*Mas'ul muharrirlar:* O'zR FA akademigi **T.M.Muminov**;  
O'zR FA akademigi **R.A.Muminov**;  
f.-m.f.d., professor **A.V.Karimov**;  
f.-m.f.d., professor **K.Olimov**

*Taqrizchilar:* O'zMU «Fizika» fakulteti «Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronikasi» laboratoriyasi mudiri, fizika-matematika fanlari doktori, professor **Sh.B.Utamurodova**;  
BDU «Fizika-matematika» fakulteti «Fizika» kafedrası professori, pedagogika fanlari doktori **S.K.Kaxxorov**;  
TATU professori, fizika-matematika fanlari doktori **X.M.Iliyev**

UO'K: 53(076.1)

KBK 22.3v6

Ushbu darslik fizikaning barcha bo'limlariga oid masalalarni o'z ichiga qamrab olgan. Har bir bo'linda 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.

ISBN 978-9943-5815-4-8

© «Ijod-Press» nashriyoti, 2019.  
© S.R.Polvonov va boshq., 2019.

## SO'ZBOSHI

Fizika fanini o'rganishda masalalar yechish muhim ahamiyatga ega. O'quvchilar masalalar yechish jarayonida turli muammoli vaziyatlarga vujudga kelishi mumkin. Bu muammoli vaziyatlarni hal qilish uchun o'quvchilar nazariy bilimlarni qayta ko'rib chiqishi kerak bo'ladi. Bu esa fizikadan olgan bilimlarni mustahkamlash, chuqurlashtirish va turmushga tatbiq qilishda yordam beradi.

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

Darslikning har bir mavzusi asosiy nazariy tushunchalar, qonunlar va formulalarni qisqacha bayon qilish bilan boshlanadi. Har bir mavzuga oid masalalar yechish namunalari keltirilgan bo'lib, ular o'quvchilarning fizika qonunlarini tushunishga va fikrlash qobiliyatlarini rivojlantirishga qaratilgan. Har bir bob yakunida mustaqil yechish uchun masalalar keltirilgan. Darslik yakunida masalalarning javoblari, ilovalar va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati keltirilgan.

Darslik akademik litsey va kasb-hunar kollejlari o'quvchilari, universitet va institut talabalari hamda o'qituvchilari uchun mo'ljallangan.

*Mualliflar*



## UMUMIY USLUBIY KO'RSATMALAR

Fizika masalalarini yechishda quyidagi reja yoki algoritmgga rioya qilish maqsadga muvofiq:

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 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 fizikaviy 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

### MEXANIKA

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

#### 1.1-§. Kinematika

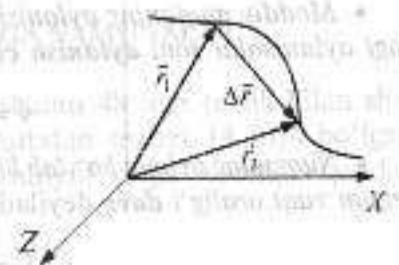
##### Asosiy formulalar

- Moddiy nuqtaning fazodagi holati **radius  $r$  vektor**, ya'ni koordinata boshidan mazkur nuqtagacha o'tkazilgan **vektor** bilan aniqlanadi.
- Nuqtaning ko'chishi ( $\Delta r$ ) — bu nuqtaning boshlang'ich holatidan oxirgi holatiga o'tkazilgan vektor va u mazkur nuqtadagi **radius-vektor** ortifirmasiga teng.
- **Tezlik** deb, *harakatlanayotgan nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo'yicha olingan hosilaga* aytiladi:

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

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

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



• **Tezlanish** deb, tezlikdan vaqt bo'yicha olingan hosilaga yoki nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi hosilaga aytiladi:

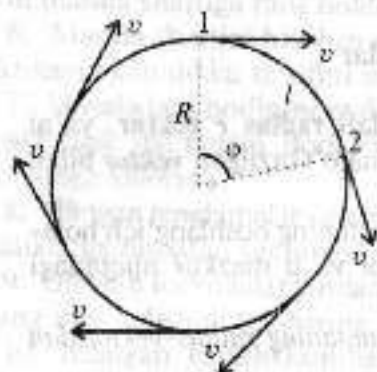
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (1.3)$$

• Vaqt o'rishi 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 **urinna** bo'ladi. Xuddi shunday hol aylanna bo'ylab harakatda ham sodir bo'ladi. **Aylana bo'ylab tekis harakatda** nuqtaning harakatini xarakterlash uchun quyidagi kattaliklar kiritilgan: **chastota  $\nu$** , **aylanish davri  $T$**  va **burchak chastota  $\omega$** .

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

$$\nu = \frac{N}{t}, \quad (1.5)$$

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

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

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

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}, \quad (1.7)$$

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

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu. \quad (1.8)$$

$\omega$  **burchak tezlik** bilan  **$v$  chiziqli tezlik** orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$v = \omega \cdot R. \quad (1.9)$$

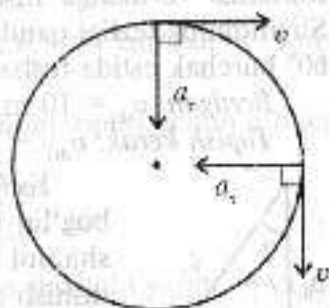
• Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakatida to'liq tezlanish  $a$  tangensial  $a_t$  va normal  $a_n$  tezlanishlar vektor yig'indisidan iborat. To'liq tezlanish moduli quyidagiga teng:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}. \quad (1.10)$$

Tangensial  $a_t$  va normal  $a_n$  tezlanishlar quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$a_t = \frac{dv}{dt}, \quad (1.11)$$

$$a_n = \frac{v^2}{R}. \quad (1.12)$$

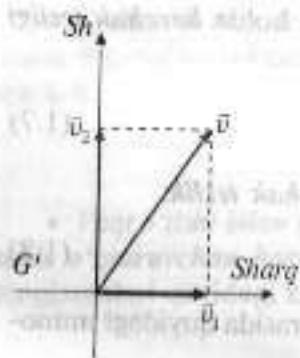


## MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**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:  $v = 48$  m/s;  $v_0 = 14$  m/s.

Topish kerak:  $v - ?$



*Yechilishi.* Tezliklarni qo'shish qoidasidan foydalanamiz:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2,$$

bu yerda  $v_1$  – shamol tezligi,  $v_2$  – samolyotning havoga nisbatan tezligi bo'lib, u shimol tomonga yo'nalgan va 48 m/s ga teng. Pifagor teoremasiga asosan:

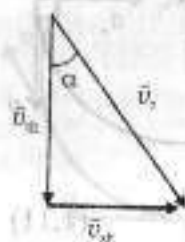
$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 50 \text{ m/s}.$$

*Javob:* 50 m/s.

**2-masala.** Shamol tezligi 10 m/s ga teng bo'lganda yomg'ir tomchisi vertikalga nisbatan  $30^\circ$  burchak ostida tushmoqda. Shamolning tezligi qanday bo'lganda tomchi vertikalga nisbatan  $60^\circ$  burchak ostida tushadi?

*Berilgan:*  $v_{sh} = 10 \text{ m/s}$ ;  $\alpha_1 = 30^\circ$ ;  $\alpha_2 = 60^\circ$ .

*Topish kerak:*  $v_{sh2} = ?$



*Yechilishi.* Tomchining harakatdagi havo bilan bog'liq bo'lgan sanoq tizimidagi tezligi  $v_m$  bu shamol bo'lmagandagi yomg'ir tomchisining tushish tezligidir.

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:

$$\vec{v}_t = \vec{v}_m + \vec{v}_{sh},$$

bu yerda  $v_{sh}$  – shamol tezligi. Bu vektor tenglikni uchburchak ko'rinishida tasvirlaymiz (shamol tezligi gorizontol yo'nalgan) (rasmga qarang). Bu uchburchakdan tomchining tushish burchagi bilan shamol tezligi orasidagi quyidagi munosabatni topamiz:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_m}{v_{sh}}.$$

Bu nisbatni ikkita burchak uchun yozamiz va ularning nisbatlarini olamiz:

Bundan,

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

*Javob:* 30 m/s.

**3-masala.** Avtomobil yo'lining birinchi yarmini  $v_1 = 36 \text{ km/soat}$ , ikkinchi yarmini esa  $v_2 = 54 \text{ km/soat}$  tezlik bilan o'tdi. Avtomobilning butun yo'l davomidagi o'rtacha tezligini toping. O'rtacha tezlik  $v_1$  va  $v_2$  ning o'rtacha arifmetik qiymatidan kichik ekanligini isbotlang.

*Berilgan:*  $v_1 = 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = 54 \text{ km/soat} = 15 \text{ m/s}$ .

*Topish kerak:*  $v_{or} = ?$

*Yechilishi.* Avtomobil o'rtacha tezligini topish uchun o'rtacha tezlik formulasidan foydalanamiz:

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

bu yerda  $S_1$  va  $S_2$  – yo'lining birinchi va ikkinchi yarmi,  $t_1$  va  $t_2$  – 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:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2} + \frac{S_3}{v_3}. \quad (2)$$

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

$$\bar{v} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} = \frac{S/2 + S/2}{\frac{S/2}{v_1} + \frac{S/2}{v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 12 \text{ m/s}.$$

O'rtacha tezlik  $v_1$  va  $v_2$  ning o'rtacha arifmetik qiymatidan kichik, ya'ni:

$$\bar{v}_{af} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 12,5 \text{ m/s}.$$

*Javob:* 12,5 m/s.

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

Berilgan:  $v_0 = 100$  m/s,  $t = 20$  s.

Topish kerak:  $a - ?$   $S - ?$

Yechilishi. Samolyotning tezlanishini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$a = \frac{v - v_0}{t},$$

bu yerda  $v$  — oxirgi tezlik bo'lib, u nolga teng.

Demak,

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

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

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = v_0 t - \frac{v_0 t^2}{2t} = \frac{1}{2} v_0 t.$$

Yo'lni aniqlashda quyidagi formuladan ham foydalanish mumkin:

$$v^2 - v_0^2 = 2aS,$$

bu yerdan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$0 - v_0^2 = 2aS = -2\frac{v_0 S}{t},$$

bu yerdan  $S$  ni topamiz:

$$S = \frac{1}{2} v_0 t.$$

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 ni  $1 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan o'tdi, so'ngra 0,1 min davomida tekis harakatlandi va oxirgi 20 metrda to'xtaguniga qadar tekis sekinlanuvchan harakat qildi. Butun harakatlanish vaqtidagi o'rtacha tezlikni toping.

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

Topish kerak:  $v_{\text{or}}$  - ?

Yechilishi. Velosipedchi yo'lning birinchi qismini boshlang'ich tezliksiz va tekis tezlanuvchan harakat qilgani uchun:

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

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

$$S_2 = v_1 \cdot t_2. \quad (2)$$

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

$$S_3 = v_1 t_3 - \frac{a_3 t_3^2}{2}. \quad (3)$$

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

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

Masala shartida  $t_1$  va  $t_2$  hamda  $S_3$  berilgan.  $S_1$  ni (1) formula orqali topamiz. U  $S_1 = 8$  m ga teng bo'ladi.  $S_2$  ni topish uchun  $v_1$  ni bilish kerak. Bu quyidagi formulaga asosan topiladi:

$$v_1 = a_1 t_1 = 4 \text{ m/s}. \quad (5)$$

Demak,

$$S_1 = v_1 t_1 = 24 \text{ m}.$$

$t_1$  quyidagi formulaga asosan topiladi:

$$0 = v_1 - a_3 t_3.$$

Bundan,

$$a_3 = \frac{v_1}{t_3}. \quad (6)$$

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

$$S_3 = \frac{v_1 t_3}{2}.$$

Bundan

$$t_3 = \frac{2S_3}{v_1} = 10 \text{ s.}$$

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

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

**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:  $t_3 = 5 \text{ s}$ ;  $v_3 = 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s}$ .

Topish kerak:  $v_{2,3} = ?$

Yechilishi. Avtomobilning boshlang'ich tezligi nolga teng, ya'ni  $v_0 = 0$  bo'lgani uchun

$$v = at.$$

Ushbu formulaga  $t_3 = 5 \text{ s}$ ,  $v_3 = 10 \text{ m/s}$  qiymatlarni qo'yamiz va tezlanishni topamiz:  $a = 2 \text{ m/s}^2$ . Uchinchi sekundda bosib o'tilgan yo'l 3 sekund va 2 sekund davomida bosib o'tilgan yo'llar farqiga teng:

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

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

Javob:  $v_{2,3} = 5 \text{ m}$ .

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

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

Topish kerak:  $v = ?$   $a = ?$   $v_{o'r} = ?$

Yechilishi. O'rtacha tezlik yo'ldan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosiladir, ya'ni:

$$v = \frac{dS}{dt} = 4t^2 + 4t = 40 \text{ m/s.}$$

O'rtacha tezlanish tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosiladir, ya'ni:

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

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

$$v_{o'r} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S(t) - S(t_0)}{t - t_0}.$$

$t_0 = 0$  bo'lganda

$$v_{o'r} = \frac{t^2 + 2t^2 + 5 - 5}{t} = t^3 + 2t = 12 \text{ m/s.}$$

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

$$S = S(t) - S(t_0) = t^2 + 2t^2 + 5 - 5 = 24 \text{ m.}$$

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:  $h_{\max} = ?$

Yechilishi. Sharchaning maksimal balandlikka ko'tarilish vaqti quyidagiga teng:

$$t = \frac{v_0}{g}. \quad (1)$$

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

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

Bundan  $v_0$  boshlang'ich tezlikni aniqlaymiz:

$$v_0 = \frac{gt}{2}. \quad (3)$$

Sharchaning maksimal ko'tarilish balandligi:

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \quad (4)$$

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

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

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 sekundda bosib o'tgan yo'lni jismning  $t$  vaqt davomida erkin tushgandagi balandligi va ( $v_0 = 0$ )  $t - \Delta t$  ( $\Delta t = 1 \text{ s}$ ) vaqt davomida bosib o'tgan yo'li farqi ko'rinishida yozamiz:

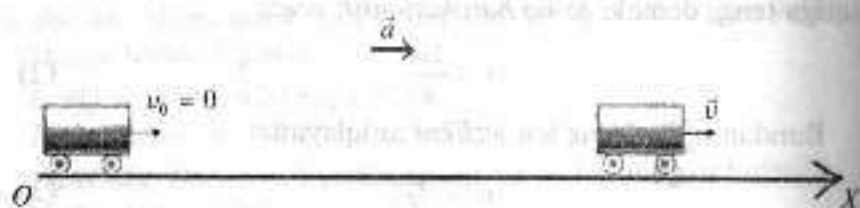
$$l = \frac{g t^2}{2} - \frac{g(t - \Delta t)^2}{2}$$

Ushbu formuladan  $t$  ni 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 qanday bo'ladi?

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

Topish kerak:  $v - ?$



14

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

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

Tenglama vektor ko'rinishida bo'lgani uchun uning proyeksiyasini olishimiz lozim bo'ladi. (1) ning  $OX$  koordinata o'qiga proyeksiyasi

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

$$v = at,$$

$$v_{\text{ort}} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{v + 0}{2} = \frac{v}{2} \text{ yoki } v_{\text{ort}} = \frac{at}{2}.$$

Demak,

$$v = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ s} = 2,5 \text{ m/s}, \quad v_{\text{ort}} = \frac{2,5 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 1,25 \text{ m/s}.$$

Javob:  $v = 2,5 \text{ m/s}$ ;  $v_{\text{ort}} = 1,25 \text{ m/s}$ .

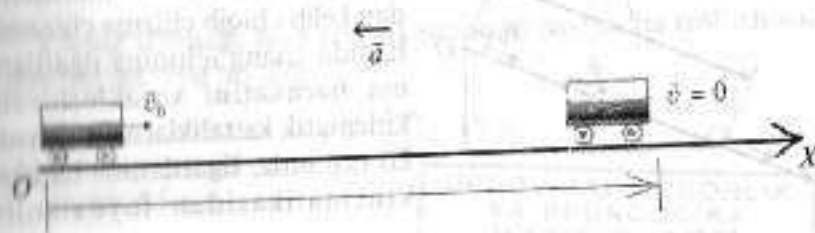
**12-masala.** Tezligi 12 m/s bo'lgan avtobusning tormozlanish yo'li 54 m. Avtobus tormozlana boshlagandan to'xtaguncha qancha vaqt o'tadi?

Berilgan:  $v = 12 \text{ m/s}$ ;  $S = 54 \text{ m}$ .

Topish kerak:  $t - ?$

*Yechilishi.* Masala shartiga mos chizma chizamiz va  $OX$  o'qini kiritib olamiz. Avtobusning harakatini xarakterlovchi kinematik tenglamalarni vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$\begin{cases} \vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \\ \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \end{cases}$$



15

Tenglama vektor ko'rinishida bo'lgani uchun uning proyeksiyasini olishimiz lozim bo'ladi. Tenglamani  $OX$  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:

$$v_0 = at, \quad a = \frac{v_0}{t}. \quad (2)$$

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

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

va bundan

$$t = \frac{2S}{v_0} \quad (3)$$

kelib chiqadi.

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

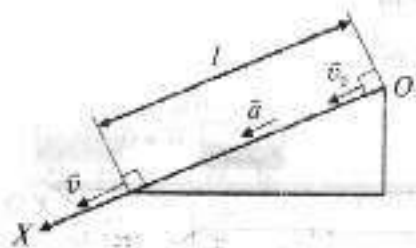
Javob: 9 s.

**13-masala.** Chang'ichi uzunligi 135 m bo'lgan qiya tekislikdan tushmoqda. Agar tezlanishi 40 sm/s, boshlang'ich tezligi 6,0 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 mazmuni-dan kelib chiqib chizma chizamiz hamda chang'ichining ilgarilanma harakatini xarakterlovchi kinematik kattaliklarni chizmada ko'rsatamiz. Ilgarilanma harakat kinematikasidan foydalanib,



sharcha harakatining kinematik tenglamasini vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$\begin{cases} \vec{l} = \vec{v}_0 t + \frac{a t^2}{2} \\ \vec{v} = \vec{v}_0 + a t \end{cases}$$

Tenglamani  $OX$  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) ni (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)

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

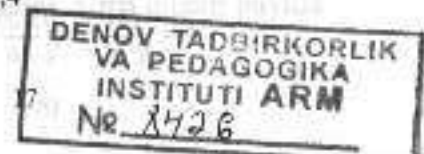
Demak, chang'ichining qiya tekislik oxiridagi tezligi masala shartida so'ralmagan bo'lsada, uni hisoblab qo'yishimiz mumkin:

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

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.

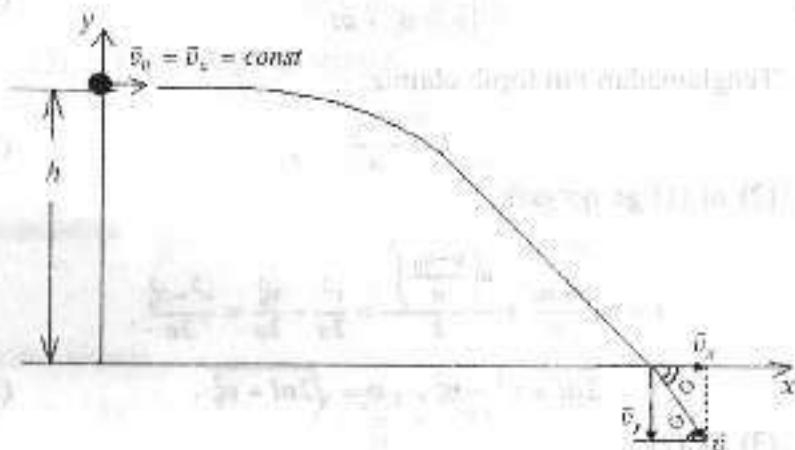


**14-masala.** Daryoning 20 m balandlikdagi tik qirg'og'idan 15 m/s tezlik bilan gorizontal yo'nalishda tosh otilgan. Tosh qancha vaqtdan keyin suvga borib tushadi? U suvga qanday tezlik bilan tegadi? Toshning suvga tegish paytidagi tezlik vektori suv sirti bilan qanday burchak hosil qiladi? Erkin tushish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

Berilgan:  $h = 20$  m;  $v_0 = 15$  m/s;  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>

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

Yechilishi.



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

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

(1) ifodadan toshning otildandan suvga borib tushgungacha o'tgan vaqtni topib olishimiz mumkin:

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



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

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

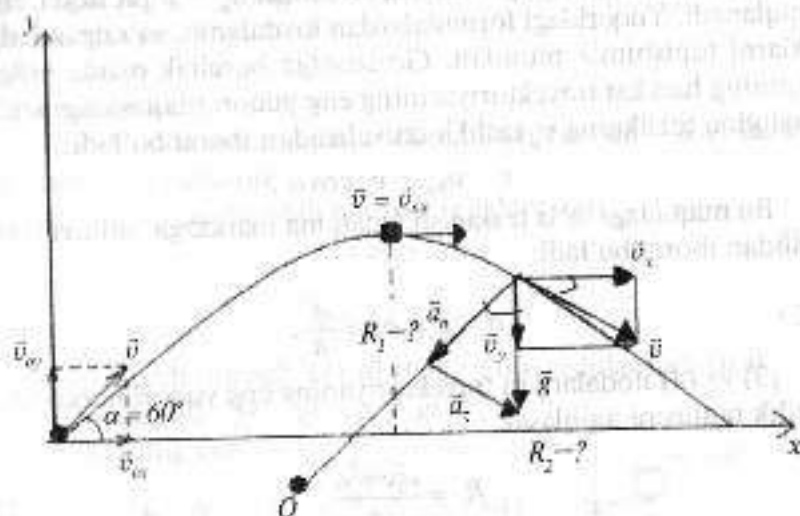
Javob: 53°.

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

Berilgan:  $\alpha = 60^\circ$ ;  $v_0 = 10$  m/s.

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

Yechilishi.



Chizmadan ko'rinib turibdiki,

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

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = g$$

Og'irlik kuchi ta'siri ostida harakatlanayotgan jism gorizontal bilan ixtiyoriy biror-bir  $\beta$  burchak hosil qilgan paytda

$$\begin{cases} \cos \beta = \frac{v_x}{v} = \frac{a_n}{g}, \\ \sin \beta = \frac{v_y}{v} = \frac{a_t}{g} \end{cases} \quad (1)$$

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

$$\begin{cases} a_n = \frac{v_x}{v} g, \\ a_t = \frac{v_y}{v} g \end{cases} \quad (2)$$

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,

$$R = \frac{v^3}{v_x g} = \frac{v_0^3}{v_0 \cos \alpha g} = \frac{v_0^2}{\cos \alpha g}.$$

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

$$R_2 = \frac{v_0^2}{\cos \alpha g}. \quad (6)$$

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

$$R_1 = \frac{10^2 \cos^2 60^\circ}{10} \text{ m} = 2,5 \text{ m}; \quad R_2 = \frac{10^2}{\cos 60^\circ \cdot 10} \text{ m} = 20 \text{ m}.$$

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 tashga tegsa, qirg'oqning suv sirtidan balandligi necha metr? Toshning oxirgi tezligi qancha?

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

*Topish kerak:*  $h = ? \quad v = ?$

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

Jismning  $Y$  o'qi bo'ylab harakat tenglamalari

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t, \quad (1)$$

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

ko'rinishda yozib olinadi. (1) ni skalar ko'rinishda ifodalasak,

$$v = v_0 + gt = 0 + gt = gt, \quad v = gt. \quad (3)$$

(2) ifodaning esa

$$h = 0 \cdot t + \frac{gt^2}{2} = \frac{gt^2}{2} \quad (4)$$

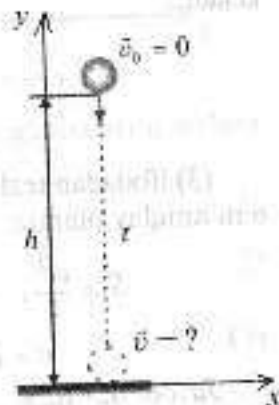
ko'rinishga egaligini ko'ramiz. Bundan qirg'oqning suv sirtidan balandligi

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

hamda toshning suv sirtidagi tezligi

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

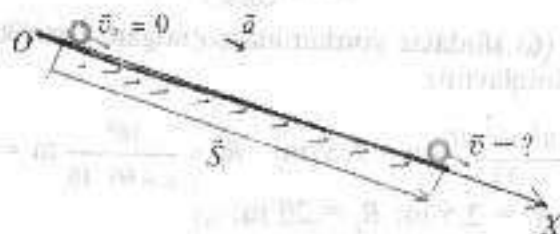
ga teng bo'lishligini hisoblab topamiz.



**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:

$$\begin{cases} \vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}, \\ \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \end{cases} \quad (1)$$

(1) ifodani  $OX$  o'qqa proyeksiyalaymiz:

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

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

$$\begin{cases} S = 0 \cdot t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2} \\ v = 0 + at = at \end{cases} \quad (3)$$

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

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

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

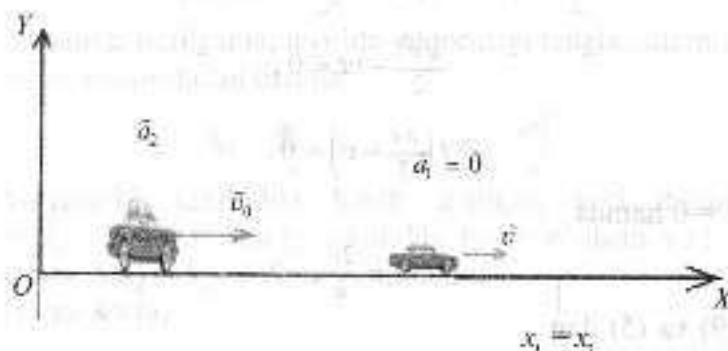
Javob: 0,3 m/s.

**18-masala.** DAN posti yonidan katta tezlik  $v$  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 avtomobilni 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:

$$\vec{u} = \vec{v}_2 + \vec{a}_2 t, \quad (1)$$

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

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

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

(1), (2) ifodalarning  $Ox$  o'qqa proyeksiyasini olsak,

$$v = 0 + a_1 t = a_2 t, \quad u = at, \quad (5)$$

$$V = v_1 + 0 \cdot t, \quad V = v_1 = \text{const}. \quad (6)$$

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

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

(7) ifodadan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$x_0 + v_1 t + \frac{a_1 t^2}{2} = x_0 + v_2 t + \frac{a_2 t^2}{2}. \quad (8)$$

Masala shartida berilganlardan foydalansak,

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

$$vt = \frac{at^2}{2},$$

$$\frac{at^2}{2} - vt = 0,$$

$$t \left( \frac{at}{2} - v \right) = 0.$$

$t = 0$  hamda

$$t = \frac{2v}{a}. \quad (9)$$

(9) va (5) dan

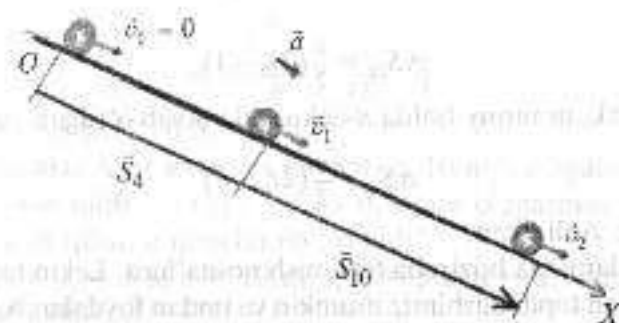
$$u = at = a \cdot \frac{2v}{a} = 2v, \quad u = 2v.$$

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:  $v_0 = 0$ ;  $t_1 = 4$  s;  $\Delta S_4 = 14$  m = 0,14 m;  $t_2 = 10$  s.

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



*Yechilishi.* Masala mazmunidan kelib chiqib chizma chizamiz hamda sharchaning ilgariharakatini xarakterlovchi kinematik kattaliklarni chizmada ko'rsatamiz.

Ilgariharakat kinematikasidan foydalanib, sharcha harakatining kinematik tenglamasini vektor ko'rinishida yozib olamiz:

$$S_4 = \bar{v}_0 t_1 + \frac{\bar{a} t_1^2}{2}; \quad S_{10} = \bar{v}_1 t_2 + \frac{\bar{a} t_2^2}{2}.$$

Masalada berilganlar asosida yuqoridagi tenglamalarning  $Ox$  o'qiga proyeksiyalarini olamiz:

$$S_4 = \frac{at_1^2}{2}; \quad S_{10} = v_1 t_2 + \frac{at_2^2}{2}. \quad (1)$$

To'rtinchi sekundda bosib o'tilgan yo'l deyilganda  $\Delta S_4 = S_4 - S_0$  ni, o'ninchi sekundda bosib o'tilgan yo'l deyilganda esa  $\Delta S_{10} = S_{10} - S_0$  ni tushunamiz.

(1) ga ko'ra,

$$\Delta S_4 = \frac{at_1^2}{2} - \frac{a(t_1 - 1)^2}{2};$$

$$\Delta S_{10} = v_1 t_2 + \frac{at_2^2}{2} - \left( v_1 (t_2 - 1) + \frac{a(t_2 - 1)^2}{2} \right)$$

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

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

$$\Delta S_n = \frac{a}{2}(2t_n - 1). \quad (3)$$

Demak, umumiy holda  $n$ -sekundda bosib o'tilgan yo'l uchun

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

formula o'rinli ekan.

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

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

$$\Delta S_n = \frac{a}{2}(2t_n - 1) = \frac{4}{2}(2 \cdot 10 - 1) \text{ sm} = 38 \text{ sm}.$$

Javob: 38 sm.

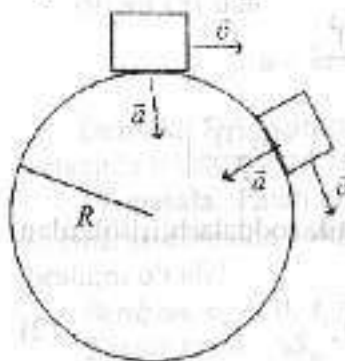
**20-masala.** Lokomotiv yo'lining radiusi 750 m bo'lgan burilish joyidan 54 km/soat tezlik bilan o'tmoqda. Uning markazga intilma tezlanishini aniqlang. Tezligi 2 marta kamaysa, lokomotivning markazga intilma tezlanishi qanday o'zgaradi?

Berilgan:  $R = 750 \text{ m}$ ;  $v = 54 \text{ km/soat} = 15 \text{ m/s}$ .

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

Yechilishi. Masalaning mazmunini to'liq tushunib unga mos chizma chizamiz.

Aylanma harakatda markazga intilma tezlanish formulasi bilan 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 telik 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:  $0,3 \text{ m/s}^2$ ;  $0,075 \text{ m/s}^2$ .

**21-masala.** Agar kater 5 s davomida  $10 \text{ m/s}$  o'zgarmas tezlik bilan harakat qilib, so'nggi 5 s da  $0,5 \text{ m/s}$  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 yechish uchun kinematika formulalariga murojaat qilamiz:

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

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

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

Bundan har bir holat uchun  $S$ larni topib olamiz. Harakatning birinchi besh sekundida kater o'zgarmas 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:

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

(3) va (4) ifodalarni (1) ga qo'yamiz:

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

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

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

(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.

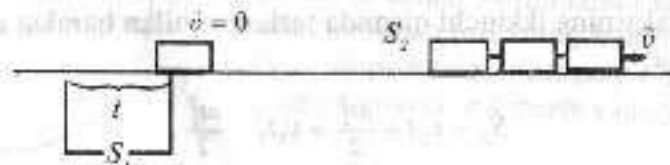
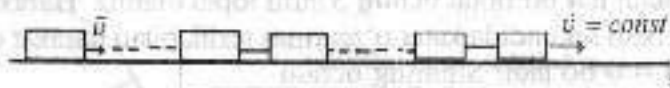
Masalani yechish uchun uning mazmunini to'liq tahlil qilib, unga mos chizma chizamiz.

Masala shartidan bizga tormozlanish yo'li berilgan:

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

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

$$S_{\text{tor}} = \frac{v_0^2}{2a}. \quad (1)$$



Bundan vaqtni topib olamiz:

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

Shu vaqtda poyezdning bosib o'tgan yo'li

$$S_2 = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

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

$$S_2 = v_0 t.$$

(4) dagi  $t$  ning o'rniga (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 m bo'lgan shamol g'ildirak parragi ichidagi nuqtalar 30 marta aylanadi. G'ildirak parragi ichidagi nuqtalar qanday tezlanishi qanday bo'lganda markazga intilma tezlanish 2 marta kattayadi?

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

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

Yechilishi. a) Bu masalani yechish uchun aylana harakatining kinematikasi formulalaridan foydalanamiz.

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

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

(2)  $\rightarrow$  (1)

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

$$T = \frac{1}{f}$$

(4) → (3)

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

(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 formulalariga murojaat qilamiz:

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

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

(1) dan  $\nu$  ni topamiz:

$$\nu = \sqrt{\frac{a}{4\pi^2 R}}. \quad (2)$$

(2) ishchi formula yordamida hisoblashlarni bajaramiz.

$$\nu = \sqrt{\frac{29,6}{4 \cdot 9,86 \cdot 1,5}} = 0,707 \frac{\text{ayl}}{\text{s}} = 42,44 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}.$$

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

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

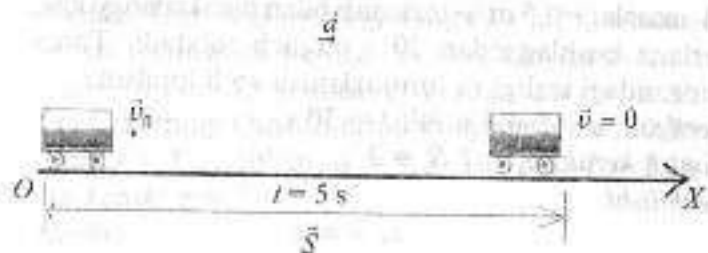
Berilgan:  $S = 125 \text{ m}$ ;  $v = 2 \text{ m/s}$ ;  $t = 5 \text{ s}$ .

Topish kerak:  $v_0 = ?$

Yechilishi. Masala shartiga mos chizma chizamiz.

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

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



(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.

$h$  balandlikni topish uchun

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

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

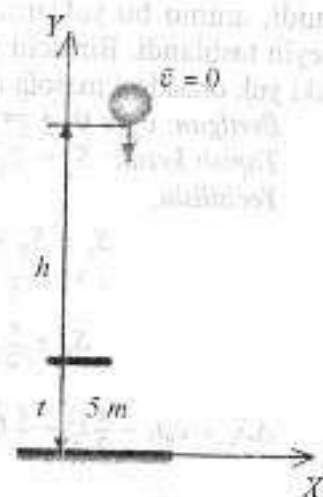
$$S = (2t - 1) \frac{g}{2}, \quad (2)$$

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

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

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

Javob: 320 m.



**26-masala.**  $-0,5 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlanayotgan poyezd tormozlana 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.

$$v_0 = at, \quad (1)$$

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

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

$$S_t = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 30 \text{ s}}{2} = 225 \text{ m}.$$

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 keyin-chi?

Berilgan:  $v_0 = 0$ ;  $t_0 = 1 \text{ s}$ ; 1)  $t = 2 \text{ s}$ ; 2)  $t = 4 \text{ s}$ .

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

Yechilishi.

$$S_1 = S_0 + \Delta S_2, \quad S_2 = S_0 + \Delta S_3.$$

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

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

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

$$S_1 = 5 \text{ m} + 20 \text{ m} = 25 \text{ m},$$

$$S_2 = 5 \text{ m} + 40 \text{ m} = 45 \text{ m}.$$

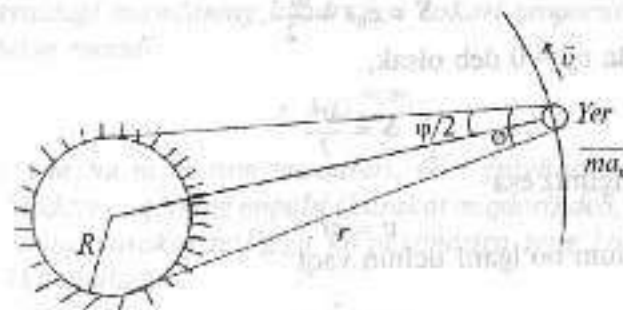
Javob: 25 m; 45 m.

**28-masala.** Quyidagi ma'lumotlarga ko'ra, Quyosh sirtidagi erkin tushish tezlanishini toping. Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa  $1,5 \cdot 10^8 \text{ m}$ , Quyoshning Yerdan ko'rinish burchagi  $9,3 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ , Yerning Quyosh atrofida aylanish davri  $3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$ .

Berilgan:  $r = 1,5 \cdot 10^8 \text{ m}$ ;  $\varphi = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ ;  $T = 3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$ .

Topish kerak:  $g = ?$

Yechilishi.



$$\text{tg } \frac{\varphi}{2} = \frac{R}{r}.$$

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

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

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

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

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

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

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

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  $15 \text{ m/s}$  ga yetadi?

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

Topish kerak:  $S = ?$

Yechilishi. Tekis tezlanuvchan 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  $\sum F$  — jismga 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:

$$F_{\text{shq}} = \mu \cdot N,$$

bu yerda  $\mu$  — sirning xususiyatiga bog'liq bo'lgan sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti;  $N$  — tayanchning reaksiya kuchi.

• Ikki moddiy nuqta bir-birini ularni tutashiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan, ularning massalari ko'paymasiga to'g'ri va ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lgan kuch bilan tortadi:

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

bu yerda  $m_1$  va  $m_2$  — jism massalari;  $G$  — gravitatsion doimiy.

• Moddiy nuqtaning impulsi (harakat miqdori) deb, jism massasining uning harakat tezligiga ko'paymasiga teng bo'lgan vektor kattalikka aytiladi:

$$p = m\vec{v}.$$

• Bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar sistemasi agar bunga tashqaridan boshqa jismlar ta'sir qilmasa yopiq deyiladi. Impulsning saqlanish qonuni: yopiq sistemadagi jismlar impulslarining geometrik (vektor) yig'indisi o'zgarmasdir:

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

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

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

bunda  $\alpha$  — 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:

$$N = F \cdot v.$$

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

$$T = \frac{mv^2}{2} \quad \text{yoki} \quad T = \frac{p^2}{2m},$$

- 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 bikirligi;  $x$  — 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:

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

bu yerda  $E_i$  — tizimdagi har bir jismning to'liq energiyasi;  $n$  — tizimdagi 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 qilayotgan kuchning kuch yelkasiga ko'paytmasiga kuch momenti deyiladi:

$$M = F \cdot l,$$

bu yerda  $l$  — aylanish o'qidan kuch qo'yilgan to'g'ri chiziqqacha bo'lgan eng qisqa masofa.

**Kuch yelkasi** deb, aylanish o'qidan kuch ta'sir chizig'iga tushirilgan perpendikularga aytiladi.

- Jism muvozanatda bo'lishi uchun aylanish o'qiga nisbatan kuchlar momentlarining algebraik 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 YECHISHGA NAMUNALAR

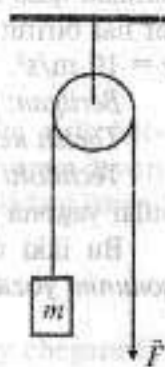
**1-masala.** Massasi 10 kg bo'lgan jism vertikal yo'nalishda  $5 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlanishi uchun unga qanday kuch bilan ta'sir qilish kerak?

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

Topish kerak:  $F = ?$

**Yechilishi.** Ushbu holda jismga ikkita kuch — og'irlik 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:  $-50 \text{ N}$ .

**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.* Yukka ikkita kuch ta'sir qiladi:  $mg$  – og'irlik kuchi va  $F$  kuchga teng bo'lgan ipning taranglik kuchi.  $F$  kuchni Nyuton ikkinchi qonunidan topamiz:

$$ma = F - mg.$$

Bundan,

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

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

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

Javob:  $108 \text{ N}$ .

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

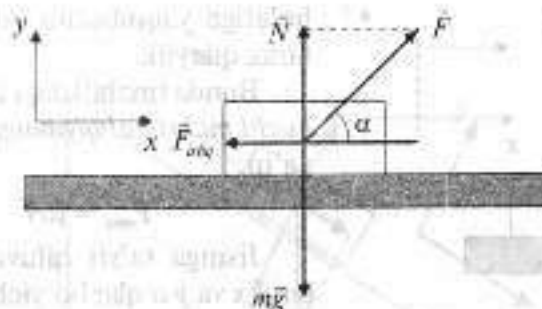
Berilgan:  $\mu = 0,2$ .

Topish kerak:  $a = ?$

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

Bu ikki chanadan iborat tizim uchun Nyutonning ikkinchi qonunini yozamiz:

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



bu yerda  $F$  – tortish kuchi;  $m = 70 \text{ kg}$ ;  $F_{\text{shq}}$  – ishqalanish kuchi;  $N$  – gorizontal tayanchning natijaviy normal reaksiya kuchi.

Chanalarning ishqalanish kuchlari bir xil bo'lib,  $F_{\text{shq}}$  va  $N$  kuchlar o'zaro quyidagi munosabat bilan bog'langan:

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

Harakat tenglamalarini o'qlarga proyeksiyalari ko'rinishida yozamiz:

$$F \cos \alpha - F_{\text{shq}} = 0, \quad (3)$$

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

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

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

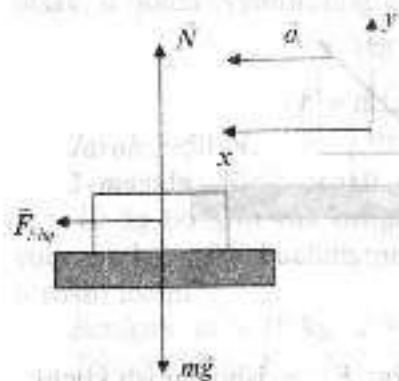
Javob:  $240 \text{ N}$ .

**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 qilaylik.

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 proyeksiyalaymiz:

$$N - mg = 0 \text{ yoki}$$

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

(2) formulani (1) 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  $60^\circ$  va balandligi  $2,5 \text{ m}$  bo'lgan qiya tekislikdan kichik shayba qancha vaqtda sirpanib tushadi? Xuddi shunday materialdan yasalgan, qiyalik burchagi  $30^\circ$  bo'lgan qiya tekislikdan shayba pastga tekis harakat qiladi.

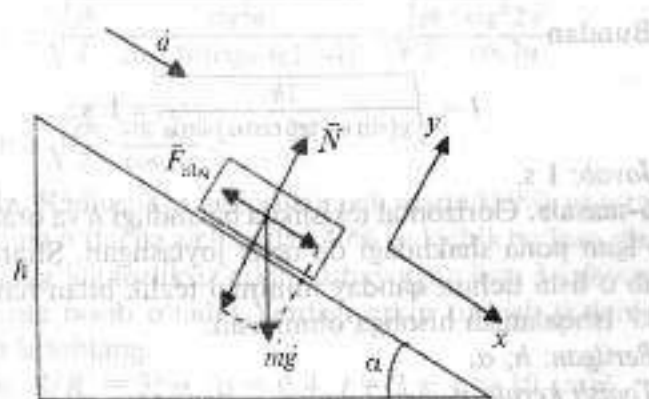
Berilgan:  $\alpha = 60^\circ$ ;  $h = 2,5 \text{ m}$ ;  $\beta = 30^\circ$ .

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 perpendikular yo'naltiramiz va jismga ta'sir qiluvchi kuchlarni mazkur o'qlarga proyeksiyalaymiz:



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

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

*Sirpanish ishqalanish kuchi*

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

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

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

(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  $30^\circ$  bo'lgan qiya tekislikdan tekis harakat qilib tushayotgan shartidan aniqlaymiz:

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

Bundan

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

Sirpanib tushish vaqtini quyidagi harakat tenglamasidan topamiz:

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

Bundan

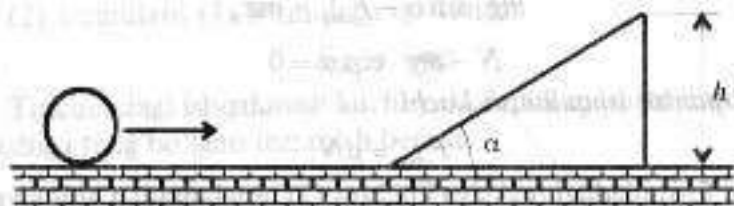
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g(\sin \alpha - \operatorname{tg} \beta \cos \alpha) \sin \alpha}} = 1 \text{ s.}$$

Javob: 1 s.

**6-masala.** Gorizonttal tekislikda balandligi  $h$  va oraliq burchagi  $\alpha$  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:  $v_{\min} - ?$



*Yechilishi.* Sharcha pona bilan to'qnashgandan keyin u gorizontga nisbatan  $2\alpha$  burchak ostida  $v$  tezlik bilan harakatlana boshlaydi, deb hisoblash mumkin. Sharcha shunday minimal tezlikka ega bo'lishi kerakki, bunda u koordinatalari  $x = h \operatorname{ctg} \alpha$  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:

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

$$vt \cos 2\alpha = h \operatorname{ctg} \alpha. \quad (2)$$

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

$$h \approx h \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} 2\alpha - \frac{gh^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}{2v^2 \cos^2 2\alpha},$$

$$v \geq \sqrt{\frac{gh}{2} \cdot \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha}{\cos^2 2\alpha (\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} 2\alpha - 1)}} = \sqrt{\frac{gh}{2} \cdot \frac{\operatorname{ctg}^2 2\alpha}{\cos 2\alpha}}.$$

Javob:  $v \geq \sqrt{\frac{gh}{2} \cdot \frac{\operatorname{ctg}^2 2\alpha}{\cos 2\alpha}}$

**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  $10 \text{ m/s}^2$  deb hisoblang.

Berilgan:  $R/R_p = 3; \rho_p/\rho = 0,4; t = 3 \text{ s}; g = 10 \text{ m/s}^2$ .

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

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

Bu yerdan  $g_p = 0,4 \text{ m/s}^2$  erkin tushish qiymatini (1) formulaga qo'yamiz 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'qning ko'tarilish balandligini toping.

Berilgan:  $m$ ;  $M$ ;  $v$ .

Topish kerak:  $h$  - ?

*Yechilishi.* Ushbu jarayon uchun *impuls va energiya saqlanish qonunlarini* yozamiz:

$$mv = Mv, \quad (1)$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + mgh, \quad (2)$$

bu yerda  $v$  - o'qning to'qnashishgacha bo'lgan tezligi;  $h$  - o'qning ko'tarilish balandligi. (1) formuladan o'qning tezligini topamiz:

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

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

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

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

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

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

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

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

Topish kerak:  $F$  - ?  $t$  - ?

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

$$W_k = A,$$

$$\frac{mv^2}{2} = F \cdot l,$$

bundan esa

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

Ikkinchi tomondan masala shartiga ko'ra, o'qning yog'och ichidagi harakatini tekis sekinlanuvchan deb hisoblash mumkin bo'lgani uchun uning tezlik o'zgarishi  $v = v_0 - at$  bo'ladi, agar  $a = F/m$  va to'xtagan paytda  $v = 0$  ekanini hisobga olsak,  $v_0 = Ft$ , bundan esa o'qning harakatlanish vaqti

$$t = \frac{mv_0}{F} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 2,5 \text{ ms}$$

ekani kelib chiqadi.

Javob: 2,5 ms.

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

Berilgan:  $m = 2 \text{ t} = 2 \cdot 10^3 \text{ kg}$ ;  $H = 400 \text{ m}$ ;  $v_1 = 50 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = 30 \text{ m/s}$ .

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

$$W_1 = mgh + \frac{mv_1^2}{2},$$

$$W_2 = \frac{mv_2^2}{2}.$$

Endi son qiymatlarni qo'yib hisoblashlarni bajaramiz:

$$A = mgh + \frac{m}{2}(v_1^2 - v_2^2) = 8,6 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

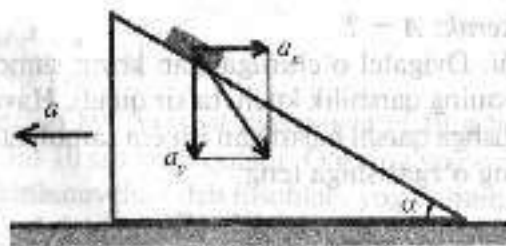
Javob: 8,6 MJ.

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

*Yechilishi.* Brusokning tezlanishini gorizontol ( $a_x$ ) va vertikal ( $a_y$ ) tashkil etuvchilar yordamida yozamiz. Brusokka og'irlik kuchi  $mg$  va qiya tekislik tomonidan reaksiya kuchi  $N$  ta'sir etadi. Qiya tekislikka gorizontol yo'nalishda faqat brusok tomonidan reaksiya 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 tizimiga nisbatan olingan. Agar qiya tekislikka bog'liq sanoq tizimiga o'tilsa, brusok tezlanishi gorizontol bilan  $\alpha$  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'rta tenglamadan qiya tekislikning tezlanishi  $a$  ni topamiz:

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

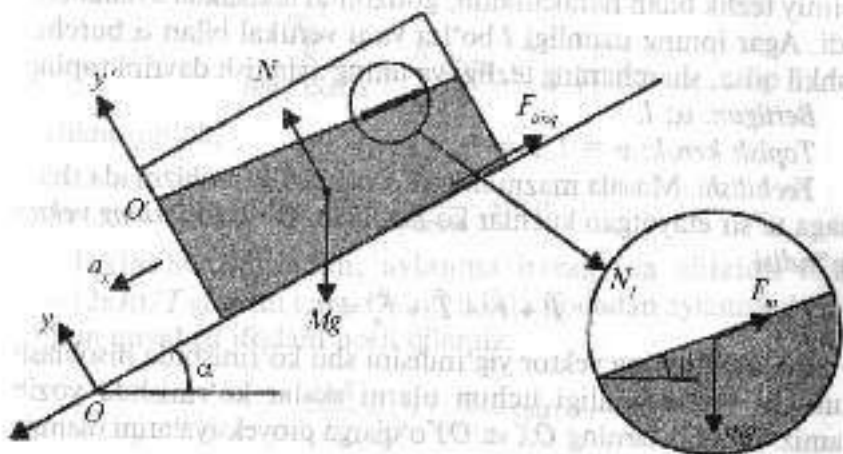
$$\text{Javob: } a = \frac{mg \sin 2\alpha}{2(M + m \sin^2 \alpha)}.$$

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

*Yechilishi.* Suvli bak uchun  $xOy$  koordinatalar sistemasida harakat tenglamasini yozamiz:

$$\text{Ox: } Ma_x = Mg \sin \alpha - F_{\text{istq}} = Mg \sin \alpha - \mu N,$$

$$\text{Oy: } N - Mg \cos \alpha = 0$$



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 (rasmga qarang). Bu qatlamga og'irlik kuchi  $mg$ , undan pastda yotuvchi suv qatlamini tomonidan reaksiya kuchi  $N_1$  va inertiya kuchi  $F_m = -ma_x$  ta'sir etadi. Nyutonning II qonuniga ko'ra,  $x'O'y'$  koordinatalar sistemasida bu qatlam uchun

$$mg - N_1 + F_m = 0$$

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

$$O'x': mg \sin \alpha - N_1 \sin(\alpha - \beta) - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 0;$$

$$O'y': N_1 \cos(\alpha - \beta) - mg \cos \alpha = 0$$

va bulardan quyidagini olamiz:

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

Bu ifodadan biz qidirgan burchak  $\beta$  ni topish mumkin:

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

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

**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  $\alpha$  burchak tashkil qilsa, sharchaning tezligi va uning aylanish davrini toping.

Berilgan:  $\alpha$ ;  $l$ .

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

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

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

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

$$OX: -F_i + F_q = 0, \quad F_i = F_q$$

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:  $F_i = F_q$  va taranglik kuchi  $T$  ni topib olsak,

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

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

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

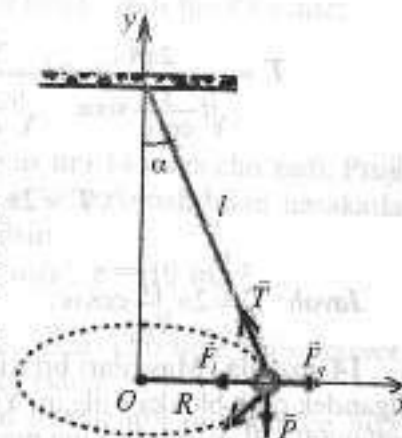
$$\frac{\frac{mv^2}{R}}{mg / \cos \alpha} = \frac{R}{l} \quad \text{dan} \quad v^2 = \frac{R^2 g}{l \cos \alpha},$$

tezlikni topsak,

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

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:

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



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

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

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

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

*Yechilishi.* Masalaning mazmunidan kelib chiqib chizma chizib olamiz. Chizmada kuchlar va kinematik kattaliklarni ko'rsatamiz.

Endi bu chizmaga tegishli dinamika tenglamasini tuzib olamiz:

$$\vec{T}_1 + \vec{P}_1 = 3m\vec{a}, \quad (1)$$

$$\vec{T}_2 + \vec{P}_2 = 2m\vec{a}. \quad (2)$$

OY o'qiga proyeksiyalaymiz:

$$T_1 - P_1 = -3ma, \quad (3)$$

$$T_2 - P_2 = 2ma, \quad (4)$$

$P_1 = 3mg$ ,  $P_2 = 2mg$ ,  $T_2 = T_1 = T$  ekanligini hisobga olsak

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

$$T - 2mg = 2ma,$$

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

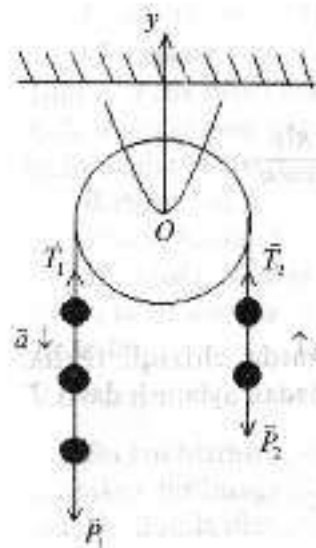
$$T = 2ma + 2mg, \quad (6)$$

$$(5) = (6),$$

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

$$mg = 5ma,$$

$$a = \frac{g}{5}. \quad (7)$$



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

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

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

**15-masala.** Prujinaga osilgan yuk uni 14 smga cho'zadi. Prujinaning yuk pastga yo'nalgan  $2,8 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlanayotgan paytdagi cho'zilishi 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. Ta'sir etayotgan kuchlarni aniqlab chizmada ko'rsatamiz.

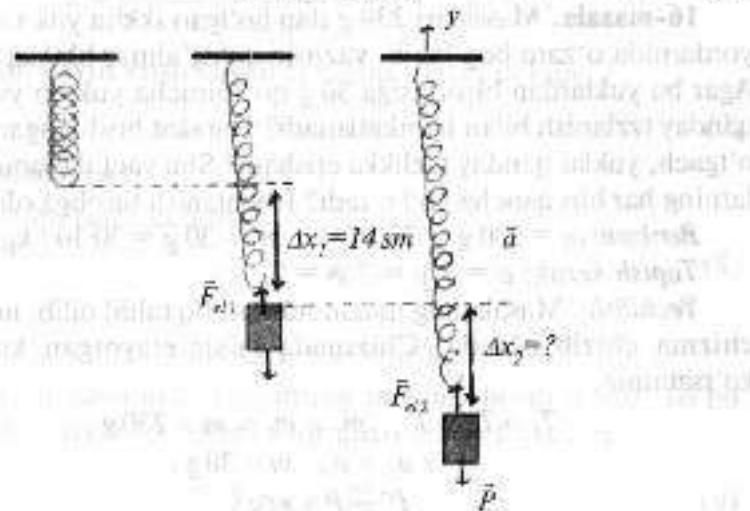
Dastlab prujinaga yuk osilgan hol uchun prujinaning birligini topib olamiz:

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

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

Endi prujina tezlanish bilan harakatlangan paytdagi hol uchun tenglama tuzib olamiz:

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



OY o'qiga proyeksiya olamiz:

$$-P + F_{ax2} = -ma,$$

$$F_{ax2} = P - ma, \quad (4)$$

$$F_{ax2} = k\Delta x_2, \quad (5)$$

(5) → (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: 10 sm.

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

$$T_1 = T_2 = T, \quad m_1 = m_2 = m = 230 \text{ g};$$

$$a_1 = a_2 = a, \quad m = 30 \text{ g}.$$

$$P' = P + m'g. \quad (1)$$

Dinamik tenglarnalarni tuzib olamiz:

$$\begin{cases} \bar{T} + \bar{P}' = (m - m')a, \\ \bar{T} - \bar{P} = m\bar{a} \end{cases} \quad (2)$$

OX o'qiga proyeksiyalaymiz:

$$\begin{cases} T - P' = -(m + m')a, \\ T - P = ma \end{cases} \quad (3)$$

$$T = P' - (m + m')a, \quad (4)$$

$$T = ma + P, \quad (5)$$

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

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

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

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

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

(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

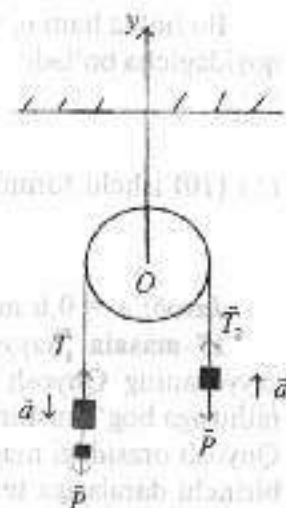
$$v = at \quad (8)$$

bo'ladi.

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

Shu vaqt davomida yuklarning har biri bosib o'tgan yo'lni 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:

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

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

*Yechilishi.* a) Biz bilamizki, aylana bo'ylab harakatda kuch

$$F = \frac{mv^2}{R} \quad (1)$$

ga teng, tortishish kuchi esa

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

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

$$(1) = (2),$$

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2} \quad (3)$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} \quad (4)$$

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

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

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

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

$$T = \frac{2\pi\sqrt{R^3}}{\sqrt{GM}} \quad (5)$$

Demak, bunda

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

bo'lar ekan. Agar tortishish kuchi

$$F = G \frac{Mm}{R^3} \quad (6)$$

bo'lsa, u holda

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^3},$$

$$\frac{m4\pi^2 R^2}{RT^2} = G \frac{Mm}{R^3},$$

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

$$T^2 = \frac{4\pi^2 R^4}{GM} \quad (7)$$

$$T = \frac{2\pi R^2}{\sqrt{GM}} \quad (8)$$

$$T \approx R^2$$

bo'lar ekan.

$$F = G \frac{Mm}{R} \quad (9)$$

bo'lsa,

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

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

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

$$T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{GM}, \quad (10)$$

$$T = \frac{2\pi R}{\sqrt{GM}}, \quad (11)$$

$$T \approx R,$$

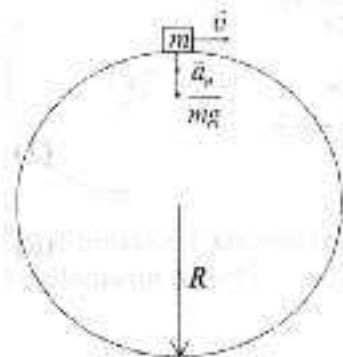
Javob:  $T \approx R$ .

**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:  $m = 1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$ ;  $R = 100 \text{ m}$ ; a)  $v_1 = 18 \text{ km/soat} = 5 \text{ m/s}$ ; b)  $v_2 = 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s}$ .

Topish kerak:  $F_{\text{mi1}} = ?$   $F_{\text{mi2}} = ?$

Yechilishi.



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

$$F_c = ma_c, \quad (2)$$

$$F_2 = ma_c, \quad (2a)$$

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

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

$$F_1 = 250 \text{ N}, \quad F_2 = 1000 \text{ N}.$$

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 olmang.

Yechilishi.

$F_3 = F_1,$   
 $\begin{cases} \bar{P}_1 + \bar{F}_1 = M\bar{a}, \\ \bar{P}_2 + \bar{F}_1 = (M+m)\bar{a}, \\ -Mg + F_1 = Ma, \\ -(M+m)g + F_1 = -(M+m)a, \\ (M+m)g - Mg = ((M+m) - M)a \\ mg = ma, \\ -Mg + F_1 + (M+m)g - F_1 = Ma + (M+m)a, \\ mg = 2Ma + ma = (2M+m)a, \\ a = \frac{mg}{2M+m}, \\ F_1 = M(a+g) = M\left(\frac{m}{2M+m} + 1\right)g, \\ F_1 = M\left(\frac{m+2M+m}{2M+m}\right)g = M \cdot 2 \frac{M+m}{2M+m} \cdot g, \\ F_1 = \frac{2M(M+m)g}{2M+m}, \\ F_1 = (M-m)(g-a) = (M+m)\left(g - \frac{mg}{2M+m}\right) = \frac{2M(m+M)g}{2M+m}, \\ F_2 = \frac{2M(m+M)g}{2M+m}, \\ F_2 = 2F_1, \\ F_2 = \frac{4M(m+M)g}{2M+m} \end{cases}$

**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:

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

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

#### 1.4-§. Qattiq jism dinamikasi

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

$$I \varepsilon_z = M_z$$

bu yerda  $M_z$  — tashqi kuchlarning  $Z$  o'qiga nisbatan momentlarining algebraik 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 perpendikular 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 perpendikular 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 momenta *Shteyner 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'qlar 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:

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

bu yerda  $m$  – jism massasi;  $v$  – massa markazining tezligi;  $I$  – jismning massa markazi orqali o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti;  $\omega$  – o'sha o'q atrofida aylanishning 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;  $\omega_z$  – burchak tezlik.

**Qattiq jism muvozanatining shartlari:**

1. Qattiq jismga qo'yilgan 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 YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.**  $m = 0,3$  kg massali moddiy nuqtaning nuqtadan  $r = 20$  sm uzoqlikdan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti  $J$  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  $l = 60$  sm va massasi  $m = 100$  g bo'lgan ingichka bir jinsli tayoqchani unga tik va tayoqchani uchlaridan biridan  $a = 20$  sm masofadagi nuqtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya moment  $J$  aniqlansin.

Berilgan:  $l = 0,6$  m;  $m = 0,1$  kg;  $a = 0,2$  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  $m = 50$  g va radiusi  $R = 10$  sm bo'lgan halqaning unga urinma bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti  $J$  aniqlansin.

Berilgan:  $m = 0,05$  kg;  $R = 0,1$  m.

Topish kerak:  $J = ?$

Yechilishi.

$$J = J_0 - mR^2, \quad J_0 = \frac{1}{2} mR^2,$$

$$J = \frac{1}{2} mR^2 - mR^2 = -\frac{1}{2} mR^2,$$

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

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

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

Berilgan:  $d = 0,2$  m;  $m = 0,8$  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-§. Hidrostatika

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

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

**Paskal qonuni.** Suyuqlik yoki gazga ta'sir ettirilgan bosim suyuqlik yoki gazning har bir nuqtasiga o'zgarishsiz uzatiladi.

**Gidrostatik bosim.** Balandligi  $h$  bo'lgan bir jinsli suyuqlikning idish tubiga beradigan bosimi:

$$P = \rho g h.$$

**Arximed kuchi.** Suyuqlikka yoki gazga bostirilgan jismni itarib chiqaruvchi kuch jism siqib chiqargan suyuqlik yoki gaz og'irligiga teng:

$$F_A = \rho g V.$$

bu yerda  $\rho$  — suyuqlik yoki gazning zichligi;  $V$  — suyuqlik yoki gazga botirilgan jism qismining hajmi.

### MASALA YECHISHGA 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 ustuning 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 qatlaminin umumiy balandligi 29,2 sm. Suyuqliklarning idish tubiga berayotgan bosimi topilsin. Atmosfera bosimi hisobga olinmasin.

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

Topish kerak:  $P - ?$

Yechilishi. Ikkala suyuqlik qatlaminin idish tubiga berayotgan umumiy gidrostatik bosimi quyidagiga teng bo'ladi:

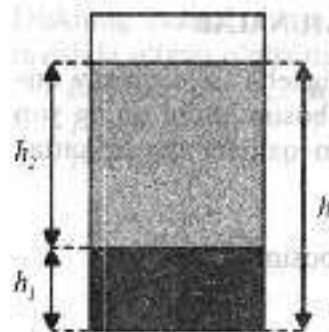
$$P = P_1 + P_2, \quad (1)$$

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

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

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

bu yerda  $\rho_1$  va  $\rho_2$  — 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  $c_1 h_1 S = c_2 h_2 S$ , bu yerda  $S$  — idish asosining yuzi. 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:

$$P = \frac{2\rho_1 \rho_2 h g}{\rho_1 + \rho_2}.$$

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,

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

Bu munosabatdan 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 tomonga 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:

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

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

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

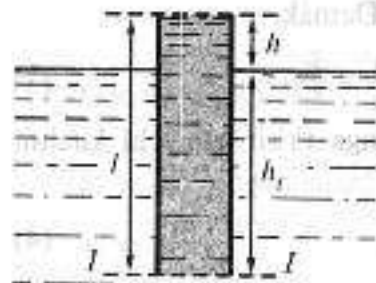
Demak, katta porshenga 1,5 kN kuch ta'sir qilar ekan.

Javob: 1,5 kN.

**4-masala.** Truba suvda vertikal holatda suzib yuribdi. Trubaning suvdan chiqib turgan qismining balandligi  $h$  ga teng. Trubaning ichiga zichligi  $\rho = 0,9 \text{ g/sm}^3$  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 ( $I-I$ ) moy hosil qilgan bosim suv bosimiga teng bo'ladi:

$$P_0 + \rho_1 g l = P_0 + \rho g h_1, \quad (1)$$

bu yerda  $\rho_1$ ,  $\rho$  - mos holda moy va suv zichliklari,

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

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

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

Bu tenglamadan  $l$  ni topamiz:  $l = h \frac{\rho}{\rho - \rho_1} = 10h$ .

Javob:  $10h$ .

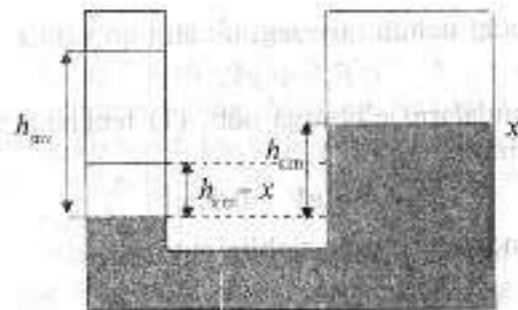
**5-masala.** Tutash idishda simob taribdi. Bir idishning kesimi yuzasi ikkinchisidan 2 marta katta. Tor idishga balandligi 1,02 m gacha bo'lgan suv quyiladi. Keng idishdagi simob qanchaga ko'tariladi? Simobning zichligi  $13600 \text{ kg/m}^3$ .

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

Topish kerak:  $x$  - ?

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

$$\rho_{\text{sim}} g h_{\text{sim}} = \rho_{\text{suv}} g h_{\text{suv}} \quad \text{yoki} \quad \rho_{\text{sim}} h_{\text{sim}} = \rho_{\text{suv}} h_{\text{suv}}. \quad (1)$$



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):

$$2Sx = S(h_{\text{suv}} - x). \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalardan,

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

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

**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:  $\rho$  - ?

*Yechilishi.* Jismning suyuqlikdagi og'irligi deb, tayanch 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:  $2000 \text{ kg/m}^3$ .

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

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:

$$F_A - T - mg = 0, \quad (1)$$

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

$$F_A = \rho_s g V_{ch} = \rho_s g \frac{3V}{4} = \rho_s g \frac{3m}{4\rho}, \quad (2)$$

bu yerda  $\rho$  — po'kakning zichligi;  $\rho_s$  — suvning zichligi;  $V_{ch}$  — siqib chiqarilgan suvning hajmi.

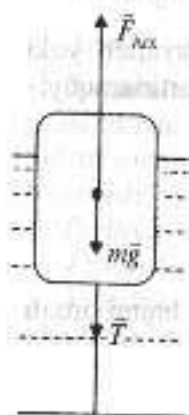
(2) ifodani (1) tenglamaga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

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

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:  $30 \text{ N}$ .



**8-masala.** Kovak mis shar havoda va suvda tortilganda unig og'irligi mos holda  $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ N}$  va  $2,17 \cdot 10^{-2} \text{ N}$  ga teng. Shar ichki bo'shlig'ining hajmini toping. Misning zichligi  $8,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  ga teng. Havoning ko'tarish kuchi 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 kuchi hisobga olinmasin deyilgan), sharni dinamometrغا bog'lovchi ipning taranglik kuchi  $T$ , suvning itarib chiqaruvchi kuchi yoki Arximed kuchi  $F_A$  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;  $\rho_s$  — 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'indilariga 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 hajmi;  $\rho_m$  — 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:

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

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

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

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

**9-masala.** Zichliklari  $\rho_1$  va  $\rho_2$  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  $\rho_s$  — 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  $\rho_1$  bo'lgan metall egallagan hajmini  $x$  orqali, ikkinchi metall egallagan hajmini 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:

$$P_x = \rho_1 g x = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_1 - P_2) - \rho_s \rho_1 P_1}{\rho_s (\rho_2 - \rho_1)},$$

$$P_y = \rho_2 g (V - x) = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_2 - P_1) - \rho_s \rho_2 P_1}{\rho_s (\rho_2 - \rho_1)}.$$

*Javob:*  $P_x = \rho_1 g x = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_1 - P_2) - \rho_s \rho_1 P_1}{\rho_s (\rho_2 - \rho_1)},$

$$P_y = \rho_2 g (V - x) = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_2 - P_1) - \rho_s \rho_2 P_1}{\rho_s (\rho_2 - \rho_1)}.$$

**10-masala.** Zichliklari  $\rho_1$  va  $\rho_2$  bo'lgan ikkita o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar bo'linish chegarasida sharcha shunday suzib yurib-diki, bunda suyuqliklarga botishi hajmining nisbati  $n = V_1/V_2$  ga teng. Shar moddasining zichligi topilsin.

*Berilgan:*  $\rho_1; \rho_2; n = V_1/V_2$ .

*Topish kerak:*  $\rho_{sh} - ?$

*Yechilishi.* Og'irligi  $P$  bo'lgan jisimning 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:

$$\rho_s g V_s = \rho_1 g V_1 + \rho_2 g V_2. \quad (1)$$

Masala shartidan:

$$V_s = V_1 + V_2, \quad n = \frac{V_1}{V_2}.$$

Ushbu shartlardan  $V_1$  va  $V_2$  larni olamiz:

$$V_1 = \frac{n V_s}{n+1}, \quad (2)$$

$$V_2 = \frac{V_s}{n+1}. \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$p_2 g V_{sh} = p_1 g \frac{n V_{sh}}{n+1} + p_2 g \frac{V_{sh}}{n+1},$$

Bu yerdan  $p_{sh}$  ni topamiz:

$$p_{sh} = \frac{p_1 n + p_2}{n+1}.$$

Javob:  $p_{sh} = \frac{p_1 n + p_2}{n+1}.$

### 1.6-§. Suyuqliklar va gazlar mexanikasi

Siqilmaydigan suyuqlikning statsionar oqimi uchun uzluksizlik tenglamasi

$$v \cdot S = const,$$

o'rinlidir, bu yerda  $x$  - 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 suyuqlik sathiga nisbatan chuqurligi.

*Bernulli tenglamasi:*

$$P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = const,$$

bu yerda  $c$  - suyuqlik zichligi;  $P$  - suyuqlikning statik bosimi;  $v$  - suyuqlik 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 quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = (P_2 - P_1) V.$$

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 koefitsiyent;  $\eta$  - 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 *Puazey* formulasi yordamida topiladi:

$$V = \frac{l \pi R^4}{\eta 8l} \Delta p t,$$

bu yerda  $\Delta p$  - quvur (truba) uchlariidagi bosimlar farqi.

Turbulent oqish paytida unchalik katta bo'lmagan tezliklarda qarshilik:

$$F = C_x S \rho v^2,$$

bu yerda  $C_x$  - jism shakli va Reynolds soniga bog'liq bo'lgan qarshilik koefitsiyenti;  $S$  - jismning oqim tezligiga perpendikular tekislikka proyeksiyasining yuzi;  $c$  - muhitning zichligi.

*Reynolds soni:*

$$Re = \frac{l\rho v}{\eta}$$

bu yerda  $l$  - jismning chiziqli o'lchamlarini xarakterlovchi kattalik.

### MASALA YECHISHGA 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.

$$v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2,$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot S_1}{S_2},$$

$$S = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4},$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot d_1^2}{d_2^2},$$

$$d_1 = 1,5 \cdot d_2,$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot (1,5 \cdot d_2)^2}{d_2^2} = 2,25 \cdot v_1 = 0,45 \text{ m/s}.$$

Javob:  $x_2 = 0,45$  m/s.

**2-masala.** Gorizontal 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:  $x_2 = 4,33$  m/s.

**3-masala.** Nasos gorizontal silindrining diametri  $d_1 = 20$  sm. Unda  $d = 2$  sm diametrlilik teshikdan suvni haydagancha  $v_1 = 1$  m/s tezlik bilan porshen harakatlanadi. Suv teshikdan qanday  $v_2$  tezlik bilan oqib chiqadi? Suvning silindrdagi ortiqcha bosimi  $p$  qanday bo'ladi?

Berilgan:  $d_1 = 0,2$  m;  $v_1 = 1$  m/s;  $d_2 = 0,02$  m.

Topish kerak:  $v_2 = ?$   $p = ?$

Yechilishi.

$$v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2,$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4},$$

$$\frac{v_1 \cdot \pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{v_2 \cdot \pi \cdot d_2^2}{4},$$

$$v_1 \cdot d_1^2 = v_2 \cdot d_2^2,$$

$$v_2 = v_1 \cdot \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 = 1 \cdot \left( \frac{0,2}{0,02} \right)^2 = 100 \text{ m/s}.$$

$$P = \frac{\rho v_2^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\rho}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2) = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Javob:  $P = 5 \cdot 10^6$  Pa.

**4-masala.** Shamolning devorga bosimi  $P = 200$  Pa. Agar shamol devorga tik ravishda esayotgan bo'lsa, uning tezligi  $v$  aniqlansin. Havoning zichligi  $\rho = 1,29$  kg/m<sup>3</sup>.

Berilgan:  $P = 200$  Pa;  $\rho = 1,29$  kg/m<sup>3</sup>.

Topish kerak:  $v = ?$

Yechilishi.

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

$$F \cdot \Delta t = \Delta p \cdot S,$$

$$F \cdot \Delta t = 2mv,$$

$$F = \frac{2mv}{\Delta t},$$

$$P = \frac{2mv^2}{\lambda},$$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot l,$$

$$m \cdot 50,0 = \lambda \cdot \frac{l}{\Delta t} = v,$$

$$\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3,$$

$$P = 2\rho v^3,$$

$$v = \sqrt{\frac{P}{2\rho}} = 8,8 \text{ m/s}.$$

Javob:  $v = 8,8 \text{ m/s}$ .

**5-masala.** Balandligi  $h = 1,5 \text{ m}$  bo'lgan bak suv bilan limmolim qilib to'ldirilgan. Bakning yuqori chegarasidan  $d = 1 \text{ m}$  masofada kichik diametrdi 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.

$$mgd = \frac{mv^2}{2},$$

$$v = \sqrt{2gd},$$

$$S = h - d = \frac{gt^2}{2},$$

$$l = v \cdot t = \sqrt{\frac{4gd(h-d)}{g}} = 2\sqrt{d(h-d)} = 1,4 \text{ m}.$$

Javob:  $l = 1,4 \text{ m}$ .

### 1.7-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 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'lining vaqtga bog'lanish grafiklari tuzilsin.

2. Samolyot kuzatish boshlangan paytda boshlang'ich koordinatalari  $x_0 = 0$ ,  $y_0 = 400 \text{ m}$  bo'lgan nuqtada bo'lib, YOY vertikal tekislikda gorizontga  $30^\circ$  burchak ostida  $100 \text{ m/s}$  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.

3. Odam poyezd bilan yonma-yon, poyezdning oldingi qalqonlari bilan bir chiziqda turibdi. Poyezd  $0,1 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakat qila 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  $v_1$  va odamning bu vaqt ichida o'tgan yo'li  $S_{od}$  aniqlansin.

4. Avtomobil yo'lining birinchi yarmini  $v_1 = 10 \text{ m/s}$ , ikkinchi yarmini esa  $v_2 = 15 \text{ m/s}$  tezlik bilan o'tdi. Butun yo'l davomidagi o'rtacha tezlikni toping. O'rtacha tezlik  $v_1$  va  $v_2$  ning o'rtacha arifmetik qiymatidan kichik ekanligini isbotlang.

5.  $0,4 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlanayotgan avtomobilning tezligi qancha vaqtdan keyin  $12$  dan  $20 \text{ m/s}$  gacha ortadi?

6. Tezlik  $v_1 = 15 \text{ km/soat}$  bo'lganda avtomobilning tormozlanish yo'li  $S_1 = 1,5 \text{ m}$  ga teng. Tezlik  $v_2 = 90 \text{ km/soat}$  bo'lganda tormozlanish yo'li qancha bo'ladi? Tezlanish ikkala holda ham bir xil.

7. 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  $v_x = v_x(t)$  bog'lanishni yozing, bu bog'lanishlar grafiklarini chizing, har qaysi nuqtaning harakatini tavsiflang.

8. GES turbinasining ishchi g'ildiragi 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 yurgaziladigan o'yinchoq avtomobil tekis harakatlanib,  $t$  vaqt ichida  $S$  yo'lini bosib o'tdi. Avtomobil g'ildiragining diametri  $d$  ga teng. G'ildiraklarning aylanish chastotasi va g'ildirak to'g'ridagi 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  $16 \text{ sm}$  bo'lgan chig'ir barabanining aylanish chastotasi qanday bo'lishini toping.

11. Massasi  $100 \text{ t}$  bo'lgan manyovr teplovozi tinch turgan vagonni turtib yubordi. O'zaro ta'sirlashish vaqtida vagonning tezlanishi teplovoznining tezlanishidan modul bo'yicha  $5$  marta katta bo'lgan. Vagonning massasi qanday?

12. Massalari  $400$  va  $600 \text{ g}$  bo'lgan ikkita jism bir-biriga qarama-qarshi harakatlanib kelib to'qnashdi va shundan keyin to'xtab qoldi. Agar birinchi jism  $3 \text{ m/s}$  tezlikda harakatlangan bo'lsa, ikkinchi jismning tezligi qanday bo'lgan?

13. Massasi  $60 \text{ t}$  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  $15 \text{ kN}$  bo'lgan traktor tirkamaga  $0,5 \text{ m/s}^2$  tezlanish beradi. Tortish kuchi  $60 \text{ kN}$  ga yetadigan traktor o'sha tirkamaga qanday tezlanish beradi?

16. Massasi  $4 \text{ t}$  bo'lgan yuk orilmagan (bo'sh) yuk avtomobili  $0,3 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlana boshladi. Agar avtomobil o'sha tortish kuchida joyidan  $0,2 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan qo'zg'alsa, avtomobilga orilgan yukning massasi qanday?

17. Kosmik kema erkin uchayotganda fazogir qo'lidan massiv buyumni qo'yib yuborsa (itarmay yoki turtib yubormay), fazogirga nima bo'ladi? Agar u buyumni otib yuborsa-chi?

18. Massasi  $2 \text{ t}$  bo'lgan avtomobilni  $0,5 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan shatakka olib ketayotganda bikrligi  $100 \text{ kN/m}$  bo'lgan trosning cho'zilishini toping. Ishqalanishni hisobga olmang.

19. Mars sayyorasining 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 sayyorasining 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 koeffitsiyenti  $0,1$  ga teng bo'lsa, shu arqon qanday massaga ega yukli chanani siljita oladi?

22. Massasi  $2 \text{ kg}$  bo'lgan yog'och brusok gorizontal joylashgan taxta ustida bikrligi  $100 \text{ N/m}$  bo'lgan prujina yordamida tortiladi. Ishqalanish koeffitsiyenti  $0,3$  ga teng. Bunda prujinaning uzayishini toping.

23. Tezligi Yerga nisbatan  $v_1 = 15 \text{ m/s}$  bo'lgan avtomobil shamol yo'nalishi bo'ylab  $v_2 = 12 \text{ km/soat}$  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  $60 \text{ m}$  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  $v_0$  qanday bo'lishi lozim?

27. Jism  $30 \text{ m/s}$  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  $25 \text{ m}$  balandlikdagi balkondan yuqoriga tik qilib  $20 \text{ m/s}$  tezlik bilan koptok otildi: a) uloqtirish nuqtasini;

b) Yer sirtini sanoq boshi qilib tanlab,  $y$  koordinataning vaqtga bog'lanish formulasini yozing. Qancha vaqtdan keyin koptok Yerga tushishini toping.

29. 80 m balandlikdan bir vaqtda 10 va 20 m/s tezlik bilan gorizontal otilgan ikkita jismning harakat trayektoriyasini bitta chizmada 1 sm = 10 m li masshtabda chizing. Har qaysi jism qancha vaqt uchgan? Har qaysi jismning uchish uzoqligi qanday bo'lgan?

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 sirtiga yetganda uning tezligining moduli va yo'nalishi qanday bo'ladi?

31. Gorizontga  $45^\circ$  burchak ostida otilgan disk eng katta  $h$  balandlikka ko'tarilgan. Diskning uchish uzoqligi qancha?

32. 20 m balandda joylashgan balkondan gorizontdan  $30^\circ$  yuqoriga 10 m/s tezlik bilan koptok otiladi.  $X$  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 koptokning koordinatalarini; b) qancha vaqtdan keyin koptok yerga tushishini; d) gorizontal 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. Marsning radiusi 3380 km, undagi erkin tushish tezlanishi  $3,86 \text{ m/s}^2$  bo'lsa, ushbu sayyora uchun birinchi kosmik tezlikni hisoblang.

35. Uzunligi 5 m va ko'ndalang kesimi  $0,01 \text{ m}^2$  bo'lgan po'lat balkani gorizontal holatda ko'tarish krani yordamida 15 m balandlikka tekis ko'tarishda bajarilgan ishni hisoblang. Po'latning zichligi  $7800 \text{ kg/m}^3$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

36. Massasi 2 kg bo'lgan jismni  $3 \text{ m/s}^2$  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 m balandlikka  $5 \text{ m/s}^2$  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 kuchi bajargan ishni hisoblang.  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

41. Massasi 0,5 kg bo'lgan jism balandligi 7 m va qiyalik burchagi  $45^\circ$  bo'lgan qiya tekislikdan sirpanib tushmoqda. Agar ishqalanish koeffitsiyenti 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  $30^\circ$  bo'lgan tepalikka  $0,2 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan ko'tarilmoqda. 50 m masofada tortish kuchi qancha ish bajaradi? Ishqalanish koeffitsiyenti 0,2,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $l/3 = 1,7$ .

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 gorizontal tekislikda tekislikka  $45^\circ$  burchak hosil qilgan ip yordamida tekis harakatlantirilmoqda. Jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga teng. 2,4 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 bo'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 gorizontol 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 gorizontol holda 20 m/s tezlik bilan tosh otildi. Otilgandan 4 s o'tgach 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 gorizontga  $60^\circ$  burchak ostida 8 m/s tezlik bilan otildi. Jismning eng yuqori kotarilish nuqtasidagi kinetik energiyasini toping.

50. Jismni gorizontga nisbatan qanday burchak ostida uloqtirganda uning eng yuqori kotarilish nuqtasidagi kinetik energiyasi otilish paytidagisining 25% ini tashkil etadi?

51. Avtomobil turargohdan tekis tezlanuvchan harakatlana boshladi. Avtomobilning dastlabki 10 s dagi kinetik energiyasining o'zgarishi keyingi 10 s dagisidan necha marta kichik?

52. 0,8 kg massali basketbol to'pi 10 m/s tezlik bilan uchib bormoqda. O'yinchi to'pni ushlab olib uni 0,1 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 gorizontol sirtidan qandaydir burchak ostida otildi va u 4 s dan song 40 m uzoqlikka borib tushdi. Bu toshni uloqtirishda qancha ish bajarilgan?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

55. Gorizontol 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. 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 qalindlikdagi taxtalarining 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. xuldi shu kosmik kemani Yer sirtiga yaqin bo'lgan doiraviy orbitaga chiqarishda sarflangan ishdan necha marta kichik? Oynning massasi Yerning massasidan 80 marta, 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  $4 \text{ m/s}^2$  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  $10 \text{ sm}^2$  bo'lgan teshikdan suv 10 m/s tezlik bilan oqib chiqmoqda. Bu suv oqimining foydali quvvatini aniqlang.

62. Ventilatorning 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  $10 \text{ sm}^2$ , motorning quvvati 1 kW, FIKi 50%.  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

64. Silliq gorizontol 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 koeffitsiyenti 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 gorizontol sirtidan harakatlana borib boshqa, ya'ni balka va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga teng bo'lgan sirtga o'ta boshlaydi. Uning tezligi qancha bo'lganda yarmi ikkinchi tekislikka o'tadi (sm/s)?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

66. Uzunligi 2 m bo'lgan taxta gorizontal 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 gorizontal silliq tekislikdan harakatlana borib, bu silliq sirt bilan ulanib ketgan ikkinchi tekislikka o'ta boshlaydi (bu tekislik bilan taxta orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga teng). Taxta to'xtaganda uning uzunligining necha santimetri ikkinchi tekislikda bo'ladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

68. 100 g massali jism prujinaga osildi va bunda prujina 2 sm ga uzaydi. Prujinani 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 potentsial energiyasiga teng bo'ladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

71. 0,5 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 gorizontalga 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?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

74. Yer sirtidan biror jismni gorizontalga nisbatan qanday burchak ostida otilganda trayektoriyasirang eng yuqori ko'tarilish nuqtasida uning kinetik va potentsial energiyalari teng bo'ladi?

75. Kichik jism 4 m/s tezlik bilan gorizontal silliq sirt bo'lab 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 gorizontal yo'nalishda qanday tezlik berilsa, u ip bog'langan nuqta balandligicha ko'tarila oladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

77. Uzunligi 0,4 m bo'lgan yengil va qattiq sterjenning bir uchiga mahkamlangan sharchaga gorizontal 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 gorizontal o'q atrofida sistema erkin aylana oladi. Sterjen gorizontal 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 gorizontal o'q atrofida erkin aylana oladi. Gorizontal o'q sterjen uzunligini 1:2 nisbatda bo'lavchi nuqtasidan o'tkazilgan. Sterjen muvozanat holatda turganda unga qanday minimal burchak tezlik berilsa, u vertikal tekislikda to'liq aylana oladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

80. Silliq gorizontal 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 bikrlilari 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, u 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 prujina ning pastki uchiga 250 g massali yuk bog'lanib, sekin qo'yib yuboriladi. Bunda yuk qanday maksimal tezlikka erishadi (sm/s)?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

85. Bikrligi 1000 N/m, uzunligi 1 m bo'lgan yengil va vertikal joylashtirilgan prujina polga maksimal 400 N kuch bilan ta'sir qilishi uchun 10 kg massali yukni prujina ustiga polga nisbatan qanday balandlikdan erkin tashlash kerak (sm)?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

86. Shiftga bog'langan bikrligi 250 N/m bo'lgan prujinaga 1,6 kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni vertikal pastga tomon 1 m/s tezlik bilan turiladi, bunda yuk qanday maksimal masofaga tushadi (sm)?

87. Shiftga bog'langan bikrligi 250 N/m bo'lgan elastik rezina shnurga 1,6 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 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, 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 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 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 taranglik kuchi qancha bo'ladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

92. Mayatnik uzunligi 2 m bo'lgan cho'zilmaz 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 (sm)?

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 kg massali kichik sharcha bog'langan. Sharcha gorizontol vaziyatga keltirilib qo'yib yuboriladi. Ip vertikal bilan  $60^\circ$  burchak tashkil etgan paytda ipdagi taranglik kuchi qancha bo'ladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

95. Ingichka ipga massasi  $2\sqrt{3}$  kg bo'lgan kichik sharcha osilgan. Ip va sharcha gorizontol vaziyatga keltirilib sharcha qo'yib yuboriladi. Sharchaning tezlanish vektori gorizontol 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 gorizontol yo'nalishda qanday minimal tezlik berilsa, u vertikal tekislikda to'liq aylana chizadi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

99. 1,3 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 gorizontaal 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 kg massali tosh 0,5 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 uchlari massalari 0,5 kg dan bo'lgan ikki jism mahkamlangan bo'lib, sterjen uzunligini 1:3 nisbatda bo'luvchi nuqtasida o'tuvchi gorizontaal o'q atrofida sterjen erkin aylana oladi. Sterjen gorizontaal holatga keltirilib so'ng qo'yib yuboriladi. Sterjen vertikal vaziyatni egallaganda o'qqa qanday kuch bilan ta'sir qiladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**103.** Yengil sterjenning bir uchiga 3 kg massali jism, o'rtasiga esa 4 kg massali jism mahkamlangan bo'lib, u ikkinchi uchidan o'tuvchi gorizontaal 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.** Uchta katta bo'lgan jism radiusi 0,75 m bo'lgan qo'zg'almas yarim sferaning eng yuqori nuqtasidan ishqalanishsiz tusha boshlab qanday balandlikda 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 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 mixni vertikal bo'yicha necha santimetr pastga mahkamlash kerak?

**109.** Sharcha uzunligi 75 sm bo'lgan ipga bog'lanib va 90° burchakka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Ip uzilmasligi uchun ip osilgan nuqtadan mixni vertikal bo'yicha eng kamida necha santimetr pastga mahkamlash kerak?

**110.** 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)?

**111.** 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.

**112.** 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?

**113.** 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'lsa, sharlar massalari nisbatini aniqlang.

**114.** 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 song sharchalar bir xil balandlikka ko'tarilgan bo'lsa, birinchi sharcha massasi qancha (g)? Ikkinchi sharchaning massasi 0,6 kg.

115. Bir xil hajmga ega bo'lgan ikki shar uzunligi 0,5 m bo'lgan iplarga osilgan holda bir-biriga tegib turibdi. Sharlar massalarining nisbati 2:3. Kichik shar muvozanat holatidan  $90^\circ$  burchakka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Mutlaq elastik urilishdan so'ng ikkinchi shar necha santimetr balandlikka ko'tariladi?

116. 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.

117. 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?

118. Alfa-zarra qandaydir tezlik bilan uchib kelib tinch turgan geliy yadrosi bilan mutlaq elastik to'qnashadi va harakat yo'nalishiga nisbatan  $30^\circ$  burchakka og'adi. To'qnashuvdan keyin zarralar kinetik energiyalarining nisbatini aniqlang.

119.  $v$  tezlik bilan harakatlanayotgan 3 kg massali shar tinch turgan ikkinchi shar bilan mutlaq elastik to'qnashib, harakat yo'nalishini  $90^\circ$  ga o'zgartirdi va tezligi  $v/2$  ga teng bo'ldi. Ikkinchi shar massasini aniqlang. Sharlar sirti silliq.

120. 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  $60^\circ$ . To'qnashuvdan keyin dastlab tinch turgan sharning tezligi necha sm/s ga teng bo'ladi? Sharlar sirti silliq.

121. 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'na-

lishda 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 tekkizilgan holda tinch turibdi. Ular markazlarini tutashtiruvchi chiziqqa perpendikular yo'nalishda uchinchi shar kelib uriladi va u to'xtab qoladi. 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.

123. Yengil sharcha erkin tusha boshlab, 1,25 m masofa o'tganda yuqoriga 2,5 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan og'ir plita bilan elastik urilib ortga qaytdi. Bunda u qancha balandlikka sakraydi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

124. Stol tennisida o'ynaladigan plastmassa sharcha 80 sm balandlikdan erkin tashlanib, eng quyi nuqtaga kelganida u 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.  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

125. Gorizontal yo'nalishda uchib kelayotgan sharcha silliq gorizontal 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.  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

126. Yengil prujina massalari 0,9 kg va 0,1 kg bo'lgan ikki jism orasida siqilgan holda turibdi, bunda prujinaning energiyasi 100 J. Pujina qo'yib yuborilgandan so'ng massasi katta bo'lgan jism qanday kinetik energiyaga ega bo'ladi?

127. 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?

128. Massasi 2000 kg bo'lgan avtomobil gorizonta yo'lda 72 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Harakatga qarshilik kuchi avtomobil og'irligining 1/20 qismini tashkil etadi. Avtomobilning foydali quvvatini aniqlang (kW).  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

129. Motorli qayiqcha 0,6 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar motorning quvvati 18 W bo'lsa, suvning qarshilik kuchini aniqlang.

130. Massasi 6 t bo'lgan gusenitsali traktor 9 km/soat tezlik bilan har 10 m yo'lda 1 m ko'tariladigan qiya tepalikka o'zgarmas tezlik bilan ko'tarilmoqda. Traktor dvigateli bunda qanday foydali quvvat hosil qiladi?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

131. Elektrovoz 36 km/soat tezlik bilan harakatlanganda 60 kW quvvat iste'mol qiladi. Foydali ish koeffitsiyenti 80% bo'lsa, uning tortish kuchini aniqlang.

132. 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 F.I.Ki necha foiz?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

133. F.I.K. 80% bo'lgan suv nasosi har minutda 300 kg suvni 80 m balandlikka tortib chiqarmoqda. Nasosning quvvatini aniqlang (kW)?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

134. Dvigatelining quvvati 10 kW bo'lgan ko'tarish krani 2 t massali yukni 50 m balandlikka tekis ko'tarishida necha sekund o'tadi? F.I.K. 80%.  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

135. Yuk ortilgan vagonlarni elektrovoz 60 km/soat tezlik bilan gorizonta 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 kuchini og'irlik kuchining 0,01 qismiga teng deb oling.

136. Dvigateli o'chirilgan holda 1500 kg massali avtomobil har 20 m yo'lda 1 m nisablikka ega bo'lgan yo'lda 60 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanib tushmoqda. Shu qiyaqlikka shu tezlik bilan ko'tarilishida avtomobil dvigatelining foydali quvvati qancha bo'ladi (kW)?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

137. Teploxod buksir barjasini 9 km/soat tezlik bilan harakatga keltirganda, kraning 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.

138. Massasi 10 t bo'lgan tramvay tinch holatdan tekis tezlanuvchan harakatlanib, harakatining 5-sekundi oxirida 18 km/soat tezlikka erishgan paytda qanday quvvatga ega bo'ladi (kW)? Qarshilik kuchini hisobga olmang.

139. Massasi 1 t bo'lgan avtomobil joyidan tekis tezlanuvchan harakatga kelib, 50 m masofani 5 s da o'tdi. 5-sekund oxirida avtomobil dvigateli qanday quvvatga ega bo'ladi (kW)? Qarshilik kuchini hisobga olmang.

140. Massasi 6 kg bo'lgan jism boshlang'ich tezliksiz erkin tashlandi. Og'irlik kuchining jism harakatining 1-sekundidagi o'rtacha quvvatini aniqlang.

141. 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?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

142. 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?  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

143. Ko'tarish krani 1 t massali yukni 1 m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan 10 s da qandaydir balandlikka ko'tardi. Kran troslarining taranglik kuchining o'rtacha quvvatini aniqlang (kW).  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

144. 1 t massali samolyot tekis tezlanuvchan 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.

145. Bir xil massali ikki avtomobil bir paytda joyidan tekis tezlanuvchan 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 olmang.

**146.** Sharning uning sirtiga o'tkazilgan urinma bilan mos tushuvchi o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang. Sharning massasi 5 kg, radiusi esa 0,1 m.

**147.** Uzunligi 0,5 m, massasi esa 0,2 kg bo'lgan ingichka to'g'ri sterjenning urga perpendikular bo'lib, uchlarining biridan 0,15 m masofada bo'lgan nuqtasidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini toping.

**148.** Yerning radiusi 6,4 Mm va massasi  $6 \cdot 10^{24}$  kg bo'lgan shar deb hisoblab, uning aylanishi o'qiga nisbatan inersiya momentini aniqlang.

**149.** 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<sup>2</sup> tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inersiya momentini toping.

**150.** Massasi  $m = 10$  kg, radiusi esa  $R = 10$  sm bo'lgan diskdan iborat maxovik markazidan o'tgan o'q atrofida  $6$  s<sup>-1</sup> doiraviy chastota bilan erkin aylanmoqda. Tormozlanganda maxovik  $t = 5$  s dan keyin to'xtagan bo'lsa, tormozlovchi momentni aniqlang.

**151.** Quduqdan massasi  $m = 10$  kg bo'lgan suvli chelak chig'ir yordamida tortib olinmoqda. Chelak suv yuzidan  $h = 5$  m balandlikda bo'lgan paytda chig'ir dastasi chiqib ketib, chelak pastga tusha boshladi. Chelak suv sirtiga urilgan paytda chig'ir dastasi qanday chiziqli tezlikka ega bo'lgan? Dastaning radiusini  $R = 30$  sm, chig'ir o'qining radiusini  $r = 10$  sm, massasini esa  $m_1 = 20$  kg deb oling. Ishqalanishni va chelak osilgan arqon massasini hisobga olmang.

**152.** Tepkisi bosilganda otilmaligi uchun  $d = 7$  mm kalibrli pnevmatik to'pponchani suvga qanday chuqurlikka botirish kerak? To'pponcha stvolining uzunligini  $l = 22$  sm, o'qning massasini  $m = 7$  g, havoda otilganda o'qning stvoldan chiqish paytidagi tezligini  $v = 27$  m/s deb oling.

**153.** Hajmi  $2,4$  m<sup>3</sup> bo'lgan temir-beton plitani  $0,5$  m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan suvdan ko'tarib olinayotgandagi tros tarangligini aniqlang. Qarshilikni hisobga olmang. Temir-betonning zichligini  $\rho_1 = 2,2 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup> deb oling.

**154.** Simob bilan suv quyilgan idishga po'lat sharcha tashlangan. Sharcha hajmining qancha qismi suvda bo'ladi?

**155.** Massasi  $m_1 = 60$  kg bo'lgan odamning boshi va yelkalari hajmining  $n = 1/8$  qismini suvga botmaydigan holda tutib tura oladigan po'kak belbog' massasini aniqlang. Odam tanasining zichligini  $\rho = 1007$  kg/m<sup>3</sup> deb oling.

**156.** Suvli idish yuqoriga yo'nalgan  $a = 1,2$  m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan vertikal ravishda harakat qilmoqda.  $h = 0,2$  m chuqurlikdagi bosimni aniqlang.

**157.** To'g'ri burchakli qilib bukilgan  $S = 4$  sm<sup>2</sup> kesimli quvurdan suv oqib turibdi. Agar suvning har sekunddagi sarfi  $Q = 2$  kg/s bo'lsa, quvurga suv qanday kuch bilan ta'sir qiladi?

## II BOB

### MOLEKULAR FIZIKA

- 2.1-§. Molekular-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 suyuqliklar
- 2.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

#### 2.1-§. Molekular-kinetik nazariya. Molekulalarning harakati. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

##### Asosiy formulalar

• Modda tuzilishi va xususiyatlarini uni tashkil qilgan mayda zarralarning harakati va o'zaro ta'siriga asoslanib tushuntiruvchi ta'limot **molekular-kinetik nazariya** deyiladi.

• Har qanday moddaning **1 molidi** molekulalar yoki atomlar soni bir xil bo'lib, bu kattalikni **Avogadro doimiysi (yoki soni)  $N_A$**  deyiladi.

Avogadro doimiysi quyidagiga teng:  $N_A = 6,025 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .  
Bitta molekulaning massasi:

$$m_0 = \frac{M}{N_A},$$

bu yerda  $M$  — molar massa.

Moddaning berilgan massasidagi molekulalar 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 molar hajralari 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 molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi gaz molekulalari bosimi bilan gaz molekulalarining ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi orasidagi bog'lanishni o'rnatadi:

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E}_k,$$

bu yerda  $n$  — birlik hajmdagi molekulalar soni (konsentratsiyasi);  $\bar{E}_k$  — molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi.

Gaz molekulalarining ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi absolut haroratga to'g'ri proporsional, ya'ni:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT,$$

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

Absolut shkala bilan Selsiy shkalasi o'rtasida quyidagi munosabat mavjud:

$$T = t + 273.$$

Gaz bosimi molekulalar konsentratsiyasi va haroratga quyidagicha bog'langan:

$$n = \frac{N}{V},$$

bu yerda  $N$  — moddaning berilgan massasidagi molekulalar soni;  $V$  — gaz hajmi.

Gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}},$$

bu yerda  $m_0$  — molekula massasi.

## 2.2-§. Ideal gazning holat tenglamasi.

### Izojarayonlar

#### Asosiy formulalar

Har qanday gaz holatini tavsiflash uchun ushta parametr:  $P$  bosim,  $V$  hajm va  $T$  harorat kiritiladi. Bu uchta parametr holat tenglamasi deb ataladi. Gazning o'zgarmas massasi uchun holat tenglamasi:

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \text{ yoki } \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

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

$$P_1V_1 = P_2V_2;$$

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.

*Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi*. Massasi  $m$  bo'lgan ideal gaz uchun Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi:

$$PV = \frac{m}{M} RT,$$

bu yerda  $M$  — gazning molar massasi;  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  — universal gaz doimiysi.

*Dalton qonuni*. Agar idishda bir-biri bilan kimyoviy reaksiyaga 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 aylanishi

• **Ichki energiya**. Molekular-kinetik nazariya asosan jismning ichki energiyasi uni tashkil etgan barcha molekula (yoki atom)larning xotik harakatlar kinetik energiyasi bilan barcha molekularning bir-biri bilan o'zaro ta'sir potensial energiyalari yig'indisiga teng:

$$U = E_k + E_p,$$

bu yerda  $E_k$  — molekular (yoki 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  $Q$  — issiqlik miqdori;  $c$  — o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi;  $m$  — gaz massasi;  $T$  — gazning termodinamik temperaturasi;  $K$ ;  $T = t + 273$ , bu yerda  $t$  — gaz temperaturasi, °C.

• Gaz molekulari ilgari lanma harakati 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.

• Molekular-kinetik nazariyaga asosan gaz molekulari ilgari lanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi termodinamik harorat bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT.$$

- Bir atomli ideal gazning *ichki energiyasi* uning absolt 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 *issiqlik almashinishi va mexanik energiya*ning jism *ichki energiyasiga aylanishi* (yoki *ish bajarish*) hisobiga.

- **Termodinamikaning birinchi qonuni (energiya saqlanish qonuni).** Sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning *ichki energiyasini o'zgartirishga va sistemaning tashqi jismlar ustidan ish bajarishga sarflanadi*:

$$Q = \Delta U + A.$$

- **Issiqlik miqdori.** Massasi  $m$  bo'lgan jismni  $t_1$  haroratdan  $t_2$  haroratgacha isitish uchun zarur bo'lgan  $Q$  issiqlik miqdori:

$$Q = cm(t_2 - t_1).$$

- **Solishtirma issiqlik sig'imi**  $1$  kg moddaning haroratini  $1$  K ga o'zgartirishda unga beriladigan yoki undan olinadigan issiqlik miqdoridir. Solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun issiqlik balans tenglamasidan foydalaniladi.

- Massasi  $m$  bo'lgan suyuqlikni bug'ga aylantirib yuborish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori:

$$Q = rm,$$

bu yerda  $r$  — bug' hosil bo'lish solishtirma issiqligi.

- Massasi  $m$  bo'lgan kristall jismni eritib yuborish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori:

$$Q = \lambda m,$$

bu yerda  $\lambda$  — 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:

$$P_b = nkT.$$

Havoning namligi planetamiz atmosferasida bug'ning mavjudligini xarakterlaydi. Absolut namlik  $\rho_a$  havodagi suv bug'ining zichligiga yoki uning bosimi  $P_a$  ga teng bo'lgan kattaligidir. Absolut namlikning birligi —  $kg/m^3$ .

- **Nisbiy namlik** deb, absolut namlikning berilgan haroratdagi to'yingan bug' zichligiga nisbatiga aytiladi:

$$B = \frac{\rho_a}{\rho_t} \cdot 100\%,$$

bu yerda  $\rho_t$  — to'yingan bug' zichligi.

## MASALA YECHISHGA 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:  $r/r_2 = 2$ ;  $P_0 = 1,01 \cdot 10^5$  Pa;  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>;  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

Topish kerak:  $h$  — ?

Yechilishi.  $T = const$  bo'lgani uchun

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ (Boyl-Mariott shartidan).}$$

Masala shartiga ko'ra,  $P_1 = P_0$ ,  $P_2$  — 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 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,

$$h = \frac{7 P_0}{\rho g} \approx 73 \text{ m}.$$

Javob: 73 m.

**2-masala.** Berk idishdagi gazni  $\Delta T = 1$  K ga qizdirganda bosimi 0,4 % ga ortsa, idishdagi gaz dastlab qanday temperaturada bo'lgan?

Berilgan:  $\Delta T = 1$  K;  $P_2/P_0 = 0,4$  %.

Topish kerak:  $T_1 = ?$

Yechilishi. Ikkala holat uchun Mendeleev-Klapeyron tenglamasini yozamiz:

$$P_1 V = \frac{m}{M} R T_1,$$

$$P_2 V = \frac{m}{M} R T_2.$$

Ushbu tenglamalar nisbatidan

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad (1)$$

$$P_2 = P_1 + k P_1 = P_1 (1 + k), \quad (2)$$

bu yerda  $k$  – qiziganda birlamchi bosim o'zgarish ulushi.

$$T_2 = T_1 + \Delta T, \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ga bo'larniz:

$$(1 + k) = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1}.$$

Bundan,

$$T_1 = \frac{\Delta T}{k} = 250 \text{ K}.$$

Javob: 250 K.

**3-masala.** Havoni bir jinsli gaz deb hisoblab, havoda muallaq turgan  $10^{-8}$  g massali chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezligi molekulalar harakatining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik ekanligini toping.

Berilgan:  $m = 10^{-8}$  g;  $M = 29$  kg/kmol.

Topish kerak:  $v_2/v_1 = ?$

Yechilishi. Molekula va chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezligi mos holda quyidagiga teng bo'ladi:

$$v_1 = \sqrt{\frac{3RT}{M}}; \quad v_2 = \sqrt{\frac{3RT}{m}}.$$

Bu formulalardan tezliklar nisbatini topamiz:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{R}{M} \frac{m}{k}}}{\sqrt{\frac{R}{M} \frac{m}{k}}} = \frac{\sqrt{N_A} \frac{m}{k}}{\sqrt{N_A} \frac{m}{k}} = 0,69 \cdot 10^7.$$

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 olin-ganda uning temperaturasi 17 °C gacha pastygan. Ballonda qolgan geliy gazining bosimini aniqlang.

Berilgan:  $V = 10 \text{ l} = 10^{-2} \text{ m}^3$ ;  $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ;  $M = 4 \text{ kg}/\text{kmol}$ ;

$P_1 = 10^6 \text{ Pa}$ ;  $T_1 = 300 \text{ K}$ ;  $\Delta m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$ ;  $T_2 = 290 \text{ K}$ .

Topish kerak:  $P_2 = ?$

Yechilishi. Masalani yechish uchun Mendeleev-Klapeyron tenglamasini qo'llaymiz va uni gazning oxirgi holati uchun yozamiz:

$$P_1 V = \frac{m_2}{M} R T_2, \quad (1)$$

bu yerda  $m_2$  – ballondagi geliy gazining oxirgi holatdagi massasi;  $M$  – bir kilomol geliy gazining massasi;  $R$  – gazning universal doimiysi. (1) formuladan  $P_2$  bosimni topamiz:

$$P_2 = \frac{m_2 RT_2}{M V} \quad (2)$$

Ballonda qolgan geliy gazining  $m_2$  massasini boshlang'ich holat massasi  $m_1$  va ballondan olingan geliy massasi  $\Delta m$  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:

$$m_1 = \frac{MP_1V}{RT_1} \quad (4)$$

(4) ifodani (3) ifodaga qo'yamiz, hosil bo'lgan ifodani esa (2) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$P_2 = \left( \frac{MP_1V}{RT_1} - \Delta m \right) \frac{RT_2}{MV}$$

yoki

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 - \frac{\Delta m RT_2}{M V}$$

Ushbu ifodaga kattaliklarning qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi natijani olamiz:

$$P_2 \approx 3,64 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Javob:  $3,64 \cdot 10^6$  Pa.

**5-masala.** Ballon ichida  $m_1 = 80$  g kislorod va  $m_2 = 320$  g argon mavjud. Aralashma bosimi  $P = 1$  MPa, temperaturasi  $T = 300$  K. Ushbu gazlarni ideal deb hisoblab, balon sig'imi  $V$  ni aniqlang.

Berilgan:  $m_1 = 80 \cdot 10^{-2}$  kg;  $M_1 = 32$  kg/kmol;  $m_2 = 0,32$  kg;  $M_2 = 40$  kg/kmol;  $P = 1 \cdot 10^6$  Pa;  $T = 300$  K.

Topish kerak:  $V = ?$

Yechilishi. Dalton qonuniga asosan aralashma bosimi shu aralashma tarkibidagi gazlarning parsial bosimlar yig'indisiga teng,

Mendeleyev-Klayperon tenglamasiga asosan kislorod va argonning parsial bosimlari quyidagi formulalar orqali ifodalanadi:

$$P_1V = \frac{m_1}{M_1} RT_1 \quad (1)$$

$$P_2V = \frac{m_2}{M_2} RT_2 \quad (2)$$

Binobarin, Dalton qonuniga asosan aralashma bosim:

$$P = P_1 + P_2$$

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:

$$V \approx 0,0262 \text{ m}^3 \text{ yoki } V \approx 26,2 \text{ l}$$

Javob: 26,2 l.

**6-masala.** Sig'imi  $2 \text{ m}^3$  bo'lgan idishda  $27^\circ\text{C}$  temperaturali 4 kg geliy va 2 kg vodorod gazlarining aralashmalari bor. Gazlar aralashmasining bosimi va molar massasini aniqlang.

Berilgan:  $V = 2 \text{ m}^3$ ;  $m_1 = 4$  kg;  $M_1 = 4 \cdot 10^{-3}$  kg/kmol;  $m_2 = 2$  kg;  $M_2 = 2 \cdot 10^{-3}$  kg/kmol;  $T = 300$  K.

Topish kerak:  $P = ?$   $M = ?$

Yechilishi. Mendeleyev-Klapeyron tenglamasini geliy va vodorod uchun qo'llaymiz:

$$P_1V = \frac{m_1}{M_1} RT_1 \quad (1)$$

$$P_2V = \frac{m_2}{M_2} RT_2 \quad (2)$$

bu yerda  $P_i$  — geliy gazining parsial bosimi;  $m_i$  — geliy massasi;  $M_i$  — uning molar massasi;  $V$  — gaz hajmi;  $T$  — gaz temperaturasi;  $P_2$  — vodorod gazining parsial bosimi;  $m_2$  — vodorod massasi;  $M_2$  — uning molar 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 molar massasini topamiz:

$$M = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2}, \quad (5)$$

bu yerda  $v_1$  va  $v_2$  — mos holda geliy va vodorod gazlarining modda miqdorlari. Bu kattaliklarni quyidagi formula orqali topamiz:

$$v_1 = \frac{m_1}{M_1}, \quad (6)$$

$$v_2 = \frac{m_2}{M_2}. \quad (7)$$

(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:

$$P \approx 2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad \text{va} \quad M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}.$$

*Javob:*  $2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}$ .

**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 aluminiy aralashmasidan iborat bo'lgan kukun tushiriladi. Buning natijasida suv temperaturasi  $\theta$  gacha ko'tariladi. Mis va aluminiy kukunlarining massasi aniqlansin.

*Berilgan:*  $m_1$ ;  $c_1$ ;  $m_2$ ;  $t_1$ ;  $t_2$ ;  $m$ ;  $\theta$ .

*Topish kerak:*  $m_3$  va  $m_4$  — ?

*Yechilishi.* Masalani yechishda *issiqlik balans*i tenglamasidan foydalanamiz:

$$\sum_i Q_i = \sum_k Q_k, \quad (1)$$

bu yerda  $Q_i$  — jismlar ( $i = 1, 2, \dots$  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 aluminiy 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. Soddashtirishlardan keyin quyidagi ifodani olamiz:

$$m_3 = \frac{(\theta - t_1)(m_1 c_1 + m_2 c_2) - m c_3 (t_2 - \theta)}{(t_2 - \theta)(c_4 - c_3)},$$

$$m_4 = m - m_3.$$

$$\text{Javob: } m_3 = \frac{(\theta - t_1)(m_1 c_1 + m_2 c_2) - m c_3 (t_2 - \theta)}{(t_2 - \theta)(c_4 - c_3)}, \quad m_4 = m - m_3.$$

**8-masala.**  $v_0$  tezlik bilan uchib kelayotgan qo'rg'oshin o'q doskani teshib, tezligini  $v$  gacha kamaytirdi. O'qning boshlang'ich temperaturasi  $t$ . Agar energiyaning  $k$  qismi qizishga ketgan bo'lsa, energiyaning qancha qismi crishga ketgan?

*Berilgan:*  $v_0$ ;  $v$ ;  $t$ .

*Topish kerak:*  $m_1/m$  — ?

*Yechilishi.* Masala yechishda energiyaning saqlanish qonunidan foydalanamiz. O'q doskani teshganda uning tezligi kamayadi. Binobarin uning kinetik energiyasi ham kamayadi:

$$\Delta W = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2}(v_0^2 - v^2).$$

Mazkur energiyaning  $k$  qismi o'qning ma'lum bir  $m_1$  massasini eritishga va uni  $t_c$  eritish haroratiga chiqarishga ketadi, ya'ni:

$$k \frac{m}{2}(v_0^2 - v^2) = mc(t_c - t) + \lambda m_1,$$

bu yerda  $c$  — solishtirma issiqlik sig'imi;  $\lambda$  — qo'rg'oshinning solishtirma erish issiqligi;  $m_1$  — o'qning erigan qismi massasi. Bu yerdan  $m_1/m$  ni aniqlaymiz, ya'ni tenglamaning ikkala tomonini  $\lambda m$  ga bo'lamiz va quyidagini olamiz:

$$\frac{m_1}{m} = \frac{k(v_0^2 - v^2) - 2c(t_c - t)}{2\lambda}.$$

Javob:  $\frac{m_1}{m} = \frac{k(v_0^2 - v^2) - 2c(t_c - t)}{2\lambda}.$

**9-masala.** Yuzasi  $100 \text{ m}^2$  va balandligi  $4 \text{ m}$  bo'lgan xonaga  $1$  litr aseton to'kilgan. Agar aseton bug'lansa va xona bo'ylab tekis taqsimlansa,  $1 \text{ m}^3$  havoda qancha aseton molekulasini bor?

Berilgan:  $S = 100 \text{ m}^2$ ;  $h = 4 \text{ m}$ ;  $V_1 = 1 \text{ litr} = 10^{-3} \text{ m}^3$ .

Topish kerak:  $n = ?$

Yechilishi. To'kilgan aseton massasi:

$$m = \rho V_1,$$

bu yerda  $\rho$  — 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  $M = 58 \text{ kg/kmol} = 58 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ . Birluk hajmdagi molekular soni:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\rho V_1}{MV} N_A,$$

bu yerda  $V = Sh$  — xona hajmi;

$$n = \frac{\rho V_1}{MSh} N_A$$

ifodaga kattaliklar 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 pechkaga o't yoqilqandan keyin temperatura  $15^\circ\text{C}$  dan  $27^\circ\text{C}$  gacha ko'tarildi. Bunda xonadagi molekular soni necha foizga kamayadi?

Berilgan:  $T_1 = 288 \text{ K}$ ;  $T_2 = 300 \text{ K}$ .

Topish kerak:  $\Delta N/N = ?$

Yechilishi. Birluk hajmdagi molekular soni quyidagiga teng:

$$n = \frac{P}{kT},$$

bu yerda  $P$  — bosim;  $T$  — temperatura;  $k$  — Bolsman doimiysi.

Masala shartiga ko'ra, hajm va bosim o'zgarmaydi. Shu sababli molekular soni quyidagiga teng:

$$N_1 = n_1 V = \frac{P}{kT_1} V,$$

$$N_2 = n_2 V = \frac{P}{kT_2} V,$$

$$\Delta N = N_2 - N_1 = \frac{PV}{k} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right).$$

Demak,

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{PV}{kN} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right),$$

$$N = \frac{P}{kT_1}$$

ekanligini 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 atm va molekullarning o'rtacha kvadratik tezligi 2400 m/s ga teng bo'lsa, 1 m<sup>3</sup> hajmdagi molekullar sonini toping.

*Berilgan:*  $V = 1 \text{ m}^3$ ;  $P = 3,69 \cdot 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;  $v_{\text{kv}} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ ;  $M = 28 \text{ kg/kmol}$ .

*Topish kerak:*  $n_0 - ?$

*Yechilishi.* Gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$P = \frac{1}{3} n_0 m v_{\text{kv}}^2, \quad (1)$$

bu yerda  $P$  – bosim;  $n_0$  – molekullarning konsentratsiyasi, ya'ni hajm birligidagi molekullarning soni;  $m$  – bitta molekulaning massasi;  $v_{\text{kv}}$  – molekullarning o'rtacha kvadratik tezligi.

Bitta molekula massasi quyidagiga teng:

$$m = \frac{M}{N_A}, \quad (2)$$

bu yerda  $M$  – molar massa;  $N_A$  – Avogadro soni bo'lib,  $u$   $N_A = 6,02 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$ .

(1) va (2) ifodalardan foydalangan holda  $n_0$  ni aniqlaymiz:

$$n_0 = \frac{3PN_A}{Mv_{\text{kv}}^2}.$$

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:*  $V = 20 \text{ l} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ ;  $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ ;  $P_1 = P_2 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;  $T_1 = 273 \text{ K}$ ;  $T_2 = 353 \text{ K}$ .

*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 Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan aniqlaymiz:

$$P_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1$$

yoki

$$\frac{m}{M} = \frac{P_1 V_1}{R T_1}. \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yib, bajargan ishni aniqlaymiz:

$$A = \frac{P_1 V_1 \Delta T}{T_1}$$

va qiymatlarni olingan formulaga qo'yib, quyidagi natijani olamiz:

$$A \approx 592 \text{ J}.$$

*Javob:* 592 J.

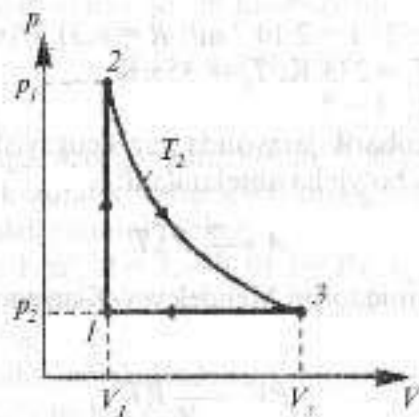
**13-masala.** Ikki atomli ideal gaz ( $\nu = 3 \text{ mol}$ )  $p_1 = 1 \text{ MPa}$  bosimda  $V_1 = 5 \text{ l}$  hajmni egallaydi. U avval izoxorik ravishda  $T_2 = 500 \text{ K}$  temperaturagacha qizdirildi. Keyin izotermik usulda dastlabki bosimgacha kengaytirildi. Oxirida izobarik holda boshlang'ich holatga keltirildi. Siklning FIKini 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 FIKini hisoblashimiz mumkin. Masalani yechish ketma-ketligiga e'tibor qiling:

$$1 \rightarrow 2 \quad V_1 = \text{const}, \quad A_{12} = 0, \quad Q_{12} = \Delta U_{12}.$$



$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1), \quad p_1 V_1 = \nu R T_1,$$

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}, \quad Q_{12} = \frac{i}{2} \nu R \left( T_2 - \frac{p_1 V_1}{\nu R} \right);$$

$$2 \rightarrow 3 \quad T_1 = \text{const}, \quad \Delta U_{23} = 0, \quad Q_{23} = A_{23},$$

$$A_{23} = \nu R T_2 \ln \frac{V_3}{V_2}, \quad V_2 = V_1, \quad p_3 = p_1, \quad p_1 V_3 = \nu R T_3$$

$$V_3 = \frac{\nu R T_3}{p_1} = \frac{\nu R T_2}{p_1}, \quad Q_{31} = \nu R T_2 \ln \frac{V_3}{V_1};$$

$$3 \rightarrow 1 \quad p_1 = \text{const},$$

$$Q_{31} = \frac{i+2}{2} \nu R (T_1 - T_2).$$

Demak, yuqorigilardan topilgan issiqlik miqdorlarini umumlashtirib,

$$Q_1 = |Q_{12} + Q_{23}|, \quad Q_2 = |Q_{31}|$$

ifodalarni olamiz. FIKni aniqlaymiz:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 13,3\%.$$

Javob: 13,3 %.

## 2.4-§. Maksveil, Bolsman va Maksveil-Bolsman taqsimoti

Barometrik formula gaz bosimining bir jinsli og'irlik kuchi maydonida balandlikka qarab kamayishini ifodalaydi:

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{\rho g h}{RT}}, \quad (1)$$

bu yerda  $P_0$  – gazning  $h = 0$  balandlikdagi bosimi;  $P$  – gazning  $h$  balandlikdagi bosimi;  $g$  – og'irlik kuchi tezlanishi;  $R$  – universal gaz doimiysi;  $T$  – mutlaq temperatura.

Bolsman taqsimoti – zarralarning kuch maydonidagi taqsimoti:

$$n = n_0 e^{-U/kT},$$

bu yerda  $n$  – zarralar konsentratsiyasi;  $U$  – ularning potentsial energiyasi;  $n_0$  – maydonning  $U = 0$  bo'lgan nuqtalaridagi konsentratsiyasi;  $k$  – Bolsman doimiysi.

Maksvel taqsimotiga doir masalalar yechishda turli  $u$  uchun

$\frac{\Delta N}{N \cdot \Delta u}$  ning qiymati 1-jadvaldan olinadi.

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  $v_e = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$  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 2-jadvalni millimetrlilik qog'ozda grafik ko'rinishida tasvirlab olish talab qilinadi.

### MASALA YECHISHGA 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 yuqorigi qatlamdagi ikki marta ko'p ekanligini aniqladi. 20° C temperaturada 0,3 · 10<sup>-3</sup> sm diametrlilik gummigut zarrachalari uning zichligidan 0,2 g/sm<sup>3</sup> ga kam bo'lgan suyuqlikka aralashtirilgan. Ushbu berilgan qiymatlar bo'yicha Avogadro soni topilsin.

*Yechilishi.* Barometrik formuladan foydalanamiz:

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{\rho g h}{RT}} \quad (1)$$

Konsentratsiya (hajm birligidagi zarrachalar soni)  $n = \frac{P}{kT}$  ga teng, bundan

$$P = n \cdot k \cdot T \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yib,  $h_1$  va  $h_2$  balandliklar uchun mos keluvchi

$n_1 = n_0 e^{-\frac{\rho g h_1}{RT}}$  va  $n_2 = n_0 e^{-\frac{\rho g h_2}{RT}}$  larni hosil qilamiz, bundan

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{\rho g (h_1 - h_2)}{RT}} = e^{-\frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}}$$

yoki

$$\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT} \quad (3)$$

Zarrachaning massasi  $m = \frac{\mu}{N_0}$  bo'lganligidan, (3) formulani

quyidagicha yozish mumkin:  $\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_0 m (h_2 - h_1) g}{RT}$ , bundan,

Arximed qonuniga asosan kiritilgan tuzatmani nazarga olgan holda oxirgi natijani hosil qilamiz:

$$N_0 = \frac{RT \ln \frac{n_1}{n_2}}{g V (\rho - \rho') (h_2 - h_1)} = 6,1 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$$

bunda  $\rho$  - gummigutning zichligi,  $\rho'$  - suyuqlikning zichligi.

Javob:  $N_0 = 6,1 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$ .

**2-masala.** Idishda modda miqdori  $\nu = 1,2$  mol bo'lgan gaz saqlanadi. Bu gazni ideal gaz sifatida qarab, tezliklari  $v$  eng katta ehtimoliy tezlik  $v_e$  ning 0,001 qismidan kam bo'lgan molekular soni  $N$  aniqlansin.

*Yechilishi.* Masalani yechish uchun molekularning nisbiy tezliklar ( $u = v/v_e$ ) 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  $v_{\max} = 0,001v_e$ , bundan  $u_{\max} = v_{\max}/v_e = 0,001$ .  $u$  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:

$$\Delta N = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} \int_0^{u_{\max}} u^2 du = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} \frac{u^3}{3} \Big|_0^{u_{\max}} \quad \text{yoki} \quad \Delta N = \frac{4N}{3\sqrt{\pi}} u_{\max}^3. \quad (3)$$

(3) dagi molekular soni  $N$  ni modda miqdori va Avogadro doimiysi orqali ifodalab,  $\Delta N$  ni hisoblab topamiz:

$$\Delta N = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{3 \cdot 1,77} (10^{-3})^3 = 5,44 \cdot 10^{14} \text{ ta.}$$

*Javob:*  $N = 5,44 \cdot 10^{14}$  ta molekula.

**3-masala.** Molekularning impuls bo'yicha taqsimot funksiyasi  $f(p)$  ni bilgan holda impuls kvadratining o'rtacha qiymati aniqlansin.

*Yechilishi.* Impuls kvadratining o'rtacha qiymati  $\overline{p^2}$  ni o'rtacha qiymatni hisoblashning umumiy qoidasiga ko'ra aniqlash mumkin:

$$\overline{p^2} = \frac{\int_0^{\infty} p^2 f(p) dp}{\int_0^{\infty} f(p) dp}. \quad (1)$$

Molekularning impuls 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 integral 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:

$$\overline{p^2} = 3mkT \text{ yoki } \overline{p} = \sqrt{3mkT}$$

Javob:  $\overline{p^2} = 3mkT$  yoki  $\overline{p} = \sqrt{3mkT}$ .

## 2.5-§. Real gazlar va suyuqliklar

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 qiymatlari har xil gazlar uchun turlicha;  $T$  – mutloq temperatura;  $R$  – gaz doimiysi.

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 egallagan hajmi,  $\mu$  – 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 bog'langan:

$$V_k = 3b; \quad P_k = \frac{a}{27b^2}; \quad T_k = \frac{8a}{27Rb}. \quad (3)$$

Real gazning ichki energiyasi:

$$U = \frac{m}{\mu} \left( C_{\text{ov}} T - \frac{a}{V} \right), \quad (4)$$

bu yerda  $C_{\text{ov}}$  – gazning o'zgarmas hajmdagi molar issiqlik sig'imi.

Sirt taranglik koeffitsiyenti:

$$\sigma = \frac{F}{T}, \quad (5)$$

bu yerda  $F$  – suyuqlik sirtini o'rab turgan  $l$  konturga ta'sir etayotgan sirt taranglik kuchi.

Suyuqlik sirt pardasining yuzani  $\Delta S$  ga orttirish uchun sirt taranglik kuchiga qarshi  $\Delta A = \sigma \cdot \Delta S$  ga teng ish bajarish kerak.

Suyuqlik sirtining egriligi tufayli yuzaga keluvchi qo'shimcha bosim Laplas formulasidan aniqlanadi:

$$\Delta P = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (6)$$

bu yerda  $R_1$  va  $R_2$  – suyuqlik yuzining ikkita o'zaro perpendikular kesimlarining egrilik radiuslari.

Suyuqlikning kapillar nayda ko'tarilish balandligi:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}, \quad (7)$$

bu yerda  $r$  – naycha kanalining radiusi;  $\rho$  – suyuqlikning zichligi;  $\theta$  – chegaraviy burchak.

Eritmaning  $P$  osmotik bosimi va  $T$  mutlaq temperaturaning o'zaro bog'lanishi Vant-Goff formulasi bilan ifodalanadi:

$$P = CRT, \quad (8)$$

bu yerda  $R$  – universal gaz doimiysi,  $C$  – eritmaning birlik hajmda erigan moddaning mollari soni (eritmaning molar konsentratsiyasi).

## MASALA YECHISHGA 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 molekularining xususiy hajmi tashkil qilishi 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  $V'$  – molekularning xususiy hajmi.

Molekularning xususiy hajmini real gazning bir molida mavjud bo'lgan molekular hajmining to'rtga ko'paytirilganiga teng bo'lgan Van-der-Vaals doimiysi  $b$  dan foydalanib topamiz. Van-der-Vaals tenglamasi

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) (V - b) = RT \quad (2)$$

dagi  $b$  tuzatma gazdagi barcha molekular hajmining to'rtlan-ganini bildiradi, ya'ni  $b = 4V'$ . Bundan

$$V' = vb/4$$

yoki

$$V' = mb/(4\mu),$$

bu yerda  $v = m/\mu$  — modda miqdori;  $\mu$  — molar massa.

$V'$  ning topilgan qiymatini (1) ifodaga qo'yib quyidagini topamiz:

$$k = mb/(4\mu V). \quad (3)$$

Bu formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak,

$$k = 0,91\%.$$

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 doimiysi.

(4) formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak,

$$P' = 179 \text{ kPa.}$$

Gazning idish devorlariga ko'rsatayotgan bosimi  $P$  ni (2) tenglamadan topamiz:

$$P = \frac{vRT}{V-vb} - v^2 \frac{a}{V^2}.$$

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  $v = 1$  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  $\Delta T$  aniqlansin.

*Yechilishi.* Masalani yechish uchun Van-der-Vaals tenglamasining keltirilgan shaklidan, ya'ni real gazning bosimi  $P$ , molar hajmi  $V_m$  va temperaturasi  $T$  ga mos kritik parametrlar bilan

$$\pi = P/P_k; \quad \omega = V/V_k; \quad \tau = T/T_k$$

ko'rinisdagi munosabatlar kabi tasvirlangan shakldan foydalanish qulay. Bu tengliklardan quyidagilarni olamiz:

$$P = \pi \cdot P_k; \quad V = \omega V_k; \quad T = \tau T_k.$$

Bunga  $P_k$ ,  $V_k$  va  $T_k$  larning Van-der-Vaals doimiylari  $a$  va  $b$  lar orqali ifodalarini qo'yib quyidagilarni olamiz:

$$P = \frac{a}{27b^2} \pi; \quad V = 3b\omega; \quad T = \frac{8a}{27bR} \tau.$$

$P$ ,  $V$  va  $T$  lar uchun olingan ifodalarni oddiy Van-der-Vaals tenglamasiga qo'yaniz:

$$\left[ \frac{a}{27b^2} \pi + \frac{a}{(3b\omega)^2} \right] [3b\omega - b] = R \frac{8a}{27bR} \tau.$$

Bu ifodani  $a/(27b)$  ga bo'lib, quyidagini olamiz:

$$\left( \pi + \frac{3}{\omega^2} \right) \cdot (3\omega - 1) = 8\tau.$$

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 molar hajmi ikki marta oshdi, ya'ni  $V_2 = 2V_1$ , binobarin,  $\omega = 2$ . (1) tenglamadan keltirilgan temperatura  $\tau$  ni ifodalaymiz:

$$\tau = \frac{1}{8} \left( \pi + \frac{3}{\omega^2} \right) (3\omega - 1).$$

Bu yerga  $\pi$  va  $\omega$  larning qiymatlarini qo'yib hisoblasak,

$$\tau = 35/32.$$

Temperatura  $T$  yuqorida qayd qilingandek keltirilgan  $\tau$  va kritik  $T_k$  temperaturalar bilan  $T = \tau T_k$  munosabat orqali bog'langan. Shu formula bo'yicha hisoblash o'tkazsak,

$$T = 332 \text{ K}, \quad \Delta T = 28 \text{ K}.$$

**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, temperaturaning qancha  $\Delta t$  ga kamayishiga yo'l qo'yish mumkin? Havodagi bug' miqdori o'zgaraydi, deb hisoblang.

*Yechilishi.*  $t = 16^\circ \text{C}$  da havoning  $\rho$  absolut namligi

$$\eta = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$$

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  $\eta_0 = 70\%$  nisbiy namlikni tashkil etishini aniqlash kerak:

$$\eta_0 = \frac{\rho}{\rho_{0t}} \cdot 100\%$$

bu yerda  $\rho_{0t}$  —  $t$  temperaturada havoni to'yintiruvchi bug'ning zichligi.

$$\text{Bundan, } \rho_{0t} = \frac{\rho \cdot 100\%}{\eta_0} = \frac{8,16 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \cdot 100\%}{70\%} = 11,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Jadvaldan  $\rho_{0t}$  ga to'g'ri kelgan temperaturani aniqlaymiz.  $t_0 = 13^\circ \text{C}$ . Temperatura  $\Delta t = t - t_0 = 3^\circ \text{C}$  ga kamayishi mumkin.

## 2.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1.  $2 \text{ m}^3$  azotda qancha miqdorda modda bo'lsa, o'shancha miqdorda modda bo'lgan 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  $\rho$ , uning molar massasi  $M$  ni bilgan 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  $200 \text{ g}$  bo'lgan suv  $20$  sutka ichida butunlay bug'landi,  $1 \text{ s}$  da uning sirtidan o'rtacha qancha suv molekulasini uchib chiqib turgan?

4. O'rtacha chuqurligi  $10 \text{ m}$ , sirtining yuzi  $20 \text{ km}^2$  bo'lgan ko'lga  $0,01 \text{ g}$  massali osh tuzi kristali tashlandi. Ko'ldan olingan  $2 \text{ m}^3$  bo'lgan suvda qancha tuz molekulasini bo'ladi? Bunda tuz erib, butun suv hajmida tekis taqsimlangan deb hisoblang.

5. Gaz  $6 \text{ kg}$  massaga ega. U  $200 \text{ kPa}$  bosimda  $5 \text{ m}^3$  hajmni egallasa, shu gaz molekulari harakatining o'rtacha kvadratik tezligi qanday bo'ladi?

6.  $20 \text{ kPa}$  bosimda bir atomli gaz molekulasining o'rtacha kinetik energiyasini toping. Ko'rsatilgan bosimda bu gaz molekularining konsentratsiyasi  $3 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ .

7. Bir atomli gazning hajmi  $3$  marta kamaytirilganda va molekularining o'rtacha kinetik energiyasi  $2$  marta oshirilganda, shu gazning bosimi necha marta o'zgaradi?

8. Temperatura qanday bo'lganda bir atomli gazning o'rtacha kinetik energiyasi  $-73^\circ \text{C}$  temperaturadagiga qaraganda  $2$  marta katta boladi?

9. Temperatura  $290 \text{ K}$  va bosim  $0,8 \text{ MPa}$  bo'lganda bir atomli gaz molekulasining o'rtacha kinetik energiyasi va molekulari konsentratsiyasini aniqlang.

10. Sig'imi  $10 \text{ l}$  bo'lgan ballonda  $27^\circ \text{C}$  temperaturali gaz bor. Gaz sizib chiqishi tufayli ballondagi bosim  $4,2 \text{ kPa}$  pasayadi. Agar temperatura o'zgarishsiz saqlangan bolsa, ballondan qancha molekula chiqib ketgan?

11. Agar kislorod va vodorod gazlarining temperaturalari bir xil bo'lsa, kislorod molekulasining o'rtacha kvadratik tezligi vodorod molekulasining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik?

12. Havoni bir jinsli gaz deb hisoblab, havoda muallaq turgan  $1,74 \cdot 10^{12} \text{ kg}$  massali chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezligi

molekular harakatining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik ekanini toping.

13. Agar Shtern tajribasida asbobning aylanish chastotasi  $150 \text{ s}^{-1}$  bo'lganda kumush molekulasi burchak siljishi  $5,4^\circ$  ni tashkil etsa, bunda kumush bug'ining molekulasi qanday tezlikka ega bo'lgan? Ichki va tashqi silindrlar orasidagi masofa  $2 \text{ sm}$ .

14. Agar  $200 \text{ kPa}$  bosimda va  $240 \text{ K}$  temperaturada gazning hajmi  $40 \text{ l}$  ga teng bo'lsa, shu gazda qancha miqdor modda bor?

15. Temperaturasi  $20^\circ \text{ C}$  va bosimi  $100 \text{ kPa}$  bo'lgan  $1,45 \text{ m}^3$  havo suyuq holatga keltirildi. Agar suyuq havoning zichligi  $861 \text{ kg/m}^3$  bo'lsa, u qancha hajmni egallaydi?

16. Yoz kunlaridan birida barometr  $730 \text{ mm}$  sim. ust. ni, termometr esa  $30^\circ \text{ C}$  ni ko'rsatdi. Qish kunlaridan birida esa bu asboblarning ko'rsatishlari quyidagicha bo'ldi:  $780 \text{ mm}$  sim. ust. va  $-30^\circ \text{ C}$ . Havoning shu kunlardagi zichliklarini taqqoslang.

17. 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  $100 \text{ kPa}$  ga teng. Qog'oz qobiqning massasi  $m$  ning qiymati qancha bo'lganda shar havoga ko'tariladi?

18. Gaz  $0,2 \text{ MPa}$  bosimda va  $15^\circ \text{ C}$  temperaturada  $5 \text{ l}$  hajmga ega. Normal sharoitda shunday massali gazning hajmi qancha bo'ladi?

19. Normal sharoitda bo'lgan  $1 \text{ m}^3$  tabiiy gaz yonganda  $36 \text{ MJ}$  issiqlik ajraladi.  $110 \text{ kPa}$  bosim ostida va  $7^\circ \text{ C}$  temperaturada bo'lgan  $10 \text{ m}^3$  gaz yonganda qancha miqdorda issiqlik ajraladi?

20. KamAZ-5320 avtomobilining dizel dvigateli silindrida siqish takti boshida havoning temperaturasi  $50^\circ \text{ C}$  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  $80 \text{ kPa}$  gacha kamaytirsas, u qancha suv icha oladi?

22. Suv o'rgimchagi suvda havodan uycha yasamoqda, bunda u panjalari va qornida havo pufakchalarini eltib, ularni uchlari suv o'simliklariga tutashgan uyasi gumbazi ostiga joylaydi. Agar o'rgimchak har gal atmosfera bosimi ostida  $5 \text{ mm}^3$  havo olsa,  $50 \text{ sm}$  chuqurlikda hajmi  $1 \text{ sm}^3$  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.  $273 \text{ K}$  absolut temperaturada  $9$  va  $18 \text{ g}$  vodorod uchun bosimning hajmga bog'liqlik grafiklarini bitta chizmaga chizing.

25. Ishchi holatda bo'lmaganda, ya'ni  $7^\circ \text{ C}$  bo'lganda gaz to'ldirilgan cho'g'lanma elektr lampa kolbasidagi bosim  $80 \text{ kPa}$ . Agar ishchi rejimda bosim  $100 \text{ kPa}$  gacha ortsa, yonib turgan lampadagi gazning temperaturasini toping.

26.  $-13^\circ \text{ C}$  temperaturada avtomobil kamerasidagi havoning bosimi  $160 \text{ kPa}$  edi (atmosfera bosimidan ortiqcha). Avtomobil uzoq vaqt harakatlanishi natijasida havo  $37^\circ \text{ C}$  gacha qiziydi. Shunda bosim qancha bo'ladi?

27. Hajmi  $70 \text{ m}^3$  bo'lgan xonadagi temperatura  $280 \text{ K}$  edi. Pechka yoqilgandan keyin temperatura  $296 \text{ K}$  gacha ko'tarildi. Agar bosim doimiy bo'lib,  $100 \text{ kPa}$  ga teng bo'lsa, havo kengayishida bajargan ishini toping.

28. Massasi  $290 \text{ g}$  bo'lgan havoni  $20 \text{ K}$  ga izobarik qizdirganda, u qancha ish bajargan va bunda unga qancha miqdor issiqlik berilgan?

29.  $800 \text{ mol}$  gazni  $500 \text{ K}$  ga izobarik qizdirishda unga  $9,4 \text{ MJ}$  issiqlik miqdori berildi. Bunda gaz bajargan ish va uning ichki energiyasi qancha ortganini aniqlang.

30. Azot doimiy bosimda qizdirilganda uning solishtirma issiqlik sig'imi  $1,05 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , doimiy hajmda qizdirilganda esa  $0,75 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ . Nima uchun bu kattaliklarning qiymati turlicha? Massasi  $1 \text{ kg}$  bo'lgan azot  $1 \text{ K}$  izobarik qizdirilganda qancha ish bajariladi?

31. Jadvaldan havoning solishtirma issiqlik sig'imi  $C$  va molar 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  $\nu = 10$  mol bo'lgan bir atomli gazni  $\Delta T = 100$  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 FIK 80 %. 200 l sig'imli vanna temperaturasi  $24^\circ$  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  $10^\circ$  C li sovuq suv bilan  $60^\circ$  C li qaynoq suv aralashtirildi. Suvning temperaturasi  $40^\circ$  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'zgarmas va  $5^\circ$  C ga teng deb hisoblansin. Bir kilomol havoning massasi 29 kg/kmolga 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'zgarmas va  $0^\circ$  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  $0^\circ$  C deb qabul qilinsin.

38. 37-masalada tashqaridagi havoning temperaturasi  $-20^\circ$  C, kabinaning ichidagi temperatura  $+20^\circ$  C bo'lsa, u holda kabinadagi havoning zichligi tashqi havoning zichligidan necha marta katta bo'ladi?

39.  $1 \text{ m}^3$  havoning: 1) Yerning sirtida; 2) Yer sirtidan 4 km balandlikda og'irligi qancha? Havoning temperaturasi o'zgarmas va  $0^\circ$  C ga teng deb olinsin. Yer sirtida havoning bosimi  $10^5 \text{ N/m}^2$  ga teng.

40. Yer sirtidan qancha  $h$  balandlikda atmosfera bosimi uning sirtidagidan ikki marta kichik bo'ladi? Havoning temperaturasi  $T = 290$  K va balandlikka bog'liq emas deb hisoblansin.

41. Uchayotgan vertolyot kabinasidagi barometr  $p = 90$  kPa bosimni ko'rsatmoqda. Agar uchish maydonchasida barometr  $p = 100$  kPa bosimni ko'rsatgan bo'lsa, vertolyot qanday balandlikda uchmoqda? Havoning temperaturasi  $T = 290$  K va balandlikka bog'liq emas, deb hisoblansin.

42. Bosimning  $P = 100$  Pa ga o'zgarishiga mos keluvchi balandlikning o'zgarishi  $\Delta h$  quyidagi ikki hol uchun topilsin: 1) temperatura  $T = 290$  K va bosim  $p_1 = 100$  kPa bo'lgan Yer sirti yaqinida; 2) temperatura  $T_2 = 220$  K, bosim  $p_2 = 25$  kPa bo'lgan biror balandlikda.

43. Uchayotgan samolyot kabinasidagi barometr hamma vaqt bir xil  $p = 8$  kPa bosimni ko'rsatdi, shu sababli uchuvchi  $h$  uchish balandligini o'zgarmas, deb hisobladi. Lekin havoning temperaturasi  $\Delta T = 1$  K ga o'zgardi. Uchuvchi balandlikni aniqlashda qanday xatolikka yo'l qo'ydi? Temperatura balandlikka bog'liq emas va Yer sirtidagi bosim  $p_0 = 100$  kPa, deb hisoblansin.

44. Avogadro sonini aniqlash uchun Perren suvda muallaq suzib yugan sharsimon gummigut zarralarining balandlik bo'yicha taqsimlanishini o'lchadi. U bir-biridan 30 mkm masofada joylashgan qatlamlardagi zarralar sonining nisbati 2,08 ga teng ekanini topdi. Zarralarning zichligi  $\rho = 1,194 \text{ g/sm}^3$ , suvniki  $\rho_0 = 1 \text{ g/sm}^3$ . Zarralar radiusi  $r = 0,212$  mkmga teng. Shu berilganlar asosida Avogadro soni  $N$  ni hisoblang. Suvning temperaturasi  $t = 18^\circ$  C.

45.  $300^\circ$  K temperaturali 1 mol argon 1 l hajmni egallaydi.

a) argon ideal gaz xossalari ega deb hisoblab;

b) bosimga doir Van-der-Vaals tuzatmasini e'tiborga olib, lekin hajmga doir tuzatmani tashlab yuborib;

d) hajmga doir tuzatmani e'tiborga olib, lekin bosimga doir tuzatmani tashlab yuborib;

e) har ikki Van-der-Vaals tuzatmasini e'tiborga olib, argon bosimi hisoblab chiqilsin.

46. Van-der-Vaals formulasidan foydalanib,  $V = 20$  l hajmli ballonga qamalgan  $t = 13^\circ \text{C}$  temperaturali,  $m = 1,1$  kg massali karbonat angidrid bosimi hisoblab chiqilsin. Natija ideal gaz bosimi bilan solishtirilsin.

47.  $100 \text{ g/l}$  zichlikka ega bo'lgan kislorodning bosimi  $70 \text{ atm}$  bo'lishi uchun temperatura qanday bo'lishi kerak?

48.  $20$  l sig'imli ballonda  $80$  mol qandaydir gaz joylashgan.  $14^\circ \text{C}$  da gaz bosimi  $90 \text{ atm}$  ga;  $63^\circ \text{C}$  da gaz bosimi  $109 \text{ atm}$  ga teng. Shu gaz uchun Van-der-Vaals doimiylarini hisoblab chiqing.

49.  $V = 10$  l sig'imli idishda  $m = 0,25$  kg massali azot bor. 1) Gazning ichki bosimi  $P_i$ ; 2) molekulalarning xususiy hajmi  $V^*$  aniqlansin.

50. Modda miqdori  $1$  moldan iborat kislorod  $T = 300 \text{ K}$  temperaturada  $V = 0,5$  l hajmni egallagan bo'lsa, u ko'rsatadigan bosim  $P$  aniqlansin. Olingan natija Mendeleyev-Klapeyron formulasi bo'yicha hisoblangan bosim bilan solishtirilsin.

51.  $V = 0,31$  sig'imli idishda  $T = 300 \text{ K}$  temperaturada modda miqdori  $1$  mol bo'lgan karbonat angidrid bor. Gazning bosimi  $P$ ; 1) Mendeleyev-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 tunibdi. Bosimni hisoblashda Van-der-Vaals tenglamasi o'rniga Mendeleyev-Klapeyron tenglamasidan foydalanishda yo'l qo'yiladigan nisbiy xatolik  $\epsilon = \epsilon P/P$  aniqlansin. Hisoblashlar hajmning ikki qiymati: 1)  $V_1 = 2$  l; 2)  $V_2 = 0,2$  l uchun bajarilsin.

53. Xona temperaturasida qalin devorli po'lat ballon yarmi-gacha suvga to'ldirildi. Shundan keyin ballon germetik ravishda yopildi va  $T = 650 \text{ K}$  temperaturagacha qizdirildi. 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  $m = 1$  kg massali suv bug'larining bosimi  $P$  aniqlansin.

### III BOB

## ELEKTR VA MAGNETIZM

3.1-§. Elektrostatika

3.2-§. O'zgarmas tok qonunlari

3.3-§. Elektromagnetizmaing fizik asoslari

3.4-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

### 3.1-§. Elektrostatika

#### Asosiy formulalar

• **Zaryadlarning saqlanish qonuni:** yopiq sistemadagi barcha zaryadlarning algebraik yig'indisi o'zgarmasdir:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \Sigma q = \text{const.}$$

• **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;  $\epsilon$  – muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi;  $\epsilon_0$  – elektr doimiysi bo'lib, uning SI sistemasidagi son qiymati quyidagiga teng:

$$\epsilon_0 = 1/(4\pi \cdot 9 \cdot 10^9) \cdot \text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m.}$$

• **Elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi kuchlanganligi** deb, maydonning 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  $q_0$  – maydonga kiritilgan sinov zaryad.

• Nuqtaviy zaryad hosil qilgan kuchlanganlik shu  $q$  zaryadga proporsional bo'lib, zaryaddan nuqttagacha bo'lgan masofa  $r$  ning kvadratiga teskari proporsionaldir:

$$E = 1 / (4\pi\epsilon_0) \cdot (q_1 \cdot q_2) / \epsilon r^2.$$

Maydonlarning superpozitsiyasi (qo'shish) prinsipiga binoan zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydonning 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 potensial 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 potensial energiyaga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni:

$$\phi = W_n / q_0 = 1 / (4\pi\epsilon_0) q / \epsilon r.$$

• Sinov zaryadi  $q_0$  ni maydonning  $\phi_1$  potentsialli bir nuqtasidan  $\phi_2$  potentsiali ikkinchi nuqtasiga ko'chishda bajarilgan ish:

$$A = q_0 (\phi_1 - \phi_2).$$

• Zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydonning biror nuqtasidagi potentsiali  $\phi$  har bir zaryadning mustaqil hosil qilgan maydon potentsiallarining algebraik yig'indisiga teng:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots + \phi_n = \Sigma \phi_i.$$

• Bir jinsli ( $E = const$ ) elektrostatik maydonning kuchlanganligi  $E$  miqdor jihatdan uzunlik birligiga mos kelgan potentsiallar ayirmasiga tengdir:

$$E = (\phi_1 - \phi_2) / l.$$

• Izolatsiyalangan o'tkazgichning elektr sig'imi  $C$  uning potentsialini bir birlikka o'zgartirish uchun zarur bo'lgan zaryadga miqdor jihatdan tengdir:

$$C = q / \psi.$$

• Izolatsiyalangan sharning elektr sig'imi radiusi  $R$  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:

$$C = q / (\phi_1 - \phi_2).$$

• 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:

$$C_{par} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n = \Sigma C_i.$$

• O'zaro ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasi elektr sig'imining teskari ifodasi  $1/C_k$  kondensatorlar sig'imining teskari ifodalarining algebraik yig'indisiga tengdir:

$$1/C_k = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n = \Sigma 1/C_i.$$

• Kondensatorlar qoplamlari orasida hosil qilingan elektrostatik maydonning energiyasi:

$$W_C = (1/2)C(\phi_1 - \phi_2)^2 = (1/2)q^2 / C = (1/2)q(\phi_1 - \phi_2),$$

bunda  $C$  – kondensatorning elektr sig'imi;  $\phi_1 - \phi_2$  – qoplamlari orasidagi potentsiallar ayirmasi;  $q$  – qoplamlardagi zaryad.

• Yassi kondensator qoplamlari orasidagi hosil qilingan bir jinsli ( $E = const$ ) elektrostatik maydonning energiyasi:

$$W_C = (\epsilon_0 \epsilon S d) E^2 / 2 = (\epsilon_0 \epsilon V) E^2 / 2 = [(\epsilon_0 \epsilon S) / 2d] (\phi_1 - \phi_2)^2.$$

Bir jinsli ( $E = \text{const}$ ) 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 YECHISHGA 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 tutashirilgan 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'sirlashadi:

$$F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 l^2}. \quad (1)$$

Qo'shilishdan keyin har bir zaryad quyidagiga teng bo'ladi:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2}.$$

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:

$$q_1 = l \left( \sqrt{F_2} + \sqrt{F_2 - F_1} \right) \sqrt{4\pi\epsilon_0} = 2,67 \cdot 10^{-9} \text{ Kl},$$

$$q_2 = l \left( \sqrt{F_2} - \sqrt{F_2 - F_1} \right) \sqrt{4\pi\epsilon_0} = 2 - 0,67 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}.$$

**2-masala.** Massasi  $m$  bo'lgan ikkita bir xil sharcha bitta nuqtaga  $l$  uzunlikdagi ip orqali osilgan. Ular bir xil zaryadlanganda bir-biridan  $\alpha$  burchakka uzoqlashgan. Sharlar zaryadini aniqlang.

*Berilgan:*  $m; l; \alpha$ .

*Topish kerak:*  $q$  — ?

*Yechilishi.* Har bir sharga ikkita kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi  $mg$  va kulon kuchi  $F_c$ .

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:

$$q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} mg \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = 4l \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{\pi\epsilon_0 mg \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

**3-masala.** Uchta nuqtaviy zaryad bir biridan  $r = 10$  sm masofada joylashtirilgan va ular orasidagi ta'sir kuchi 49 mN, 78,4 mN va 117,6 mN ga teng. Zaryadlar kattaligini aniqlang.

*Berilgan:*  $r = 10$  sm = 0,1 m;  $F_1 = 49 \cdot 10^{-3}$  N;  $F_2 = 78,4 \cdot 10^{-3}$  N;  $F_3 = 117,6 \cdot 10^{-3}$  N.

*Topish kerak:*  $q_1, q_2, q_3$  — ?

*Yechilishi.* Kulon qonuniga binoan har zaryadlar juftligi orasida quyidagi kuchlar ta'sir qiladi:

$$F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad F_2 = \frac{q_1 q_3}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad F_3 = \frac{q_2 q_3}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

bu yerda  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ .

Ushbu ifodalardan zaryadlarni aniqlaymiz:

$$q_1 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_1 F_3}{F_2}}, \quad q_2 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_1 F_2}{F_3}}, \quad q_3 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_2 F_3}{F_1}}$$

Son qiymatini qo'yib, hisoblashlar amalinii bajaramiz:

$$q_1 \approx 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}, \quad q_2 \approx 2,9 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}, \quad q_3 \approx 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}.$$

**4-masala.**  $-1 \text{ nKl}$  zaryad  $+1,5 \text{ nKl}$  nuqtaviy zaryadning maydonida potentsiali  $100 \text{ V}$  bo'lgan nuqtadan potentsiali  $600 \text{ V}$  bo'lgan nuqtaga ko'chgan. Maydon qancha ish bajarganligi va nuqtalar orasidagi masofa aniqlansin.

Berilgan:  $q_1 = -1 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$ ;  $q_2 = +1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$ ;  $\phi_1 = 100 \text{ V}$ ;  
 $\phi_2 = 600 \text{ V}$ .

Topish kerak:  $A = ?$ ;  $\Delta r = ?$

Yechilishi. Nuqtaviy zaryadning maydoni potentsiali:

$$\phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

bu yerda  $r$  — muayyan nuqtaning zaryadgacha bo'lgan masofasi.

$$\phi_1 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_1}$$

bu yerdan

$$r_1 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 \phi_1}, \quad \phi_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

bu yerdan

$$r_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 \phi_2}, \quad \Delta r = r_2 - r_1$$

Ushbu formulalarga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatlarni 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 bajargan ish:

$$A = q(\phi_1 - \phi_2) = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

Javob:  $\Delta r = 11,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ;  $A = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

**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.

$$1) \quad \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad E = E_1 + E_2,$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \frac{r^2}{4}} = \frac{q_1}{\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_2 = \frac{|q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2},$$

$$E = \frac{q_1 + |q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2} = 3 \frac{\text{kV}}{\text{m}};$$

$$2) \quad \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad E = E_1 - E_2,$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \frac{r^2}{4}} = \frac{q_1}{\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_2 = \frac{|q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2},$$

$$E = \frac{q_1 - |q_2|}{\pi\epsilon_0 r^2} = 613 \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

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.

$$1) \quad E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_1 = E_2, \quad \sqrt{9} = \frac{x_1}{d-x_1}$$

$$3(d-x_1) = x_1, \quad 3d - 4x_1 = 0, \quad x_1 = \frac{3}{4}d = 6 \text{ sm};$$

$$2) \quad \sqrt{9} = \frac{x_2}{d+x_2}, \quad 3(d+x_2) = x_2,$$

$$3d + 2x_2 = 0, \quad x_2 = -\frac{3}{2}d = -12 \text{ sm}.$$

Javob:  $x_1 = 6 \text{ sm}$ ;  $x_2 = 12 \text{ sm}$ .

**7-masala.** Elektr maydon zaryadlari yuzi bo'lib bir tekis taqsimlangan, sirt zichliklari  $y_1 = 1 \text{ nKl/m}^2$  va  $y_2 = 3 \text{ nKl/m}^2$  bo'lgan ikkita parallel cheksiz plastinka tomonidan hosil qilingan. 1) plastinalar orasidagi; 2) plastinalardan tashqaridagi maydon kuchlanganligi  $E$  aniqlansin.

Berilgan:  $y_1 = 1 \text{ nKl/m}^2 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Kl/m}^2$ ;  $y_2 = 3 \text{ nKl/m}^2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Kl/m}^2$ .

Topish kerak:  $E_1, E_2$  - ?

Yechilishi.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}, \quad E'_1 = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}, \quad E'_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0};$$

$$1) \quad E_1 = E'_2 - E'_1 = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0} = 113 \frac{\text{V}}{\text{m}};$$

$$2) \quad E_2 = E'_2 + E'_1 = \frac{\sigma_2 + \sigma_1}{2\epsilon_0} = 226 \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Javob:  $E_1 = 113 \text{ V/m}$ ;  $E_2 = 226 \text{ V/m}$ .

**8-masala.** Qalinligi  $d = 1 \text{ sm}$  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.

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0}, \quad \sigma = d \cdot \rho, \quad E = \frac{1}{2} \cdot \frac{d \cdot \rho}{\epsilon_0},$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,01 \cdot 10^{-7}}{8,85 \cdot 10^{-12}} = 56,5 \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Javob:  $E = 56,5 \text{ V/m}$ .

**9-masala.** Katta metall plastinada sirti bo'ylab bir tekis taqsimlangan zaryad bor ( $y = 10 \text{ nKl/m}^2$ ). Plastinadan uzoq bo'lmagan joyda  $q = 100 \text{ nKl}$  nuqtaviy zaryad turibdi. Zaryadga ta'sir etuvchi  $F$  kuch topilsin.

Berilgan:  $y = 10 \text{ nKl/m}^2 = 10^{-8} \text{ Kl/m}^2$ ;  $q = 100 \text{ nKl} = 10^{-7} \text{ Kl}$ .

Topish kerak:  $F$  - ?

Yechilishi.

$$F = q \cdot E, \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0},$$

$$F = \frac{q \cdot \sigma}{2\epsilon_0} = \frac{10^{-7} \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 56,4 \text{ mKl}.$$

Javob:  $F = 56,4 \text{ mKl}$ .

**10-masala.** Har birining radiusi  $1 \text{ mm}$  bo'lgan uchta zaryadlangan suv tomchisi bitta tomchiga birlashtirilgan. Har bir tomchining zaryadi  $10^{-10} \text{ Kl}$  ga teng. Katta tomchining potentsiali topilsin.

Berilgan:  $n = 3$ ;  $r = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$ ;  $q = 10^{-10} \text{ Kl}$ .

Topish kerak:  $\phi$  - ?

Yechilishi. Katta tomchining zaryadi quyidagiga teng:

$$Q = \frac{q}{C}, \quad (1)$$

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:

$$\phi = \frac{nq}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}. \quad (4)$$

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:

$$M = \rho V_s = \frac{4}{3} \rho \pi R^3, \quad (7)$$

(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:

$$\varphi = \frac{nq}{4\pi\epsilon_0 r \sqrt[3]{n}} \approx 1870 \text{ V}.$$

*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:*  $C_n - ?$

*Yechilishi.* Kondensatorlar batareyasining sig'imi quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

parallel ulanganda

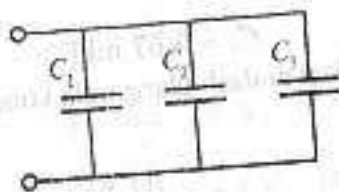
$$C_n = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n,$$

ketma-ket ulanganda

$$\frac{1}{C_n} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

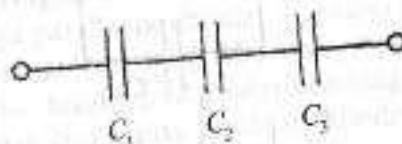
Bir xil sig'imli uchta kondensator mavjud bo'lganda ularni quyidagi sxemalar bo'yicha ulash mumkin:

1) parallel:



$$C_n = C_1 + C_2 + C_3 = 3 \text{ mkF};$$

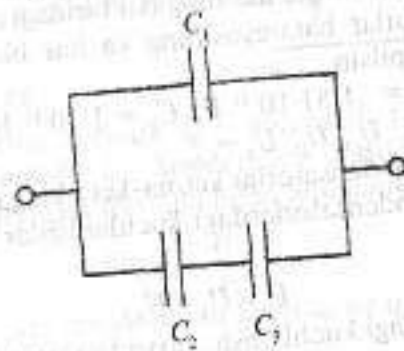
2) ketma-ket:



$$\frac{1}{C_n} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = 3 \text{ mkF}^{-1},$$

$$C_n = \frac{1}{3} \text{ mkF};$$

3) aralash ulanganda kondensatorlar batareyasining sig'imi:



$$C_{23} = C_2 + C_3 = 2 \text{ mkF};$$

$$\frac{1}{C_n} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} = 1,5 \text{ mkF}^{-1}.$$

Bundan,

4) ikkinchi turdagi aralash ulanganda kondensatorlar batareyasining sig'imi:



$$\frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Bundan,

$$C_{23} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mkF},$$

$$C_0 = C_1 + C_{23} = 1,5 \text{ mkF}.$$

**12-masala.** Sig'imlari 18 va 10 pF bo'lgan kondensatorlar ketma-ket ulangan bo'lib, ularning har biridagi zaryad 0,09 nKl ga teng. Kondensatorlar batareyasining va har bir kondensatoridagi 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:*  $U_1, U_2, U_0$  - ?

*Yechilishi.* Kondensatorlar ketma-ket ulanganda batareyadagi  $U$  kuchlanish kondensatorlardagi kuchlanishlar yig'indisiga teng bo'ladi:

$$U = U_1 + U_2.$$

Kondensatoridagi kuchlanish, zaryad va uning sig'imi quyidagicha bog'langan:

$$U = \frac{q}{C}.$$

Har bir kondensatoridagi va batareya kuchlanishlari quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = 5 \text{ V},$$

$$U_2 = \frac{q}{C_2} = 9 \text{ V},$$

$$U = U_1 + U_2 = 5 \text{ V} + 9 \text{ V} = 14 \text{ V}.$$

*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 potensiallar 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 zaryadi;  $U$  - potensiallar farqi;  $d$  - qoplamalar orasidagi masofa;  $E$  - kondensator maydonining kuchlaniganligi 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 quyidagiga teng:

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} \quad (4)$$

Elektron kondensatorning pastki qoplamasiga tushib ketmasligi uchun uning qoplamalar orasidan uchib o'tish vaqti  $t \leq l/v$  shartni qanoatlantirishi shart. Bu shartni hisobga olib, (1)–(4) ifodalardan quyidagi ko'rinishdagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{F}{m} \cdot \frac{l^2}{2v^2} = \frac{qEl^2}{2mv^2}$$

Bu yerdan potentsiallar farqini topamiz:

$$U = \frac{d^2 mv^2}{ql^2} = 22,75 \text{ V}$$

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 qanday bo'ladi?

Berilgan:  $m = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$ ;  $\varphi_A = 600 \text{ V}$ ;  $\varphi_B = 0$ ;  $q = 10^{-8} \text{ Kl}$ ;  $v = 20 \text{ sm/s} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$ .

Topish kerak:  $v_B = ?$

**Yechilishi.** Elektr maydon kuchlarining zaryadlangan sharchani ko'chirishda bajargan ishi kinetik energiyasining o'zgarishiga teng:

$$A = \Delta W_k \quad (1)$$

Bajarilgan ish va kinetik energiya o'zgarishi quyidagiga teng:

$$A = q(\varphi_A - \varphi_B) = q\varphi_A \quad (2)$$

$$\Delta W_k = \frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2} \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ifodaga qo'yamiz:

$$q\varphi_A = \frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2}$$

Bundan sharchaning  $B$  nuqtadagi tezligini topamiz:

$$v_B = \sqrt{\frac{2q\varphi_A}{m} + v_A^2}$$

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

$$v_B = 0,2 \text{ m/s}$$

Javob: 0,2 m/s.

### 3.2-§. O'zgarimas tok qonunlari

• *Tok kuchi* – o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan vaqt birligi ichida o'tayotgan zaryadga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikdir:

$$I = q/t, [I]_{SI} = 1 \text{ A}$$

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:

$$j = I/S = ew, [j]_{SI} = 1 \text{ A/m}^2$$

bunda  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  – elektronning zaryadi;  $n$  – erkin elektronlarning konsentratsiyasi;  $v$  – elektronlarning maydon 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:

$$I = U/R, R = U/I, U = IR$$

bunda  $U = (\varphi_1 - \varphi_2)$  – o'tkazgich uchlaridagi potentsiallar ayirmasi 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  $\rho$  – o'tkazgichning qarshiligi bo'lib, uning son qiymati kattaliklar jadvalida berilgan bo'ladi.

• Qizigan o'tkazgichning qarshiligi  $R$  uning  $\theta$  C haroratdagi qarshiligi  $R_0$  ning *termik qarshilik binomi*  $(1+\alpha\theta)$  ga ko'paytmasiga teng:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

yoki

$$R_t = R_0 T / T_0$$

bunda  $\alpha$  — o'tkazgich qarshiligining termik koeffitsiyenti,

$$T_0 = 273 \text{ K } T = (t + 273) \text{ K}.$$

• O'zaro ketma-ket ulangan o'tkazgichlarning umumiy qarshiligi  $R_{\Sigma}$  barcha o'tkazgichlar qarshiliklari  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  ning algebraik yig'indisiga teng:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \Sigma R_i.$$

• Xususiy holda,  $R_0$  qarshilikli  $n$  ta bir xil o'tkazgich o'zaro ketma-ket ulanganda, ularning umumiy qarshiligi  $R_{\Sigma}$  quyidagiga teng bo'ladi:

$$R_{\Sigma} = n R_0.$$

• O'zaro parallel ulangan o'tkazgichlarning umumiy qarshiligining teskari ifodasi  $1/R_{\text{par}}$  har bir o'tkazgich qarshiliklarining teskari ifodalari  $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3, \dots, 1/R_n$  ning algebraik yig'indisiga teng:

$$1/R_{\text{par}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n = \Sigma_i 1/R_i.$$

Xususiy holda,  $R_0$  qarshilikli  $m$  ta bir xil o'tkazgich o'zaro parallel ulanganda, ularning umumiy qarshiligi  $R_{\text{par}}$  quyidagiga teng bo'ladi:

$$1/R_{\text{par}} = m/R_0 \quad R_{\text{par}} = R_0/m.$$

• *Berk zanjir uchun Om qonuni:* zanjirdan o'tayotgan tokning kuchi  $I$  manbaning EYuK  $E$  ga to'g'ri proporsional bo'lib, zanjirning umumiy qarshiligiga teskari proporsionaldir:

$$I = E/(R + r),$$

bunda  $r$  — manbaning ichki qarshiligi;  $R$  — tashqi qarshiligi.

• EYuK  $E$  ning qarshiligi  $r$  bo'lgan  $n$  tok manbayidan o'zaro ketma-ket ulanib, hosil qilingan batareyaning EYuK  $E_{\Sigma}$  va ichki  $r_{\Sigma}$  qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{\Sigma} = nE_0, \quad r_{\Sigma} = nr.$$

Agar bu batareya  $R$  qarshilikli tashqi zanjirga ulansa, berk zanjirdan o'tayotgan tok kuchi  $I$  Om qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_{\Sigma} / (R + r_{\Sigma}) = nE_0 / (R + nr).$$

• EYuK  $E_0$  va ichki qarshiligi  $r$  bo'lgan  $m$  tok manbayidan o'zaro parallel ulanib, hosil qilingan batareyaning EYuK  $E_{\text{par}}$  va ichki qarshiligi  $r_{\text{par}}$  quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{\text{par}} = E_0,$$

$$r_{\text{par}} = r/m,$$

bunda  $R$  — manbaning tashqi qarshiligi;  $r$  — ichki qarshiligi. Agar bu batareya  $R$  qarshilikli tashqi zanjirga ulansa, berk zanjirdan o'tayotgan  $I$  tok kuchi Om qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_{\text{par}} / (R + r_{\text{par}}) = E_0 / (R + r/m).$$

• EYuK  $E_0$  va ichki qarshiligi  $r$  bo'lgan elementlardan  $n$  tasi o'zaro ketma-ket va  $m$  tasi o'zaro parallel ulanib, aralash ulangan elementlar batareyasining EYuK  $E$  va ichki qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{\text{ar}} = nE, \quad r_{\text{ar}} = (n/m)r.$$

• Bu elementlar batareyasi  $R$  qarshilikli tashqi zanjirga ulanganda, berk zanjirdan o'tayotgan tokning kuchi  $I$  quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_{\text{ar}} / (R + r_{\text{ar}}) = nE_0 / (R + n/m)r.$$

• *Tarmoqlangan elektr zanjiri uchun Kirxgofning birinchi qoidasi:* zanjirning har qanday tugunida uchrashgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\Sigma I_i = 0.$$

• *Kirxgofning ikkinchi qoidasi:* tarmoqlangan zanjirning ixtiyoriy yopiq konturlaridagi toklarning mos ravishda shu konturlar qarshiliklariga ko'paytmalarining algebraik yig'indisi konturdagi barcha EYuKlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\Sigma I_i R_i = \Sigma E_i.$$

• Zanjirning bir qismida tokning hajargan foydali ishi  $A_f$  quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A_f = IUt = I^2 Rt = U^2 / Rt; [A_f]_{SI} = 1 \text{ J.}$$

### MASALA YECHISHGA 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 elektrodga maydon tomonidan qanday kuch ta'sir qilishini aniqlang.

Berilgan:  $S = 0,17 \text{ mm}^2 = 0,17 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ ;  $I = 0,025 \text{ A}$ .

Topish kerak:  $F - ?$

Yechilishi. Zanjirning bir qismi uchun Ohm qonuni:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

bu yerda  $R$  — zanjirning bir qismi uchun qarshiligi, ya'ni

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (2)$$

Bir jinsli o'tkazgich uchun:

$$E = \frac{U}{l}. \quad (3)$$

Yuqoridagi formulalardan quyidagi ifodani olamiz:

$$I = \frac{US}{\rho l} = \frac{ES}{l}. \quad (4)$$

Elektronga ta'sir qiluvchi kuch:

$$F = eE = e \frac{I\rho}{S} = 3 \cdot 10^{-22} \text{ N.}$$

**2-masala.** 220 V kuchlanishda ishlaydigan 100 Vt li elektrolampaning 2500° C gacha qizdirilgan holatdagi qarshiligi 10° C temperaturadagi qarshiligidan 15 marta katta. Ushbu temperaturadagi qarshiliklarni va qarshilikning temperatura koeffitsiyentini 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:  $\alpha - ?$ ;  $R_1 - ?$ ;  $R_2 - ?$

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;  $R$  —  $t$  temperaturadagi qarshilik;  $\alpha$  — temperaturaning termik koeffitsiyenti. Bu formulani bizning hol uchun yozamiz:

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1), \quad (1)$$

$$R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2), \quad (2)$$

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,

$$\alpha = \frac{n-1}{t_2 - t_1} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1},$$

$$R_2 = \frac{U^2}{P} = 484 \text{ Ohm},$$

$$R_1 = \frac{R_2}{n} = \frac{U^2}{Pn} = 32,3 \text{ Ohm}.$$

**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  $\rho$  — o'tkazgichning solishtirma qarshiligi;  $l$  — uzunligi;  $S$  — ko'ndalang kesim yuzasi.

Simning massasi

$$m = \rho_n V = \rho_n S l, \quad (2)$$

bu yerda  $\rho_n$  — modda zichligi (2)dan  $l$  ni topamiz va (1) ifodaga qo'yamiz:

$$R = \rho \frac{m}{S \rho_w S} = \rho \frac{m}{S^2 \rho_m} \quad (3)$$

(3) ifodadan  $S$  hamda  $l$  topamiz:

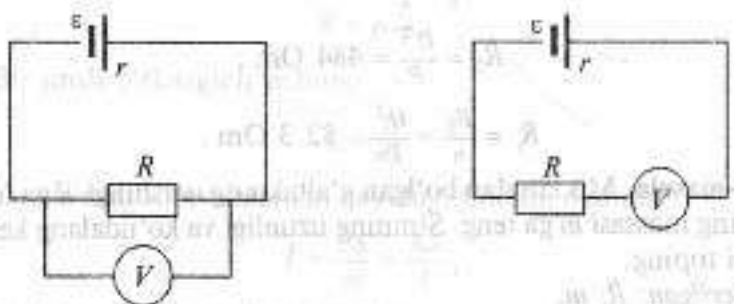
$$S = \sqrt{\frac{\rho m}{\rho_m R}}$$

$$l = \sqrt{\frac{R m}{\rho_w \rho}}$$

**4-masala.** Akkumulator va 20 Om qarshilikdan iborat bo'lgan elektr zanjiriga voltmetr qarshilikka oldin ketma-ket, keyin esa parallel ulandi (rasmga qarang). Voltmetrning ko'rsatkichi ikkala holda ham bir xil. Agar akkumulator ichki qarshiligi 0,1 Om bo'lsa, voltmetrning qarshiligi nimaga teng?

Berilgan:  $R = 20$ ;  $r = 0,1$ .

Topish kerak:  $R_V = ?$



*Yechilishi.* Birinchi holda voltmetr orqali o'tayotgan tok zanjirdagi tokka va voltmetrdagi kuchlanish quyidagiga teng:

$$U = \frac{\varepsilon}{r + R + R_V} \quad (1)$$

Ikkinchi holda voltmetrdagi kuchlanish parallel ulangan voltmetr va qarshilikdan iborat bo'lgan va quyidagi ekvivalent qarshilikka ega bo'lgan zanjirning qismidagi kuchlanishga teng:

$$R_0 = \frac{R R_V}{R + R_V}, \quad U = I R_0,$$

$$U = \frac{\varepsilon}{\frac{R R_V}{R + R_V} + r} \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalarni tenglashtiramiz va ba'zi bir soddalashtirishlardan keyin quyidagi ifodani olamiz:

$$R^2 = r R_V.$$

Bundan voltmetrning qarshiligini topamiz:

$$R_V = \frac{R^2}{r} = 4000 \text{ Om}.$$

**5-masala.** Rasmda ko'rsatilgan sxemadagi ampermetr va voltmetr ko'rsatishlarini toping. Voltmetr qarshiligi  $R_V = 1000$  Om,  $R_1 = 400$  Om,  $R_2 = 600$  Om. Kuchlanish  $U = 110$  V. Ampermetr qarshiligi hisobga olinmasin.

Berilgan:  $R_V = 1000$  Om;  $R_1 = 400$  Om;  $R_2 = 600$  Om;  $U = 110$  V.

Topish kerak:  $I = ?$   $U_V = ?$

*Yechilishi.* Uchta qarshilik parallel ulanganligi uchun:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_V} \quad (1)$$

Bundan  $R$  ni topamiz:

$$R = \frac{R_1 R_2 R_V}{R_1 R_2 + R_1 R_V + R_2 R_V} \quad (2)$$

Ampermetrdan o'tayotgan tok:

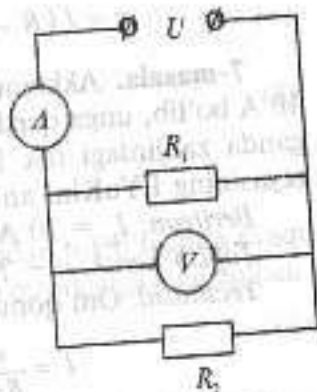
$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

(2) ni (3) ga qo'yamiz:

$$I = \frac{U (R_1 R_2 + R_1 R_V + R_2 R_V)}{R_1 R_2 R_V} = 0,75 \text{ A}.$$

$R_1$ ,  $R_2$  va  $R_V$  voltmetr parallel ulangani uchun:

$$U_V = U = 110 \text{ V}.$$



**6-masala.** Akkumulatorning ichki qarshiligi 1 Om ga teng. Tok kuchi 2 A bo'lganda uning FIKi 0,8 ga teng bo'lsa, akkumulatorning EYuKi topilsin.

*Berilgan:*  $R = 1 \text{ Om}; I = 2 \text{ A}; \eta = 0,8$ .

*Topish kerak:*  $\varepsilon - ?$

*Yechilishi.* Tok manbayining FIKi quyidagiga teng:

$$\eta = \frac{R}{R+r} \quad (1)$$

Bu yerdan

$$R = \frac{\eta}{1-\eta} \quad (2)$$

Om qonunidan

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (3)$$

Bu yerdan EYuKni topamiz:

$$\varepsilon = I(R+r) = I\left(\frac{\eta}{1-\eta} + r\right) = \frac{Ir}{1-\eta} = 10 \text{ V.}$$

**7-masala.** Akkumulator batareyasining qisqa tutashuv toki 10 A bo'lib, unga qarshiligi 9 Om ga teng bo'lgan rezistor ulanganida zanjirdagi tok 1 A ga teng bo'ladi. Akkumulator batareyasining EYuKini aniqlang.

*Berilgan:*  $I_{kr} = 10 \text{ A}; R = 9 \text{ Om}; I = 1 \text{ A}$ .

*Topish kerak:*  $\varepsilon - ?$

*Yechilishi:* Om qonuni bo'yicha:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad \text{yoki} \quad \varepsilon = I(R+r).$$

Zanjirda qisqa tutashuv sodir bo'lganda tashqi qarshilik  $R = 0$  bo'ladi. U holda Om qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$I = \frac{\varepsilon}{r}$$

Bu yerdan ichki qarshilikni topamiz:

$$r = \frac{\varepsilon}{I_{kr}}$$

Bu ifodadan akkumulator batareyasining EYuKni topamiz:

$$\varepsilon = I\left(R + \frac{\varepsilon}{I_{kr}}\right)$$

yoki

$$\varepsilon = \frac{IR}{1 - \frac{I}{I_{kr}}} = 10 \text{ V.}$$

**8-masala.** Tok manbayiga oldin qarshiligi 1 Om bo'lgan, keyin esa 4 Om bo'lgan rezistorlar ulangan. Ikkala holda ham bir xil vaqt ichida bir xil issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Tok manbayining ichki qarshiligi aniqlansin.

*Berilgan:*  $R_1 = 1 \text{ Om}; R_2 = 4 \text{ Om}; t_1 = t_2 = t; Q_1 = Q_2$ .

*Topish kerak:*  $r - ?$

*Yechilishi:* Om qonuni bo'yicha:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1+r} \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1+r} \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2+r} \quad (3)$$

Joul-Lens qonuniga asosan o'tkazgichdan tok o'tganda  $t$  vaqt davomida ajralib chiqqan  $Q$  issiqlik 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:

$$\frac{\varepsilon^2}{(R_1+r)^2} R_1 t = \frac{\varepsilon^2}{(R_2+r)^2} R_2 t$$

$$\frac{R_1}{(R_1+r)^2} = \frac{R_2}{(R_2+r)^2}$$

$$R_2(R_1+r)^2 = R_1(R_2+r)^2$$

(7) ifodaga  $R_1 = 1 \text{ Om}$  va  $R_2 = 4 \text{ Om}$  qarshiliklar qiymatlarini qo'yamiz va hosil bo'lgan tenglamadan tok manbayining ichki qarshiligini aniqlaymiz:

$$r = 2 \text{ Om}$$

**9-masala.** Akkumulator ichki qarshiligi  $2 \text{ Om}$  ga teng. Tok manbayiga oldin bir rezistor ulanganda tok kuchi  $4 \text{ A}$ , ikkinchi rezistorga ulanganda esa  $2 \text{ A}$  bo'lgan. Ikkala holda ham tashqi zanjirda quvvat bir xil. Akkumulator EYuKi 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:  $\varepsilon = ?$ ;  $R_1 = ?$ ;  $R_2 = ?$

Yechilishi. Om qonuni bo'yicha:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1+r}, \quad I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2+r}$$

Bu formulalarni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\varepsilon = I_1(R_1+r), \quad \varepsilon = I_2(R_2+r)$$

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:

$$N_1 = I_1^2 R_1, \quad N_2 = I_2^2 R_2 \quad (3)$$

Ushbu formulalarni (2) munosabatga qo'yamiz va quyidagi tenglamani olamiz:

$$I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2 \quad (4)$$

(1) va (2) tenglamalarni birgalikda yechamiz va tashqi qarshiliklarni va EYuKni topamiz:

$$R_1 = \frac{I_2 r}{I_1} = 1 \text{ Om}$$

$$R_2 = \frac{I_1 r}{I_2} = 4 \text{ Om}$$

$$\varepsilon = I_1 r \left( \frac{I_2}{I_1} + 1 \right) = 12 \text{ V}$$

**10-masala.** Elektr plitkasi EYuK  $\varepsilon$  va ichki qarshiligi  $r$  bo'lgan zanjirga ulangan. Plitkaga ketma-ket ulangan ampermetr  $I$  tokni ko'rsatmoqda. Agar ushbu plitkada massasi  $m$  bo'lgan suv  $\tau$  vaqt davomida qaynatilsa, plitkaning FIKi nimaga teng? Suvning boshlang'ich temperaturasi  $t_0$  ga teng.

Berilgan:  $\varepsilon$ ;  $r$ ;  $I$ ;  $\tau$

Topish kerak: FIK  $\eta = ?$

Yechilishi. Joule-Lens qonuniga asosan tokli o'tkazgich ajratib chiqarayotgan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$Q = I^2 R t \quad (1)$$

Tok kuchini to'liq zanjir uchun Ohm qonunidan topamiz:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (2)$$

Bundan tashqi qarshilikni topamiz:

$$R = \frac{\varepsilon - Ir}{I} \quad (3)$$

(3) ifodani (1) formulaga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$Q = I(\varepsilon - Ir)\tau \quad (4)$$

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 FIKi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\eta = \frac{Q_f}{Q} \quad (6)$$

(4) va (5) ifodalarni (6) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz:

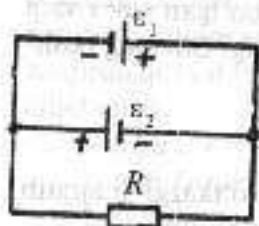
$$\eta = \frac{mc(t-t_0)}{I(\varepsilon - Ir)r}$$

**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 ( $R = 10 \text{ Om}$ ) rasmda ko'rsatilgandek qilib ulangan. Reostat orqali oquvchi tok kuchi  $I$  hisoblansin.

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.



$$-I_1 - I_2 + I = 0,$$

$$I_1 r_1 - I_2 r_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2,$$

$$I_2 r_2 + IR = \varepsilon_2,$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ 2I_1 - 1,5I_2 = 2, \\ 1,5I_2 + 10I = 6, \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 1,5I_2 + 10I = 6, \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 19I_2 = -4, \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 19I_2 = -4, \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 19I_2 = -4, \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 19I_2 = -4, \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 19I_2 = -4, \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 19I_2 = -4, \end{cases}$$

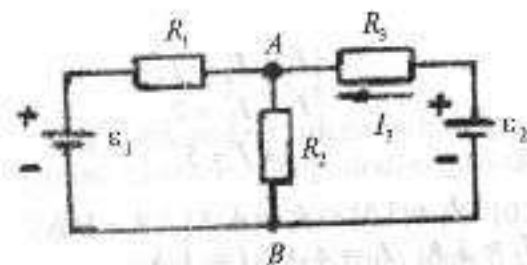
$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3,5I_1 + 2I = 2, \\ 19I_2 = -4, \end{cases}$$

$$I_2 = -\frac{4}{19} \text{ A} = -0,21 \text{ A},$$

$$I = -\frac{1}{2}(2 + 3,5I_2) = \frac{1}{2}(2 - 3,5 \cdot 0,21) = 0,63 \text{ A}.$$

Javob:  $I = 0,63 \text{ A}$ .

**12-masala.** Agar  $\varepsilon_1 = 4 \text{ V}$ ,  $\varepsilon_2 = 3 \text{ V}$ ,  $R_1 = 6 \text{ Om}$ ,  $R_2 = 1 \text{ Om}$  bo'lsa,  $R_2$  qarshilikli rezistordagi  $I_2$  tok kuchi va rezistor uchlaridagi kuchlanish  $U_2$  aniqlansin. Tok manbalarining ichki qarshiliklari hisobga olinsin.



Berilgan:  $\varepsilon_1 = 4 \text{ V}$ ;  $\varepsilon_2 = 3 \text{ V}$ ;  $R_1 = 6 \text{ Om}$ ;  $R_2 = 1 \text{ Om}$ .

Topish kerak:  $I_2 = ?$ ;  $U_2 = ?$

Yechilishi.

$$I_1 + I_2 - I = 0,$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \end{cases}$$

Javob:  $I_2 = 0 \text{ A}$ ;  $U_2 = 0 \text{ V}$ .

**13-masala.** EYuKlari  $\varepsilon_1 = 12 \text{ V}$ ,  $\varepsilon_2 = 5 \text{ V}$ ,  $\varepsilon_3 = 10 \text{ V}$  va  $r = 1 \text{ Om}$  bir xil ichki qarshilikli uchta batareya bir xil ismli qutblari bilan o'zaro ulangan. Tutashiruvchi simlarning qarshiliklari juda kichik. Har bir batareyadan oqayotgan tok kuchi  $I$  aniqlansin.

Berilgan:  $\varepsilon_1 = 12 \text{ V}$ ;  $\varepsilon_2 = 5 \text{ V}$ ;  $r = 1 \text{ Om}$ .

Topish kerak:  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I = ?$

Yechilishi.

$$I_1 + I_2 - I = 0,$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$

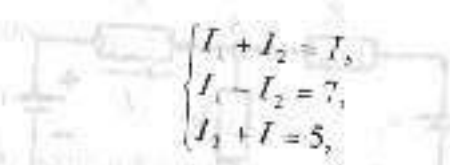
$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r - I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 r + Ir = \varepsilon_2 - \varepsilon_3, \end{cases}$$



$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ I_1 - I_2 = 7 \\ I_3 + I = 5 \end{cases}$$

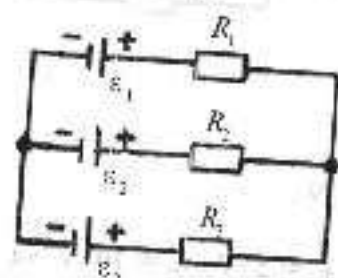
$$I_1 = 3 \text{ A}; \quad I_2 = 4 \text{ A}; \quad I = 1 \text{ A}.$$

Javob:  $I_1 = 3 \text{ A}; I_2 = 4 \text{ A}; I = 1 \text{ A}.$

**14-masala.** EYuKlari  $\varepsilon_1 = 11 \text{ V}$ ,  $\varepsilon_2 = 4 \text{ V}$  va  $\varepsilon_3 = 6 \text{ V}$  bo'lgan uchta tok manbasi va  $R_1 = 5 \text{ Ohm}$ ,  $R_2 = 10 \text{ Ohm}$  va  $R_3 = 2 \text{ Ohm}$  qarshilikli uchta reostat rasmda ko'rsatilgandek qilib ulangan. Reostatlardagi tok kuchlari  $I$  aniqlansin. Tok manbalarining ichki qarshiliklari hisobga olinmaydigan darajada kichik.

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-§. 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  $r_2$  ga teskari proporsionaldir, ya'ni:

$$\eta = \frac{mc(t-t_0)}{I(\varepsilon - I r) \pi},$$

bunda  $\mu$  - muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi;  $\mu_0$  - magnit doimiysi bo'lib, uning SI sistemasidagi ifoxlasi 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 kontur yuzasi ko'paytmasiga teng:

$$p_m = IS.$$

• Induksiyasi  $B$  bo'lgan magnit maydondagi tokli konturga ta'sir qiluvchi juft kuchning momenti  $M$  quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M = p_m B \sin \alpha,$$

bunda  $p_m$  - tokli konturning magnit momenti;  $\alpha$  - magnit maydon induksiya vektori  $B$  ning yo'nalishi bilan kontur tekisligiga tushirilgan 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  $\alpha$  ning kosinusiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni:

$$F_A = IlB \sin \alpha.$$

• Bir jinsli ( $B = \text{const}$ ) magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarachaga ta'sir qiluvchi Lorens kuchi  $F_L$  zarraning zaryadi  $q$  ga, tezligi  $v$  ga, magnit maydonning induksiyasi  $B$  ga va  $v$  bilan  $B$  vektorlar orasidagi burchak  $\alpha$  ning sinusiga to'g'ri proporsional:

$$F_L = qvB \sin \alpha.$$

• Magnit maydonning induksiyasi  $B$  magnit maydonning kuchlanganligi  $H$  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  $N$  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 aylana shaklidagi tokli o'tkazgich markazidagi magnit maydonning induksiyasi  $B$  va kuchlanganligi  $H$  quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$B = \mu_0\mu (I/2R), \quad H = B/\mu_0\mu = I/2R.$$

•  $I$  tok o'tayotgan solenoid (toroid) o'zagida hosil bo'lgan magnit maydonning induksiyasi  $B$  va kuchlanganligi  $H$  quyidagiga tengdir:

$$B = \mu_0\mu In = \mu_0\mu IN/l, \quad H = B/\mu_0\mu = In = IN/l,$$

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;  $IN$  — Amper o'ramlar soni.

• Berilgan sirt orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi  $I$  magnit maydon induksiyasi  $B$  ning yuzi  $S$  hamda sirtga tushirilgan normal  $n$  bilan  $B$  vektor orasidagi burchak  $\alpha$  kosinusining ko'paytmasiga teng:

$$F = BS \cos \alpha.$$

• Faradeyning elektromagnit induksiya qonuniga binoan, yopiq konturda hosil bo'lgan induksiya EYuK shu kontur bilan chegaralangan yuz 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 ( $B = const$ ) magnit maydonda  $v$  tezlik bilan harakatlanayotgan uzunligi  $l$  ga teng bo'lgan o'tkazgich uchlarida hosil bo'lgan induksiya EYuK quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\varepsilon_m = Blv \sin \alpha.$$

bunda  $\alpha$  — magnit maydon induksiya kuch chiziqlari bilan  $v$  tezlik vektor orasidagi burchak.

• Konturda hosil bo'lgan o'zinduksiya EYuK ( $\varepsilon_{o,z}$ ) o'tkazgichdan o'tayotgan tokning o'zgarish tezligining teskari ishorali ifodasiga proporsionaldir, ya'ni:

$$\varepsilon_{o,z} = -L\Delta I/\Delta t,$$

bunda  $L$  — proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, unga *konturning induktivligi* deyiladi.

• Uzunligi  $l$ , ko'ndalang kesim yuzi  $S$ , 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;  $\mu_0$  — solenoid o'zagining nisbiy magnit singdiruvchanligi;  $\mu$  — magnit doimiysi.

• Muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi muhitdagi magnit maydonning induksiyasi  $B$  vakuumdagi induksiyasi  $B_0$  dan necha marta 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 maydonning energiyasi  $W_m$  quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$W_m = LI^2/2.$$

• Bir jinsli ( $B = const$ ) magnit maydonning energiyasi quyidagi  $W_m$  formuladan aniqlanadi:

$$W_m = (B^2/2\mu_0\mu)V = (\mu_0\mu H^2/2)V = HB V/2,$$

bunda  $\mu$  — magnit maydon hosil qilingan muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi;  $V$  — magnit maydon egallagan fazoning hajmi.

• Magnit maydonning 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'liq energiyasi zichligi elektr ( $\omega_e$ ) va magnit ( $\omega_m$ ) maydonlar energiyalari zichliklarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_e + \omega_m = D^2/2\varepsilon_0\varepsilon + (B^2/2\mu_0\mu) = \\ &= \varepsilon_0\varepsilon E^2/2 + \mu_0\mu H^2/2 = 2ED/2 + HB/2. \end{aligned}$$

## MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Uzunligi  $l = 2$  m bo'lgan va  $I = 50$  A tokli to'g'ri o'tkazgich bir jinsli magnit maydon chiziqlariga nisbatan  $30^\circ$  burchak ostida joylashtirilganda unga maydon tomonidan  $F = 5$  N kuch ta'sir qiladi. Ushbu magnit maydonning induksiyasi va kuchlanganligi topilsin.

*Berilgan:*  $l = 2$  m;  $I = 50$  A;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $F = 5$  N.

*Topish kerak:*  $B = ?$   $H = ?$

*Yechilishi.* Magnit maydonga joylashtirilgan tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch

$$F = IBl \sin \alpha.$$

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:*  $I_1 = I_2 = 10$  A;  $F = 10^{-3}$  N;  $l = 1$  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:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}.$$

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 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:*  $r = 10$  sm = 0,1m;  $M_m = 6,5$  mkN =  $6,5 \cdot 10^{-6}$  N;  $I = 2$  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) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_m = I\pi r^2 B.$$

Bu formuladan magnit maydon induksiyasi qiymatini aniqlaymiz:

$$B = \frac{M_m}{I\pi r^2} = 104 \text{ mT}.$$

**4-masala.** Kinetik energiyasi 3 MeV bo'lgan proton induksiyasi 0,5 Tl bo'lgan bir jinsli magnit maydon induksiya vektoriga perpendikular ravishda harakatlanmoqda. Maydonda protonning harakat traektoriyasi egrilik radiusi topilsin.

*Berilgan:*  $B = 0,5$  Tl;  $E = 3$  MeV;  $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg.

*Topish kerak:*  $r = ?$

*Yechilishi.* Protonning kinetik energiyasi quyidagiga teng:

$$E = \frac{mv^2}{2}.$$

Bu formuladan protonning tezligini topamiz:

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}.$$

Ikkinchi tomondan magnit maydonda  $v$  tezlik bilan harakatlanayotgan protonga Lorens kuchi ta'sir qiladi, ya'ni:

$$F_L = qvB.$$

Bu kuch protonga markazga intilma tezlanish beradi va bu kuch markazga intilma kuchni yuzaga keltiradi;

$$F_w = \frac{mv^2}{r}.$$

Demak,

$$F_L = F_w.$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}.$$

Bu tenglamadan protonning harakat trayektoriyasi egrilik radiusini topamiz:

$$r = \frac{mv^2}{qvB} = \frac{1}{qB} \sqrt{\frac{2Em^2}{m}} = \frac{1}{qB} \sqrt{2Em} = 0,5 \text{ m}.$$

**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'tkazgich induksiyasi 2 mTl bo'lgan bir jinsli magnit maydonga ikkala tomoni induksiya chiziqlariga perpendikular qilib joylashtirilgan. Agar ushbu o'tkazgichdan tok kuchi 10 A bo'lgan tok o'tkazilsa, unga qanday kuch ta'sir qiladi?

*Berilgan:*  $l = 140 \text{ sm} = 1,4 \text{ m}$ ;  $B = 2 \text{ mTl} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Tl}$ ;  $I = 10 \text{ A}$ .

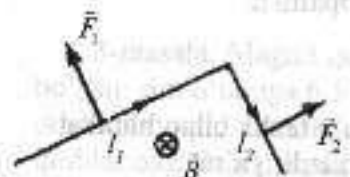
*Topish kerak:*  $F = ?$

*Yechilishi.* Burchakning har bir tomoniga induksiya vektoriga perpendikular bo'lgan tekislikda yotgan Amper kuchi ta'sir qiladi. Tok yo'nalishi bilan induksiya vektori orasidagi burchak  $90^\circ$  ni tashkil qilgani uchun o'tkazgichning  $l_1$  va  $l_2$  tomonlariga ta'sir qiluvchi Amper kuchlari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$F_1 = IBl_1.$$

Natijaviy kuchni Pifagor teoremasi bo'yicha topamiz:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = IB\sqrt{l_1^2 + l_2^2} = 20 \cdot 10^{-1} \text{ N}.$$



**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 normal maydon yo'nalishi bilan  $60^\circ$  burchakni tashkil qiladi. O'ramdagi tok kuchi 1 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:

$$A = I\Delta F, \quad (1)$$

bu yerda  $\Delta F = F_2 - F_1$  - o'ram  $S = \pi r^2$  yuzasi orqali o'tayotgan magnit maydon oqimining o'zgarishi;  $F_1 = BS \cos \alpha$  - boshlang'ich holatdagi o'ramni kesib o'tuvchi magnit maydon oqimi bo'lib, bu yerda  $\alpha$  -  $n$  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:

$$A \approx 2,46 \cdot 10^{-5} \text{ J}.$$

**7-masala.** Uzunligi 15 sm va diametri 4 sm bo'lgan o'zakli ( $\mu = 1000$ ) solenoid 1 sm uzunlikda 100 o'ramga ega. 1 ms vaqt ichida tok kuchi 10 mA ga o'zgaradi. Zanjirdagi tok tekis o'zgaradi, deb hisoblab, o'zinduksiya EYuKni aniqlang.

Berilgan:  $I = 0,15 \text{ A}$ ;  $D = 0,04 \text{ m}$ ;  $n = 10^4$ ;  $\mu = 1000$ ;  
 $\Delta I = 10^{-2} \text{ A}$ ;  $\Delta t = 10^{-3} \text{ s}$ .

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:

$$L = \mu \mu_0 n^2 l S, \quad S = \frac{\pi D^2}{4},$$

$$L \approx 24 \text{ Gn}, \quad \varepsilon_{o'z} = -240 \text{ V}.$$

**8-masala.** Bir jinsli magnit maydon induksiya chiziqlariga perpendikular ravishda, bir xil potentsiallar farqida tezlatilgan proton va bir zaryadli geliy ioni uchib kiradi. Ion harakatlanayotgan aylana radiusi proton harakatlanayotgan aylana radiusidan necha marta katta?

Berilgan:  $q_1 = q_2 = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ ;  $m_2 = 4m_1$ .

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:

$$e v_1 B = m_1 \frac{v_1^2}{R_1}, \quad (1)$$

$$e v_2 B = m_2 \frac{v_2^2}{R_2}, \quad (2)$$

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:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1}. \quad (3)$$

Ushbu tenglamadagi tezliklar nisbatini topish uchun ular tezlatilgan bir xil potentsiallar farqi orqali ifodalanuvchi tenglamalarni yozamiz:

$$eU = \frac{m_1 v_1^2}{2}, \quad (4)$$

$$eU = \frac{m_2 v_2^2}{2}. \quad (5)$$

(4) va (5) tenglamalardan tezliklar nisbatini topamiz:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}. \quad (6)$$

(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:  $I_1 = 5 \text{ A}$ ;  $I_2 = 15 \text{ A}$ ;  $\Delta t = 0,1 \text{ s}$ ;  $\varepsilon_{o'z} = 15 \text{ V}$ .

Topish kerak:  $L$  - ?

Yechilishi. Solenoiddagi tokning o'zgarishi tufayli vujudga keladigan o'zinduksiya EYuK elektromagnit induksiya qonuniga asosan quyidagiga teng:

$$\varepsilon_{o'z} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (1)$$

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'rinishda yozamiz:

$$|\varepsilon_{o'z}| = L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t}.$$

Bundan,

$$L = \frac{|\varepsilon_{o'z}| \Delta t}{I_2 - I_1} = 0,15 \text{ Gn}.$$

**10-masala.** Uzunligi 0,25 m va o'ramlar soni 500 ta bo'lgan solenoiddan 1 A tok o'tmoqda. Solenoidning ko'ndalang kesimi yuzasi  $15 \text{ sm}^2$  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 bo'ladi:

$$W = \frac{LI^2}{2}, \quad (1)$$

bu yerda  $L$  – solenoid induktivligi bo'lib, u quyidagiga teng:

$$L = \mu\mu_0 n^2 l S, \quad (2)$$

Agar  $n = N/l$  formulani hisobga olsak, (2) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l^2} l S. \quad (3)$$

(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-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Bir-biridan qanday masofada  $1 \mu\text{C}$  va  $10 \text{ nC}$  zaryadlar  $9 \text{ mN}$  kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi?
2. Miqdorlari teng bo'lmagan bir xil ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita bir xil metall sharchani bir-biriga tekkazib, 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  $16 \text{ nC}$  zaryadlar bir-biridan  $7 \text{ mm}$  masofada joylashgan. Kichik zaryaddan  $3 \text{ mm}$  va katta zaryaddan  $4 \text{ mm}$  masofada bo'lgan nuqtaga joylashtirilgan  $2 \text{ nC}$  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  $24 \text{ sm}$  masofada joylashgan har biri  $25 \text{ nC}$  dan bo'lgan ikkita zaryad elektrostatik maydon hosil qiladi. Har qaysi zaryaddan  $15 \text{ sm}$  naridagi nuqtaga joylashtirilgan  $2 \text{ nC}$  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.  $36 \text{ nC}$  zaryadning undan  $9$  va  $18 \text{ sm}$  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'lsa-chi?

8. Izolatsiyalovchi ipga osilgan zaryadlangan metall sharcha gorizontal yo'nalgan bir jinsli maydonga kiritilganda ip vertikal bilan  $45^\circ$  burchak hosil qildi. Sharchadagi zaryadning o'ndan bir qismi yo'qolganda ipning og'ish burchagi qancha kamayadi? Kuchlanganlik chizig'i gorizontal yo'nalgan.

9. Radiusi  $3 \text{ sm}$  bo'lgan metall sharga  $16 \text{ nC}$  zaryad berildi. Zaryadning sirt zichligini va shar markazidan  $2 \text{ sm}$  va  $4 \text{ sm}$  naridagi nuqtada maydon kuchlanganligini toping.

10. Cheksiz uzunlikdagi plastinkada zaryadning sirt zichligi  $354 \text{ nC/m}^2$  bo'lsa, shu plastinkaning maydon kuchlanganligini toping.

11. Moy bilan to'ldirilgan aluminiy idish kuchlanganligi  $75 \text{ kV/m}$  bo'lgan bir jinsli maydonga kiritildi. Moydagi maydon kuchlanganligi qanday? Aluminiy devorda-chi?

12. Suyuq dielektrikda turgan  $4 \text{ nC}$  zaryaddan  $3 \text{ sm}$  masofada maydonning kuchlanganligi  $20 \text{ kV/m}$  ga teng. Dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi qanday?

13. Zaryadlangan shar suv qatlami qoplanib «terladi». Bunda suv qatlami ichida va undan tashqarida maydon kuchlanganligi qanday o'zgargan?

14. Kuchlanganlik chiziqlari gorizontaal yo'nalgan bir jinsli maydondagi ingichka, vaznsiz, uzunligi  $l = 35$  sm bo'lgan cho'zilmaydigan ip uchiga massasi  $m = 15$  g,  $q = 3$  mKl zaryadga ega bo'lgan sharcha osilgan. Agar elektr maydoni kuchlanganligi  $E = 4$  kV/m bo'lsa, sharchaning xususiy tebranishlar davrini toping.

15. Cho'zilmaydigan, vaznsiz, tok o'tkazmaydigan ipga osilgan  $m = 1$  g massali  $q = 1$  mKl zaryadga ega bo'lgan sharcha kuchlanganlik chiziqlari gorizontaal bo'ylab chapdan o'ngga yo'nalgan bir jinsli elektr maydonda joylashgan. Sharcha ip vertikal bilan  $\alpha = 45^\circ$  burchak hosil qiladigan vaziyatgacha chetlatib, qo'yib yuborildi. Sharcha vertikal vaziyatdan o'tayotganda ipning taranglik kuchi  $F_t = 80$  mN bo'lsa, maydon kuchlanganligi  $E$  ni aniqlang.

17. Massasi  $m = 2$  g bo'lib,  $q = 8$  mKl zaryadga ega bo'lgan sharcha uzunligi  $l = 1,2$  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 qilmoqda. Agar kuchlanganligi  $E = 1,4$  kV/m bo'lgan elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari vertikal va yuqoriga yo'nalgan bo'lsa, sharchaning aylanish davri  $T$  ni toping.

18.  $q_1 = 20$  nKl va  $q_2 = -10$  nKl nuyataviy zaryadlar havoda bir-biridan  $r = 10$  sm masofada joylashgan. Birinchi zaryaddan  $r_1 = 8$  sm, ikkinchisidan esa  $r_2 = 7$  sm masofada joylashgan nuqtaning kuchlanganligi  $E$  ni aniqlang.

19. Oralaridagi masofa  $l = 10$  sm bo'lgan,  $q_1 = +90$  nKl va  $q_2 = -90$  nKl zaryadlardan iborat elektr dipol havoda turibdi. a) Dipol o'qida, zaryadlardan biridan  $1/4$  masofada yotgan; b) dipol markazida yotgan; d) zaryadlarning biri orqali dipol o'qiga o'tkazilgan perpendikular, o'qdan  $1/2$  masofada yotgan; e) dipol o'qining o'rtasiga o'tkazilgan perpendikular, o'qdan  $1/2$  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  $l = 5$  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 baja-

radi? Potentsiali  $-100$  V bo'lgan nuqtadan potentsiali  $400$  V bo'lgan nuqtaga ko'chganda-chi?

22. Elektron tezlatuvchi maydonda potentsiali  $200$  V bo'lgan nuqtadan potentsiali  $300$  V bo'lgan nuqtaga ko'chdi. Elektronning kinetik energiyasi, maydon bilan o'zaro ta'sir kintik energiyasining o'zgarishi va elektron olgan tezlikni toping. Elektronning boshlang'ich tezligini 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. Vakuumda bir-biridan  $4,8$  mm masofada gorizontaal 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  $0,5$   $\mu$ F, ikkinchi kondensatorniki  $5000$  pF. Ikkala kondensatorida bir xil zaryad to'plash uchun kondensatorlarga berish lozim bo'ladigan kuchlanishlarni taqqoslang.

27. Agar kondensator  $1,4$  kV kuchlanishgacha zaryadlanganda u  $28$  nC zaryad olsa, shu kondensatorning sig'imi qancha?

28. Kondensatorga  $100$  pF;  $300$  V deb yozib qo'yilgan. Shu kondensatoridan  $50$  nC zaryad to'plash uchun foydalanish mumkinmi?

29. Yassi kondensatorning har qaysi plastinkasining yuzi  $520$   $\text{sm}^2$  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, ulardan har qaysisining yuzi  $50$   $\text{sm}^2$ . Plastinkalar orasida shisha qatlam bor. Maydon kuchlanganligi  $10$  MV/m bo'lganda shisha, ya'ni kondensator «teshilishi» ro'y bersa, ana shu kondensatorida eng ko'pi bilan qancha zaryad to'plash mumkin?

31. Zaryadlangan yassi kondensatorning plastinkalari orasiga dielektrik singdiruvchanligi  $\epsilon$  bo'lgan dielektrik shunday kiritildi ki, 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  $200 \text{ sm}^2$ , ular orasidagi masofa esa  $1 \text{ sm}$ . Agar maydon kuchlanganligi  $500 \text{ kV/m}$  bo'lsa, maydon energiyasi qancha bo'ladi?

33. Zaryadlangan yassi kondensator plastinkalari orasidagi masofa 2 marta kamaytirildi. Bunda maydon energiyasi zichligi va energiyasi necha marta o'zgaradi? a) Kondensator kuchlanish manbayidan uzib qo'yilgan; b) kondensator o'zgaras kuchlanish manbayiga ulangan hollarni qarab chiqing.

34. Sig'imi  $100 \mu\text{F}$  bo'lgan kondensator  $0.5 \text{ s}$  vaqt ichida  $500 \text{ V}$  gacha zaryadlandi. Zaryad tok kuchining o'rtacha qiymati qancha?

35. Tok kuchi  $10 \text{ A}$  bo'lganda kesimi  $5 \text{ mm}^2$  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  $50 \text{ A}$  bo'lganda elektronlarning kesimi  $25 \text{ mm}^2$  bo'lgan mis simdagi batartib harakatlanish tezligini toping.

37. Kesimi  $1,4 \text{ mm}^2$  bo'lgan aluminiy o'tkazgichdagi maydon kuchlanganligini toping. Tok kuchi  $1 \text{ A}$ .

38. Volfram tolali lampani yoqish paytidagi tok kuchi uning ish holatidagi tok kuchidan necha marta katta? Cho'g'lanish temperaturasi  $2400^\circ \text{C}$  ga yaqin.

39. Zanjir ketma-ket ulangan uchta simdan iborat bo'lib,  $24 \text{ V}$  kuchlanishli manbaga ulangan. Birinchi o'tkazgichning qarshiligi  $4 \text{ Om}$ , ikkinchisidiki  $6 \text{ Om}$ , uchinchi o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish  $4 \text{ V}$ . Zanjirdagi tok kuchi, uchinchi o'tkazgichning qarshiligi va birinchi hamda ikkinchi o'tkazgich uchlaridagi kuchlanishlarni toping.

40.  $120 \text{ V}$  kuchlanishga mo'ljallangan qarshiligi  $240 \text{ Om}$  bo'lgan elektr lampani  $220 \text{ V}$  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  $200 \text{ Om}$  qarshilikka ega bo'lib, tok kuchi  $100 \mu\text{A}$  bo'lganda strelka shkalaning oxirigacha og'adi. Asbobdan voltmetr sifatida foydalanish uchun qanday qo'shimcha qarshilik ulash lozim? Bu galvanometrdan  $10 \text{ mA}$  gacha tok kuchini o'lchaydigan milli-ampermetr sifatida foydalanish uchun unga qanday shunt ulash lozim?

TEBRANISHLAR VA TO'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 vaziyatidan siljishi;  $A$  – tebranish amplitudasi;  $\omega$  – sikllik chastota ( $\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu$ );  $T$  – tebranish davri;  $\nu$  – tebranish chastotasi;  $\varphi_0$  – boshlang'ich faza  $\omega t + \varphi_0$  – tebranishning  $t$  vaqtdagi fazasi.

• *Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezligi* siljishidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga tengdir:

$$v = dx/dt = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0),$$

bunda  $v_0$  – tezlikning maksimal (amplituda) ifodasi:

$$v_0 = A\omega = A(2\pi/T) = 2(A\pi\nu).$$

• *Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezlanishi*  $a$  tezlik  $v$  dan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli, siljish  $x$  dan vaqt  $t$  bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga tengdir:

$$a = dv/dx = d^2x/dt^2 = A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = -a_0 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

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, quyidagiga tengdir:

$$k = 4\pi^2 m/T^2.$$

• Tebranayotgan nuqtaning *kinetik energiyasi*:

$$W_k = mv^2/2 = ((2\pi^2 A^2 m)/T^2) \cos^2((2\pi/T)t + \varphi_0).$$

• 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:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g},$$

bunda  $T$  – mayatnikning tebranish davri;  $g$  – erkin tushish tezlanishi.

• Prujinaga osilgan massali jismning tebranish davri quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$T = 2\pi \sqrt{m/k},$$

bunda  $k$  – prujinaning qattqlik koeffitsiyenti bo'lib, uni bir birlikka cho'zish uchun zarur bo'lgan kuchga miqdor jihatdan teng, ya'ni:

$$k = \Delta F/\Delta l.$$

• To'lqinning tarqalish tezligi  $v$  to'lqin uzunligi  $\lambda$ , davri  $T$  (yoki chastotasi  $\nu$ ) o'zaro quyidagi bog'lanishga ega:

$$v = \lambda/T = \lambda\nu.$$

• To'lqin manbayidan  $l$  masofada fazo nuqtasining siljishi, ya'ni yuguruvchi to'lqinning tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(t - l/v) = A \sin(2\pi/T)(t - l/v).$$

- To'liqin manbayidan  $l_1$  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 formuladan aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

bunda  $E$  – bo'ylama elastiklik modeli (Yung modeli);  $\rho$  – muhitning zichligi.

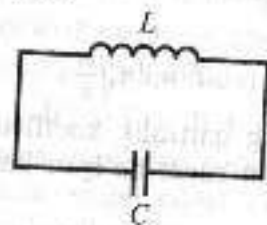
- Ko'ndalang to'liqin elastik muhitda tarqalish tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}},$$

bunda  $G$  – moddaning siljish modeli.

#### 4.2-§. Elektromagnit tebranishlar va to'liqlar

- Kondensator va g'altakdan tashkil topgan elektr zanjirga *tebranish konturi* deyiladi.



- 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 formuladan 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

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

ga teng. Bunda  $C$  – kondensatorning sig'imi;  $L$  – g'altakning induktivligi;  $U_0$  – kondensator qoplamlaridagi maksimal kuchlanish;  $I_0$  – konturdagi tokning maksimal qiymati.

Elektromagnit to'liqinning uzunligi quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu},$$

bunda  $T$  – elektromagnit to'liqinning davri;  $\nu$  – chastotasi;  $c$  – vakuumdagi tarqalish tezligi bo'lib, u  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s ga teng.

- Elektromagnit to'liqinning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi va nisbiy magnit singdiruvchanligi bo'lgan muhitdagi *tarqalish tezligi* quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}},$$

#### MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Massasi 10 g bo'lgan moddiy nuqta  $x = 0,05\sin(0,6t+0,8)$  berilgan. Moddiy nuqtaga ta'sir qiluvchi maksimal kuch va tebrana-yotgan nuqtaning to'liq energiyasi topilsin.

*Berilgan:*  $m = 10$  g = 0,01 kg;  $x = 0,05\sin(0,6t+0,8)$ .

*Topish kerak:*  $F_{\max}$  – ?  $E$  – ?

*Yechilishi.* Garmonik tebranma harakat tenglamasi, ya'ni  $x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$  bilan masala shartida berilgan tenglamani solishtiramiz va quyidagi kattaliklarni aniqlaymiz:

$$A = 0,05 \text{ m}, \quad \omega = 0,6 \text{ rad/s}, \quad \varphi_0 = 0,8 \text{ rad}.$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan:

$$F = ma = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -mA\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0).$$

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  $10^\circ$  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:*  $t - ?$ ;  $A - ?$ ;  $v_{\max} - ?$ ;  $a_{\max} - ?$

*Yechilishi.* Garmonik tebranma harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0). \quad (1)$$

Ushbu tenglamadan  $t$  vaqtni aniqlaymiz:

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi_0\right),$$

$$\frac{x}{A} = \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi_0\right),$$

$$\frac{2\pi t}{T} + \varphi_0 = \arcsin \frac{x}{A},$$

$$t = \frac{(\arcsin \frac{x}{A} - \varphi_0) T}{2\pi}.$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:  $t = 0,5 \text{ s}$ .

Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezligi siljishidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga tengdir:

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0).$$

$\cos(\omega t + \varphi_0) = 1$  deb faraz qilib, maksimal tezlik qiymatini aniqlovchi quyidagi ifodani olamiz:

$$v_{\max} = A\omega = A \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Nuqta tezlanishi quyidagiga teng:

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0).$$

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:

$$a_{\max} = 6,98 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}^2.$$

**3-masala.** Birligi 250 N/m bo'lgan prujinaga osilgan yuk 16 s ichida 20 marta tebranadi. Yukning massasini toping.

*Berilgan:*  $k = 250 \text{ N/m}$ ;  $t = 16 \text{ s}$ ;  $n = 20$  marta.

*Topish kerak:*  $m - ?$

*Yechilishi.* Pujinali 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 davrini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{t}{N} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Bu yerdan yukning massasini topamiz:

$$m = \frac{kx^2}{4\pi^2 N^2} = 4 \text{ kg.}$$

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:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (1)$$

Butun olam tortishish qonuniga asosan  $m$  massali jism Yerga quyidagi kuch bilan tortiladi:

$$F = mg = G \frac{mM}{R^2}, \quad (2)$$

bu yerda  $G$  — gravitatsion doimiy;  $M$  — Yer massasi;  $R$  — Yer markazidan jismgacha bo'lgan masofa. (2) formuladan  $g$  ni topamiz:

$$g = GM \frac{1}{R^2}. \quad (3)$$

(3) ifodani (1) formulaga qo'yamiz va matematik mayatnikning tebranish davrini topamiz:

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

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.

**5-masala.** To'lqin 20 m/s tezlik bilan to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalmoqda. Ushbu to'g'ri chiziqda tebranish manbayidan 12 va 15 m masofada joylashgan ikkita nuqta bir xil 0,1 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 nuqtalarning  $t = 2,2$  s vaqt momentidagi siljishi topilsin.

*Berilgan:*  $v = 20$  m/s;  $l_1 = 12$  m;  $l_2 = 15$  m;  $A = 0,1$  m;  $\Delta\varphi = 135^\circ$ ;  $t = 1,2$  s.

*Topish kerak:*  $\lambda$  — ?  $x_1$  — ?  $x_2$  — ?  $x(t)$  — ?

*Yechilishi.* Yassi to'lqin tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$x = A \sin \omega \left( t - \frac{l}{v} \right).$$

Tebranish manbalaridan  $x_1$  va  $x_2$  masofada joylashgan ikki nuqtaning fazalar ayrimasi bilan to'lqin uzunligi quyidagicha bog'langan:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi(x_2 - x_1)}{\lambda}.$$

Ushbu ifodadan to'lqin uzunligini topamiz:

$$\lambda = \frac{2\pi(x_2 - x_1)}{\Delta\varphi}.$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$\lambda = 8 \text{ m.}$$

To'lqin uzunligi tezligi  $v$  va tebranish davri  $T$  quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = vT.$$

Bundan,

$$T = \frac{\lambda}{v} = 0,4 \text{ s.}$$

Siklik chastota:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \frac{1}{\text{s}}.$$

Ushbu kattaliklarning son qiymatlarini hisobga olib to'liq tenglamasini yozamiz:

$$x = 0,1 \sin 5\pi \left( t - \frac{t}{20} \right).$$

Ushbu tenglama orqali ko'rsatilgan nuqtalarning  $t = 2,2$  s vaqt momentidagi siljishini topamiz:  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0,07$  m.

**6-masala.** Tebranish konturidagi tok kuchi  $I = 0,1 \sin 10^3 \pi(A)$  qonun bo'yicha o'zgaradi. Konturning induktivligi  $0,1$  Gn ga teng. Kondensatordagi kuchlanish qanday qonuniyat bilan o'zgarishini va uning sig'imini toping.

*Berilgan:*  $I = 0,1 \sin 10^3 \pi(A)$ ,  $L = 0,1$  Gn =  $0,1$  Gn.

*Topish kerak:*  $C$  - ?  $U(t)$  - ?

*Yechilishi.* Tebranish konturidagi tok kuchi quyidagi tenglama orqali ifodalanaadi:

$$I = I_0 \sin \omega t.$$

Bu ifodadan kondensator sig'imini topamiz:

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = 10^{-5} F.$$

Kondensatordagi 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:

$$U = -10 \omega \cos 10^3 \pi t.$$

*Javob:*  $U = -10 \omega \cos 10^3 \pi t.$

**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;  $\epsilon = 9$ .  
*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:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} = \frac{\epsilon_0 \pi r^2}{d}. \quad (2)$$

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

$$T = 2\pi \sqrt{L \frac{\epsilon_0 \pi r^2}{d}} = 2r \sqrt{L \frac{\epsilon_0}{d}} \pi.$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$T = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ s.}$$

**8-masala.** Tebranish konturidagi maksimal tok kuchi  $0,2$  A, kondensator qoplamalaridagi maksimal kuchlanish  $40$  V. Agar tebranish konturining tebranish davri  $15,7$  mks bo'lsa, uning energiyasi topilsin.

*Berilgan:*  $I_{\max} = I_0 = 0,2$  A;  $U_{\max} = U_0 = 40$  V;  $T = 15,7$  mks =  $15,7 \cdot 10^{-6}$  s.

*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 munosabatlardan 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:

$$W = \frac{H_0 I_0}{4\pi}$$

Mazkur ifodaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$W = 10^{-5} \text{ J.}$$

Javob:  $10^{-5} \text{ J}$ .

**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:  $E_0 - ?$   $v - ?$

Yechilishi. Elektromagnit to'lqinning  $v$  fazaviy tezligi:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \approx 2,12 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Elektromagnit to'lqindagi elektr va magnit maydon kuchlanganligi bir xil fazada tebranadi va bular uchun quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi:

$$H_0 = \sqrt{\frac{\epsilon\epsilon_0}{\mu\mu_0}} E_0 \approx 0,19 \text{ A/m.}$$

**10-masala.** Tebranish konturining induktivligi 0,5 Gn. Konturining 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:

$$T = \frac{\lambda}{c} \quad (1)$$

Tebranish konturining davri quyidagiga teng:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (2)$$

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

$$\frac{\lambda}{c} = 2\pi\sqrt{LC}$$

Bundan konturning sig'imini aniqlaymiz:

$$C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 L c^2} = 51 \text{ pF.}$$

#### 4.3-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Uzunligi 0,5 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 tezlani-shining proyeksiyalari qanday?

2. Torning so'nmas tebranma harakat qilayotgan nuqtasining amplitudasi 1 mm, chastotasi 1 kHz. Nuqta 0,2 s ichida qancha yo'l o'tadi?

3. Harakat tenglamasi  $x = 0,06\cos 100\pi t$  ko'rinishiga ega. Tebranish 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 s dan keyingi siljishni; 1,25 s dan keyingi siljishni toping. Javoblarni grafik yordamida tushuntiring.

5. Ostankino teleminorasining xususiy tebranish davri 11,4 s, shamol ta'sirida tebranganda kuzatilgan maksimal og'ishi 3,5 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. 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 tekshiring.

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  $30 \text{ m/s}^2$  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.  $400 \text{ g}$  massali yuk birligi  $250 \text{ N/m}$  bo'lgan prujinaga bog'langan holda tebranmoqda. Tebranishlar amplitudasi  $15 \text{ sm}$ . Tebranishlarning to'la mexanik energiyasi va yuk harakatining eng katta tezligini toping.

13. Prujinali mayatnik muvozanat vaziyatdan chiqarib turib qo'yib yuborildi. Qancha vaqtdan keyin (davr ulushlarida) tebralayotgan jismning kinetik energiyasi prujinaning potensial energiyasiga teng bo'ladi?

14. Bola obkashda suvli chelaklarni ko'tarib bormoqda. Xususiy tebranish davri  $1,6 \text{ s}$ . Agar bola qadamining uzunligi  $60 \text{ sm}$  bo'lsa, harakat tezligi qanday bo'lganda chelaklardagi suv juda kuchli chayqalib to'kila boshlaydi?

15. Tebranish konturida sig'imi  $800 \text{ pF}$  bo'lgan kondensator va induktivligi  $2 \text{ }\mu\text{H}$  bo'lgan g'altak bor. Konturning xususiy tebranishlar davri qanday?

16. Agar konturning induktivligini  $0,1$  dan  $10 \text{ }\mu\text{H}$  gacha, sig'imini esa  $50$  dan  $5000 \text{ pF}$  gacha o'zgartirish mumkin bo'lsa, konturdagi xususiy tebranishlar chastotasi diapazoni qanday bo'ladi?

17. Sig'imi  $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$  bo'lgan kondensator  $U = 400 \text{ V}$  kuchlanishgacha zaryadlandi va g'altakka ulandi. Shundan keyin kon-

turda so'nuvchi tebranishlar paydo bo'ldi. Kuchlanish amplitudasi 2 marta kamaygunga qadar konturda qancha miqdorda issiqlik  $Q$  ajraladi?

18. Tebranish konturi sig'imi  $C = 400 \text{ pF}$  bo'lgan kondensatordan va induktivligi  $L = 10 \text{ mH}$  bo'lgan g'altakdan iborat. Agar kuchlanish amplitudasi  $U_m = 500 \text{ V}$  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, EYuKning 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 EYuKning maksimal qiymatlari nimaga teng?

20. Agar yuzi  $500 \text{ sm}^2$  bo'lgan ramka induksiyasi  $0,1 \text{ T}$  bo'lgan bir jinsli maydonda  $20 \text{ s}^{-1}$  chastota bilan aylanganda unda hosil bo'ladigan EYuKning amplituda qiymati  $63 \text{ V}$  bo'lsa, shu ramkaning nechta chulg'ami bor?



OPTIKA

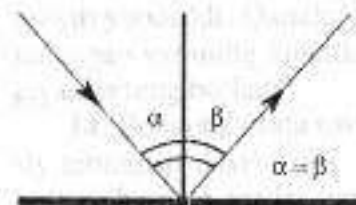
- 5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalari
- 5.2-§. Fotometriya
- 5.3-§. Yorug'lik interferensiyasi
- 5.4-§. Yorug'lik difraksiyasi
- 5.5-§. Yorug'likning qutblanishi
- 5.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalari

• Bir jinsli muhitda yorug'lik nuri to'g'ri chiziqli tarqaladi, ya'ni:

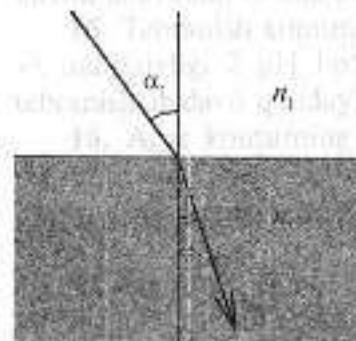
$$S = ct,$$

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  $\alpha$  qaytish burchagi  $\beta$  ga tengdir:

$$\alpha = \beta.$$



• Yorug'likning sinishi nurlar ikki muhit chegarasiga tushganda kuzatiladi va quyidagi ikki qonunga bo'ysunadi:

1. Tushgan va singan nurlar ikki muhit chegarasining (chegara sirtining) nur tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikular 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:

$$F = \pm \frac{R}{2}, \quad D = \frac{1}{F} = \pm \frac{2}{R},$$

bunda «+» ishora yig'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:

$$|F|_{SI} = 1 \text{ m}; \quad |D|_{SI} = |1/F|_{SI} = 1/\text{m} = 1 \text{ dptr}.$$

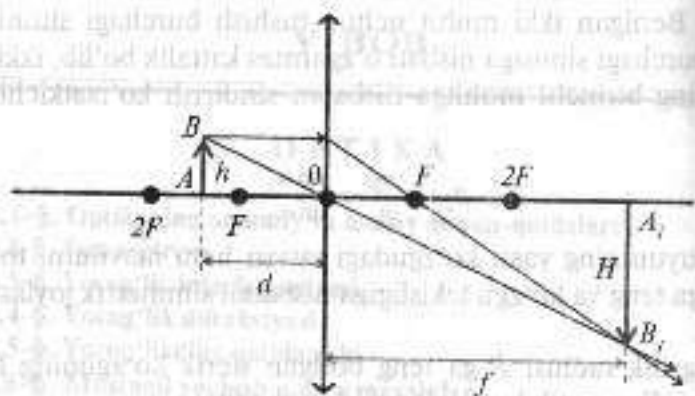
• Buyumdan sferik ko'zguna bo'lgan masofa  $d$  va ko'zguning tasvirigacha bo'lgan masofa  $f$  bo'lsa, ko'zgu fokusini topish formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}.$$

Agar botiq ko'zguda haqiqiy tasvir hosil bo'lsa formulada  $F$ ,  $f$  kattaliklar «musbat» ishora bilan, mavhum tasvirda esa «manfiy» ishora bilan olinadi.

• Ko'zguning chiziqli kattalashtirishi  $K$  tasvir o'lchami  $H$  ning buyumning o'lchami  $h$  ga 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 absolt sindirish ko'rsatkichlari nisbatiga teng:

$$n_{12} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

bunda  $n_1$  va  $n_2$  birinchi va ikkinchi muhitning absolt sindirish ko'rsatkichlari. Agar  $n_{12} > 1$  bo'lsa, ikkinchi muhitning 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:

$$D = 1/F = \pm(n-1)(1/R_1 - 1/R_2)$$

Bunda musbat ( $\ast\ast$ ) ishora yig'uvchi (qavariq) linzaga, manfiy ( $\ast\ast$ ) 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:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Agar yig'uvchi linzada chin tasvir hosil bo'lsa,  $F, f$  kattaliklar musbat ( $\ast\ast$ ) ishora bilan, mavhum tasvir hosil bo'lganda esa manfiy ( $\ast\ast$ ) ishora bilan olinadi. Sochuvchi linzada faqat mavhum tasvir hosil bo'lganligi uchun  $F, f$  kattaliklar manfiy ( $\ast\ast$ ) ishoralar bilan olinadi.

• Linzaning chiziqli kattalashtirishi  $KAB$  tasvirning o'lchami  $H$  ning buyum  $AB$  ning o'lchami  $h$  ga nisbati hamda linzadan tasvirigacha bo'lgan masofa  $f$  ning  $d$  ga nisbatiga teng:

$$K = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

• Lupa ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi ( $L_0 = 25$  sm)dagi buyumni kattalashtirib berishga imkon beradigan yig'uvchi linza bo'lib, uning chiziqli kattalashishi quyidagiga tengdir:

$$K = H/h = L_0/d$$

bunda  $F$  – lupaning fokus masofasi.

• Mikroskopning kattalashtirishi  $K$  obyektivning kattalashtirishi  $K_1 = y/F_1$  ni okular (lupa)ning kattalashtirishi  $K_2 = y/F_2$  ga ko'paytmisiga tengdir, ya'ni:

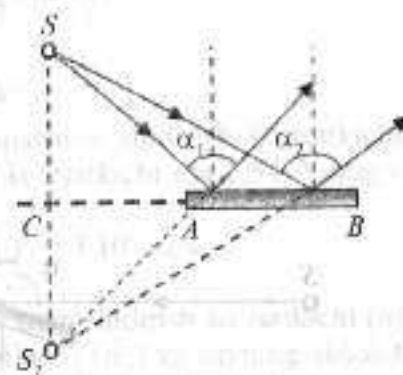
$$K = K_1 \cdot K_2 = (y/F_1) / (L_0/F_2)$$

Bunda  $y$  – mikroskop trubkasining uzunligi;  $F_1$  – obyektivning fokus masofasi;  $L_0$  – ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi;  $F_2$  – okularning fokus masofasi.

## MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Yorug'lik nuqtaviy manbasining yassi ko'zgudagi tasvirini yasang. Tasvir qanday bo'ladi?

**Yechilishi.** Yorug'lik nuqtaviy manbasining yassi ko'zgudagi tasvirini hosil qilish uchun ko'z-guga 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 perpendikular bir tekislikda yotadi. Qaytish burchagi tushish



burchagi  $\alpha$  ga teng. Ushbu qonunga asosan biz tanlagan ikkita nur ko'zguga 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.** Gorizonttal yo'naltirilgan yorug'lik nur vertikal joylashgan ekranga tushadi. Yorug'lik nuri yo'liga uncha katta bo'lmagan ko'zgu joylashtirilganda, ekrandagi yorug' dog' (nuqta)  $h = 5,2$  sm yuqoriga ko'tarilgan. Ko'zgudan ekrangacha bo'lgan masofa  $l = 60$  sm bo'lsa, nurning ko'zguchaga tushish burchagini toping.

*Berilgan:*  $h = 5,2$  sm;  $l = 60$  sm.

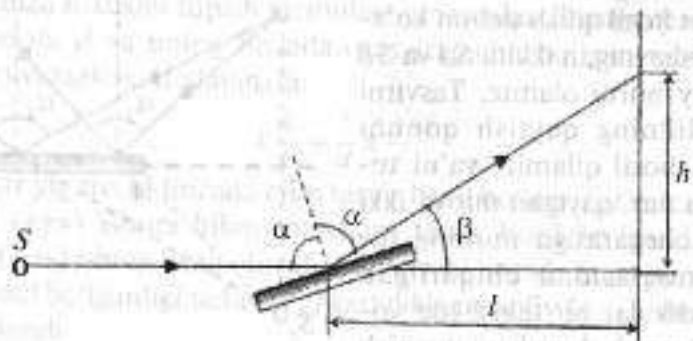
*Topish kerak:*  $\alpha - ?$

*Yechilishi.* Ushbu masala chizma asosida yechiladi. Bu yerdan ko'rinadiki, nurning  $\alpha$  tushish burchagi bilan ko'zguning gorizontga nisbatan  $\beta$  og'ish burchagi quyidagicha bog'langan:

$$\beta = 180^\circ - 2\alpha. \quad (1)$$

Ko'zguning gorizontga nisbatan  $\beta$  og'ish burchagi quyidagicha aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{l} \approx 0,0867. \quad (2)$$



Bundan  $\beta = 5^\circ$ .

(1) va (2) ifodalardan nurning  $\alpha$  tushish burchagini topamiz:

$$\alpha = 87^\circ 30'.$$

**3-masala.** Biror muhitdagi yorug'likning tarqalish tezligi 240000 km/s. Havodan shu muhit sirtiga yorug'lik  $30^\circ$  burchak ostida tushmoqda. Mazkur nurning sinish burchagi aniqlansin.

*Berilgan:*  $v = 240000$  km/s =  $2,4 \cdot 10^8$  m/s;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s;  $\alpha = 30^\circ$ .

*Topish kerak:*  $\beta - ?$

*Yechilishi.* Muhitning havoga nisbatan sindirish ko'rsatkichi:

$$n = \frac{c}{v}. \quad (1)$$

Bunda  $c$  va  $v$  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 kelamiz:

$$\frac{c}{v} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Bundan,

$$\sin \beta = \frac{v}{c} \sin \alpha.$$

Demak,

$$\beta = \arcsin \left( \frac{v}{c} \sin \alpha \right).$$

Hisoblaymiz:

$$\beta = 24^\circ.$$

**4-masala.** Shishaning suvga nisbatan sindirish ko'rsatkichi 1,16. Shishaning absolut 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:*  $v - ?$

*Yechilishi.* Shishaning suvga nisbatan sindirish ko'rsatkichi ( $n$ ) shishaning absolut sindirish ko'rsatkichi ( $n_{sh}$ ) va suvning absolut 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 absolt sindirish ko'rsatkichi yorug'likning vakuumdagi tezligi ( $c$ ) va suvdagi tezligi ( $v$ ) orasida

$$n_c = \frac{c}{v_c}$$

munosabat o'rinni. (1) va (2) ni taqqoslab quyidagi natijaga kelimiz:

$$\frac{n_{sh}}{n_c} = \frac{c}{v_c}$$

Bundan,

$$v_c = \frac{n_c \cdot c}{n_{sh}}$$

Hisoblaymiz:

$$v_c = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

**5-masala.** Shisha-havo sirtidan yorug'lik to'la qaytishining chegaraviy burchagi  $41^\circ$ . Yorug'likning shishada tarqalish tezligi aniqlansin.

*Berilgan:*  $\alpha = 41^\circ$ ;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

*Topish kerak:*  $v$  - ?

*Yechilishi.* To'la qaytish sodir bo'ladigan chegaraviy burchakni quyidagi shart bo'yicha topamiz:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Ikkinchi tomondan,

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v}{c} \quad (2)$$

(1) va (2) formulalardan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\sin \alpha_0 = \frac{v}{c}$$

Bundan yorug'likning tarqalish tezligini topamiz:

$$v = c \cdot \sin \alpha_0$$

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

$$v \approx 2 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

**6-masala.** Shisha va suv ajratilgan chegaradagi yorug'lik to'la qaytishining chegaraviy burchagi topilsin.

*Berilgan:*  $n_1 = 1,5$ ;  $n_2 = 1,33$ .

*Topish kerak:*  $i_0$  - ?

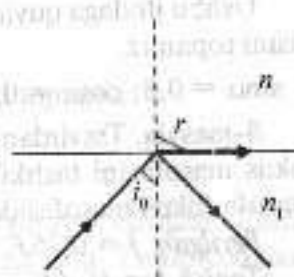
*Yechilishi.* To'la qaytish sodir bo'ladigan chegaraviy burchakni quyidagi shart bo'yicha topamiz:

$$\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

Bundan,

$$\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i_0 = \arcsin \left( \frac{1,33}{1,5} \right) \approx 1,08 \text{ rad.}$$



**7-masala.** Yorug'lik nuri qalindigi 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:*  $b = 2$  sm;  $\sin \alpha = 0,8$ ;  $n = 4/3$ .

*Topish kerak:*  $x$  - ?

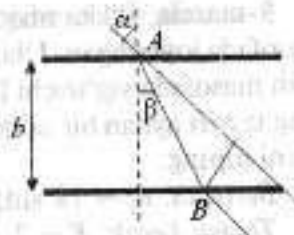
*Yechilishi.* Yorug'likning sinish qonuni

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

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 qiymatlarni 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  $f = 0,75F$  ni 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 manba ning 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:

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$$

$$\frac{1}{d_2} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$$

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 dptrga teng. Fotoplyonkada daraxt poyasining 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.* Obyektiv uchun linza formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D. \quad (1)$$

Obyektivning kattalashirishi 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-§. Fotometriya

• **Yorug'lik oqimi.** Berilgan yorug'lik manbayidan vaqt birligi ichida tarqalayotgan energiya miqdori *yorug'lik oqimi* deyiladi. Yorug'lik oqimi yorug'lik tarqalishi quvvatining kattaligini beradi. Yorug'lik oqimi quyidagi formula bilan aniqlaniladi:

$$F = \frac{W}{t},$$

bu yerda  $W$  – yorug'lik energiyasi;  $t$  – vaqt.

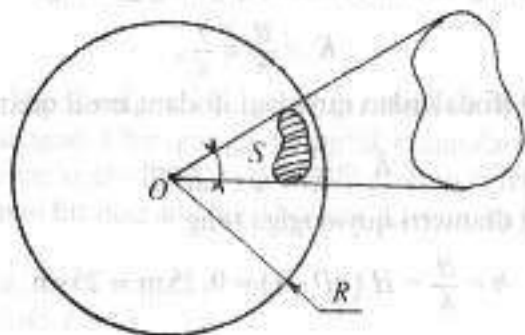
• **Yorug'lik manbayidan vaqt birligi ichida hamma yo'nalishda tarqalayotgan yorug'lik energiyasining miqdori manbaning to'la yorug'lik oqimi** deyiladi va  $F_0$  harfi bilan belgilaniladi.

• **Fazoviy burchak.** Yorug'lik manbayidan har xil yo'nalish bo'ylab tarqaladigan yorug'lik oqimining taqsimlanishini tavsiflash uchun *fazoviy burchak* degan tushunchadan foydalaniladi. Sfera sirtidan yuzasi  $S$  bo'lgan sferik segment ajratib olsak, fazoviy burchak  $\Omega$  ushbu yuzaning sfera radiusi kvadratiga nisbatiga teng bo'ladi:

$$\Omega = \frac{S}{R^2}.$$

Nuqta atrofidagi butun fazoni qamrovchi to'liq fazoviy burchak quyidagicha teng bo'ladi:

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi.$$



• **Yorug'lik kuchi.** Yorug'lik manbayini tavsiflash uchun yorug'lik texnikasida yorug'lik kuchi deb ataladigan kattalik qo'llaniladi. Yorug'lik oqimi  $F$  ning bu oqim tarqaladigan fazoviy burchak  $\Omega$  ga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik *manbaning yorug'lik kuchi* deb ataladi va  $I$  harfi bilan belgilanadi:

$$I = \frac{F}{\Omega}.$$

• **Yoritilganlik.** Biror sirtga tushayotgan yorug'lik oqimi  $F$  ning shu sirt yuzi  $S$  ga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadigan kattalik *yoritilganlik* deb ataladi va  $E$  harfi bilan belgilanadi:

$$E = \frac{F}{S}.$$

• **Yorug'lik kuchi  $I$  bo'lgan nuqtaviy manba atrofi radiusi  $R$  bo'lgan shar yoki sfera bilan o'ralgan bo'lsa,** bu sirtning yoritilganligi quyidagicha bo'ladi:

$$E = \frac{F_0}{S} = \frac{F_0}{4\pi R^2}.$$

• **Agar manbaning yorug'lik kuchi  $I$  bo'lsa,** *to'la yorug'lik oqimi* quyidagicha teng bo'ladi:

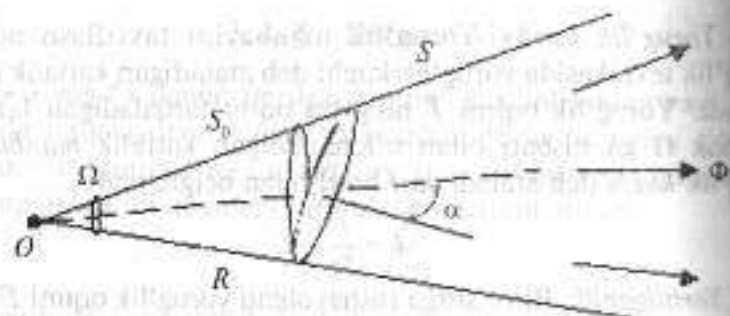
$$F_0 = 4\pi I.$$

• **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 perpendikular joylashgan (rasmga qarang). Ikkinchi maydoncha yuzasi  $S_1$  bo'lib, u ma'lum bir burchak ostida joylashgan. Ikkinchi maydoncha yuzasiga tushirilgan normal bilan yorug'lik oqimining yo'nalishi orasidagi burchak  $\alpha$  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:

$$\frac{E}{E_0} = \frac{S_0}{S} = \cos \alpha, \text{ bundan } E = E_0 \cos \alpha.$$

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 kuchi va burchakning kosinusiga to'g'ri proporsionaldir, manbadan yuzagacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha.$$

### MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Yorug'lik kuchi 200 kd bo'lgan yorug'lik manba-yidan 2 m uzoqlikda joylashgan va yuzasi 10 sm<sup>2</sup> 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 manbasi radiusi  $r$  bo'lgan sferaning markazida joylashgan, deb faraz qilamiz. Biz yoritilganligini aniqlamoqchi bo'lgan  $S$  yuza mazkur sferaning bir qismni tashkil qiladi. U holda sirtning yoritilganligi:

$$E = \frac{I}{r^2}, \quad (1)$$

Sababi,  $\alpha = 0$ .

Yoritilganlik yorug'lik oqimi bilan quyidagicha bog'lagan:

$$E = \frac{F}{S}. \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalarning o'ng tomonlarini tenglashtirib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{I}{r^2} = \frac{F}{S}.$$

Bundan  $F$  ni aniqlaymiz:

$$F = \frac{IS}{r^2} = 0,05 \text{ lm}.$$

**2-masala.** Stol markazidan  $h = 2 \text{ m}$  masofada yorug'lik kuchi  $I = 100 \text{ kd}$  bo'lgan elektr lampochka osilib turibdi. Agar stol aylanasining 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:*  $F_1 - ?$   $E - ?$

*Yechilishi.* Yorug'lik kuchi yo'nalishga bog'liq emas. Stol markazidagi yoritilganlik:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta S}, \quad (1)$$

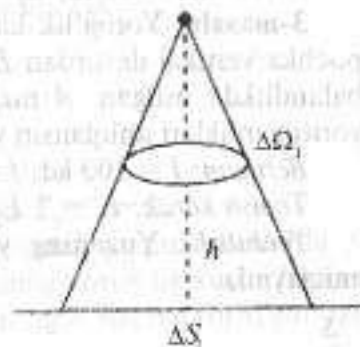
bu yerda  $\Delta S$  stol sirti markazining uncha katta bo'lmagan qismi;  $\Delta F$  — ushbu yuzaga tushayotgan yorug'lik oqimi.

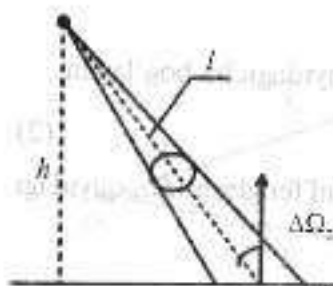
Yorug'lik oqimi  $\Delta F$  bilan  $\Delta \Omega$  nisbati yorug'lik kuchi deb ataladi va  $I$  harfi bilan belgilanadi:

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta \Omega}. \quad (2)$$

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:

$$E = \frac{I \Delta S}{\Delta S_1 h^2} = \frac{I}{h^2} = 25 \text{ lk.}$$

Stol markazida va uning cheklaridagi yoritilganlikni quyidagicha aniqlaymiz:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta S_2} = \frac{I \Delta\Omega}{\Delta S_2}$$

$$\Delta\Omega_2 = \frac{\Delta S_2 \cos i}{l^2} = \frac{\Delta S_2 h}{l^2}$$

$$E = \frac{I \Delta S_2 h}{\Delta S_2 l^2} = I \frac{h}{l^2} = I \frac{h}{(h^2 + b^2)^{3/2}} = 22,8 \text{ lk.}$$

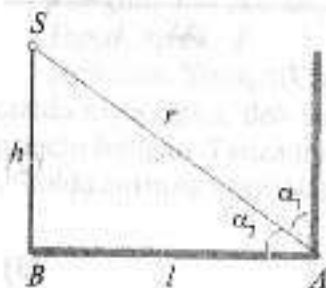
Javobi:  $E = 25 \text{ lk}$ ;  $E_2 = 22,8 \text{ lk}$ .

**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 gorizontaal 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  $r$  — manbadan yoritilganlik aniqlanayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa;  $\alpha$  — 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'yamiz va quyidagini olamiz:

$$E_1 = \frac{Ih}{(h^2 + l^2)\sqrt{h^2 + l^2}} = 0,36 \text{ lk.}$$

$A$  nuqtadagi vertikal devor yoritilganligi:

$$E_2 = \frac{I}{r^2} \cos \alpha_2, \quad (4)$$

bu yerda  $\alpha_2$  — yorug'likning vertikal sirtga tushish burchagi. Rasmdan 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:

$$E_2 = \frac{Il}{(h^2 + l^2)\sqrt{h^2 + l^2}} = 0,72 \text{ lk.}$$

Yoritilganliklarning o'zaro nisbati:

$$\frac{E_2}{E_1} = 2.$$

Javobi:  $E_1 = 0,36 \text{ lk}$ ;  $E_2 = 0,72 \text{ lk}$ ;  $E_2/E_1 = 2$ .

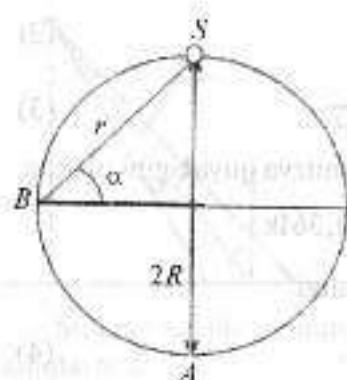
**4-masala.** Rasmda ko'satilgan sharning yuqori nuqtasida  $S$  yorug'lik manbai joylashgan. Manbaning yorug'lik kuchi  $I$ , shar radiusi  $R$ .  $A$ ,  $B$  nuqtalardagi va sharning o'rtacha yoritilganligi topilsin.

Berilgan:  $I$ ,  $R$ .

Topish kerak:  $E_A$ ,  $E_B$ ,  $E_0 = ?$

Yechilishi. Nuqtaning yoritilganligi manba yorug'lik kuchiga quyidagicha bog'langan:

$$E_A = \frac{I}{(2R)^2} = \frac{I}{4R^2}, \quad E_B = \frac{I}{r^2} \cos \alpha.$$



Rasmdan ko'rinadiki,  $r^2 = 2R^2$ ,  
 $\alpha = 45^\circ$ , binobarin,

$$E_B = \frac{I}{2R^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{I}{4R^2} \sqrt{2}.$$

Sharning o'rtacha yoritilganligi:

$$E_0 = \frac{F}{S},$$

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:

$$F = \Omega I = 2\pi I, \quad E_0 = \frac{2\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{2R^2}.$$

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-§. 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'liqinlarining optik yo'llari farqi:

$$\Delta = 2hn \cos \beta + \frac{\lambda}{2},$$

bu yerda  $h$  — plastinka qalinligi;  $\beta$  — sinish burchagi;  $n$  — plastin-kaning sindirish ko'rsatkichi.

Interferensiya paytida yorug'lik to'liqinlari intensivligining maksimumga erishish sharti:

$$\Delta = +k\lambda,$$

bu yerda  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Minimum sharti:

$$\Delta = \pm(2k+1) \frac{\lambda}{2},$$

Nyuton yorug' va qorong'u 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', to'qlariga esa qorong'u halqalarning radiuslari mos keladi, o'tgan yorug'likda buning aksi bo'ladi.

### MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Yung tajribasida to'liqin uzunligi  $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$  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:  $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$  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 ko'ra, biz yo'llar farqining maksimum holatini topamiz. Bunga ko'ra,

$$x_k = k \frac{L\lambda}{d}$$

ifoda orqali aniqlanadi.

$$x_1 = \frac{L\lambda}{d}, \quad x_2 = 2x_1, \quad x_3 = 3x_1$$

ga teng bo'lishini aniqlab olamiz va hisoblash amalini bajaramiz.

U holda birinchi uchta yorug' yo'llar vaziyati

$$x_1 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_2 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_3 = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

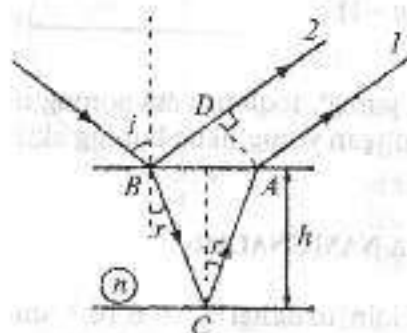
ga teng bo'ladi.

Javob:  $x_1 = 1,8 \cdot 10^{-3}$  m;  $x_2 = 3,6 \cdot 10^{-3}$  m;  $x_3 = 5,4 \cdot 10^{-3}$  m.

**2-masala.** Sovun pufagiga ( $n = 1,33$ )  $45^\circ$  burchak bilan oq yorug'lik tushmoqda. Pufak pardasi qanchalik yupqa bo'lganda qaytgan nurlar sariq rangga ( $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$  sm) bo'yaladi?

Berilgan:  $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$  sm =  $6 \cdot 10^{-7}$  m;  $n = 1,33$ ;  $i = 45^\circ$ .

Topish kerak:  $h - ?$



**Yechilishi.** Bu masalani yechishda yupqa parda interferensiyasining maksimumlik sharti qonunyatidan foydalanamiz. Chizmadan 1 va 2 nurlar yo'llar farqi butun sonndagi

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} + n(AC + BC) - AD = k\lambda,$$

$k$  - butun sonndagi 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'paytiruvchi muhitdagi yonug'lik tezligining  $S$  yo'ldagi shu muhitdagi faza o'zgarishi  $\Delta\varphi$  vakuumdagi  $nS$  yo'ldagi kabi bo'ladi:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi S}{\lambda} = \frac{2\pi n S}{\lambda}$$

Quyidagi ifodadan foydalanamiz.

$$AC - BC = \frac{h}{\cos r}, \quad AD = 2h \sin i \cdot \operatorname{tgr}$$

Xuddi shunday sinish qonunini qo'llab, quyidagi tenglikka ega bo'lamiz:

$$\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2 i}.$$

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  $h = 0,13 \cdot 10^{-6}$  m ni hisoblab topamiz.

Bu masalaning yechimidan quyidagi fikr kelib chiqadi: yupqa pardaning qalinligi hamda nurning tushish burchagining o'zgarishi bilan qaytgan nurlar rangi ham o'zgarishi mumkin ekan.

Javob:  $h = 0,13 \cdot 10^{-6}$  m.

**3-masala.** Uzunligi  $l = 1,2$  mm bo'lgan yo'lga tebranish chastotasi  $\nu = 5 \cdot 10^{14}$  Hz bo'lgan monoxromatik yorug'likning nechta to'lqin uzunligi joylashadi: 1) vakuumda; 2) shishada?

Berilgan:  $l = 1,2$  mm;  $\nu = 5 \cdot 10^{14}$  Hz.

Topish kerak:  $N_1, N_2 - ?$

Yechilishi.

$$L = \lambda N, \quad L = l \cdot n, \quad \lambda N = l \cdot n,$$

$$N = \frac{l \cdot n}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{c}{\nu},$$

$$N_1 = \frac{l \cdot n_1 \cdot \nu}{c} = 2 \cdot 10^3, \quad N_2 = \frac{l \cdot n_2 \cdot \nu}{c} = 3 \cdot 10^3.$$

Javob:  $N_1 = 2 \cdot 10^3$ ;  $N_2 = 3 \cdot 10^3$ .

**4-masala.** Monoxromatik yorug'likning interferensiyalanuvchi ikkita to'lqini orasidagi optik yo'l farqi  $\Delta = 0,3\lambda$ ; fazalar farqi  $\Delta\varphi$  aniqlansin.

Berilgan:  $\Delta = 0,3\lambda$ .

Topish kerak:  $\Delta\varphi - ?$

Yechilishi.

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} = 0,6\pi.$$

Javob:  $\Delta\varphi = 0,6\pi$ .

**5-masala.** Yung tajribasida tirqishlar orasidagi masofa  $d = 0,8$  mm to'lqin uzunli  $\lambda = 640$  nm. Interferension yo'llarning kengligi  $b = 2$  mm bo'lishi uchun ekranni tirqishdan qanday  $l$  masofada joylashtirish kerak?

Berilgan:  $d = 0,8$  mm =  $0,8 \cdot 10^{-3}$  m;  $\lambda = 640$  nm =  $64 \cdot 10^{-8}$  m;  $b = 2 \cdot 10^{-3}$  m

Topish kerak:  $l - ?$

*Yechilishi.*

$$l = \frac{b \cdot d}{\lambda} = 2,5 \text{ m.}$$

*Javob:*  $l = 2,5 \text{ m.}$

#### 5.4-§. 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  $a$  — nuqtaviy yorug'lik manbayidan doiraviy tirqishli diafragmagacha bo'lgan masofa;  $b$  — difraksiyon manzara kuzatilayotgan ekrandan diafragmagacha bo'lgan masofa;  $k$  — Frenel zonasining nomeri.

Difraksiyon panjaraga nurlar normal tushganda kuzatiladigan Fraunhofer difraksiyasida intensivlikning bosh maksimumlari hosil bo'lishi sharti:

$$d \sin \phi = \pm k \lambda,$$

bu yerda  $d$  — panjara doimiysi;  $k$  — bosh maksimum nomeri;  $\phi$  — difraksiya burchagi.

Difraksiyon panjaraning burchak dispersiyasi:

$$D_r = \frac{\delta \phi}{\delta \lambda} = \frac{k}{d \cos \phi},$$

bu yerda  $\delta \phi$  — to'lqin uzunligi bo'yicha  $\delta \lambda$  ga farq qiladigan spektral chiziqlar orasidagi burchakli masofa.

Difraksiyon panjaraning chiziqli dispersiyasi:

$$D_l = \frac{\delta l}{\delta \lambda},$$

bu yerda  $\delta l$  — to'lqin uzunligi bo'yicha  $\delta \lambda$  ga farq qiladigan spektral chiziqlar orasidagi chiziqli masofa.

Kichik difraksiya burchaklari uchun:

$$D_l \approx F D_r,$$

Teleskop obyektivining ajratish kuchi:

$$R = \frac{D}{1,22 \lambda},$$

bu yerda  $D$  — obyektiv kirish tirqishining diametri.

Bulf-Bregg formulasi:

$$2d \sin \psi = k \lambda,$$

bu yerda  $d$  — kristallning atom tekisliklari orasidagi masofa;  $\psi$  — sirpanish burchagi;  $k$  — spektr tartibi.

#### MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.**  $d = 4 \text{ mm}$  diametrlı dumaloq tirqishli diafragmaga 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 nechta Frenel zonası 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.*

$$d = 2 \cdot \rho,$$

$$\rho^2 = b \cdot k \cdot \lambda,$$

$$k = \frac{d^2}{b \cdot \lambda} = 8.$$

*Javob:*  $k = 8$ .

**2-masala.** Yassi yorug'lik to'lqini ( $\lambda = 0,5 \text{ mkm}$ )  $d = 1 \text{ sm}$  diametrlı dumaloq tirqishli diafragmaga 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.*

$$d = 2 \cdot \rho,$$

$$\rho^2 = b \cdot k \cdot \lambda,$$

$$b = \frac{\rho^2}{k \cdot \lambda} = \frac{d^2}{4k \cdot \lambda}.$$

$$1) k = 1, b_1 = \frac{d^2}{4 \cdot \lambda} = 50 \text{ m};$$

$$2) k = 2, b_2 = \frac{d^2}{8 \cdot \lambda} = 25 \text{ m}.$$

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  $\varphi$  aniqlansin.

Berilgan:  $a = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \lambda = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$

Topish kerak:  $\varphi - ?$

Yechilishi,

$$a \cdot \sin \phi = k \cdot \lambda,$$

$$\phi = \arcsin \frac{k \cdot \lambda}{a} = 2^\circ 45'.$$

Javob:  $\lambda = 2^\circ 45'.$

**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 nechtasiga teng?

Berilgan:  $\varphi = 1^\circ.$

Topish kerak:  $N - ?$

Yechilishi,

$$a \cdot \sin \phi = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, k = 2,$$

$$a \cdot \sin \phi = \frac{5}{2} \cdot \lambda, a = \frac{5 \cdot \lambda}{2 \cdot \sin \phi} = 143 \lambda, N = 143.$$

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 nechtadan shtrix bor?

Berilgan:  $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \varphi = 18^\circ.$

Topish kerak:  $N - ?$

Yechilishi:

$$d \cdot \sin \phi = k \cdot \lambda, k = 5,$$

$$d = \frac{l}{N}, \frac{l}{N} \cdot \sin \phi = k \cdot \lambda, N = \frac{l \cdot \sin \phi}{k \cdot \lambda} = 103.$$

Javob:  $N = 103.$

### 5.5-§. Yorug'likning qutblanishi

Tabiiy yorug'lik dielektrikdan qaytganida Frenel formulalari o'rinni bo'ladi:

$$I_{\perp} = 0,5 I_0 \left[ \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right]^2,$$

$$I_{\parallel} = 0,5 I_0 \left[ \frac{\text{tg}(\alpha - \beta)}{\text{tg}(\alpha + \beta)} \right]^2,$$

bu yerda  $I_0$  — tushayotgan tabiiy yorug'lik intensivligi;  $I_{\perp}$  — yorug'lik to'lqini kuchlanganligi vektori  $E$  ning tebranishlari tushish tekisligiga perpendikular bo'lgan qaytgan yorug'lik intensivligi;  $I_{\parallel}$  — yorug'lik to'lqini kuchlanganligi vektori  $E$  ning tebranishlari tushish tekisligiga parallel bo'lgan qaytgan yorug'lik intensivligi;  $\alpha$  — tushish burchagi;  $\beta$  — sinish burchagi.

Berilgan sirtning qaytarish koeffitsiyenti:

$$R = \frac{(n - n_0)^2}{(n + n_0)^2},$$

bu yerda  $n_0$  — yorug'lik tarqalayotgan muhitning sindirish ko'rsatkichi;  $n$  — sirtidan yorug'lik qaytayotgan muhitning sindirish ko'rsatkichi.

Yorug'lik dielektrikdan qaytganda qaytgan nurning to'la qutblanish sharti (Bryuster qonuni):

$$\text{tg} \alpha_B = n,$$

bu yerda  $\alpha_B$  — nurning tushish burchagi;  $n$  — nisbiy sindirish ko'rsatkichi.

Polarizator (qutblagich) va analizatoridan o'tgan yorug'likning intensivligi (Malyus qonuni):

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

bu yerda  $\varphi$  — polarizator (qutblagich) va analizatorlar bosh tekisliklari orasidagi burchak;  $I_0$  — polarizator (qutblagich)dan o'tgan yorug'lik intensivligi.

Qutblanish tekisligining burilish burchagi  $\varphi = \alpha l$ , bu yerda  $\alpha$  — moddaning tabiatiga va yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgan burilish doimiysi;  $l$  — yorug'likning modda ichida o'tgan yo'li.

Eritmalar uchun  $\varphi = \alpha' l S$ , bu yerda  $S$  — moddaning eritmada konsentratsiyasi;  $\alpha'$  — solishtirma burilish.

### MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Suvda tarqalayotgan tabiiy yorug'lik dastasi suvga botirilgan yoqutning yuzasidan qaytadi. Tushish burchagi  $\varepsilon_B$  ning qanday qiymatida qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'ladi?

Berilgan:  $n_{\text{suvi}} = 1,33$ .

Topish kerak:  $\varepsilon_B$  — ?

Yechilishi.

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = \frac{n_2}{n_1}, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1} = 61^\circ 12'.$$

Javob:  $\varepsilon_B = 61^\circ 1'$ .

**2-masala.** Yorug'lik dastasining suyuqlik bilan havo chegarasidagi to'la qaytgan chegaraviy burchagi  $\varepsilon_B = 43^\circ$ . Nurning havodan shu suyuqlik sirtiga tushishi uchun Bryuster burchagi  $\varepsilon_B$  qanday bo'lishi lozimligi aniqlansin.

Berilgan:  $\varepsilon_B = 43^\circ$ .

Topish kerak:  $\varepsilon_B$  — ?

Yechilishi.

$$\sin \varepsilon_B = \frac{1}{n}, \quad n = \frac{1}{\sin \varepsilon_B}$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n = \frac{1}{\sin \varepsilon_1}, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} \frac{1}{\sin \varepsilon_1} = 55^\circ 45'.$$

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  $\gamma$  burchak topilsin.

Berilgan:  $n = 1,54$ .

Topish kerak:  $\gamma$  — ?

Yechilishi.

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} n,$$

$$\frac{\sin \varepsilon_B}{\sin \beta} = n, \quad \sin \beta = \frac{\sin \varepsilon_B}{n},$$

$$\beta = \arcsin \frac{\sin \varepsilon_B}{n},$$

$$\gamma = 180^\circ + \beta - \varepsilon_B = 156^\circ.$$

Javob:  $\gamma = 156^\circ$ .

**4-masala.** Tabiiy yorug'lik dastasi suvda turgan shisha sharga tushadi.  $A$  nuqtadagi qaytayotgan va tushayotgan dastalar orasidagi  $\varphi$  burchak topilsin. Shishaning sindirish ko'rsatkichini  $n = 1,58$  deb qabul qilinsin.

Berilgan:  $n = 1,58$ .

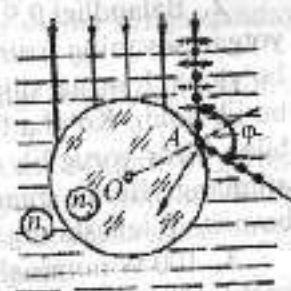
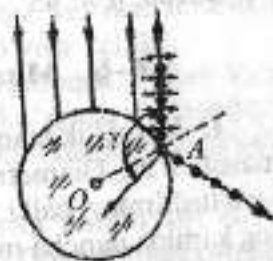
Topish kerak:  $\varphi$  — ?

Yechilishi.

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \varphi = 2 \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1} = 100^\circ.$$

Javob:  $\varphi = 100^\circ$ .

**5-masala.** Analizator qutblagichdan kelayotgan yorug'lik intensivligini  $k = 2$  marta kamaytiradi. Qutblagich va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi  $\alpha$  burchak aniqlansin. Analizatorlarda yorug'lik intensivligining yo'qotilishi hisobga olinmasin.



Berilgan:  $k = 2$ .

Topish kerak:  $\alpha = ?$

Yechilishi.

$$I = I_0 \cos^2 \alpha, \quad k = \frac{I_0}{I} = 2, \quad \frac{I_0}{I} = \cos^2 \alpha.$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2}, \quad \alpha = \arccos \sqrt{\frac{1}{2}} = 45^\circ.$$

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

### 5.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Yorug'lik manbayining 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 manbayi va ko'ptok markazlari orqali o'tuvchi to'g'ri chiziq ekran tekisligiga perpendikular.
2. Balandligi 0,9 m bo'lib, vertikal qo'yilgan tayoqdan tushayotgan soyaning uzunligi 1,2 m. Tayoq fonardan soya yo'nalishi bo'yicha 1 m ga siljirilganda soyaning uzunligi 1,5 m ga teng bo'lib qoldi. Ko'cha fonari qanday balandlikka osilgan? Shu usul bilan biror yorug'lik manbayi 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, Yupiter-gacha esa 780 Gm. Quyosh zenitda turganda planetalarning gorizontal sirtlarining yoritilganligi bir-biridan necha marta farq qiladi?
5. Erta tongda Quyoshning gorizontaldan balandligi  $5^\circ$ , peshinda  $50^\circ$  bo'ldi. Bunda gorizontal joylashgan maydonchanning yoritilganligi necha marta o'zgardi?

6. Yuzaning yoritilganligi nurlar yuzaga perpendikular tushayotganidagi yoritilganlikka qaraganda 2 marta kamayishi uchun qanday burchakka og'dirish lozim?

7. Yorug'lik kuchi 50 cd bo'lgan lampa stol o'rtasidan 1,2 m balandda turibdi. Stolning o'lchamlari  $1 \times 2$  m. Stolning qaysi nuqtalarida yoritilganlik eng katta, qaysi nuqtalarida eng kichik? Qanday 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'z-gudani uzoqlashgani sari uning tanasining ko'zguda ko'rinadigan qismini kattaligi qanday o'zgaradi? Javobni chizma chizib tushuntiring va tajribada tekshirib ko'ring.

10. Suv ostida turgan g'avvosga quyosh nurlari suv sirtiga  $60^\circ$  burchak ostida tushayotgandek tuyuladi. Quyoshning gorizontal burchak balandligi qanday?

11. Nur suv sirtiga  $40^\circ$  burchak ostida tushmoqda. Sinish burchagi xuddi shunday bo'lishi uchun nur shisha sirtiga qanday burchak ostida tushishi lozim?

12. Nurning suv sirtiga tushish burchagi sinish burchagidan  $10^\circ$  katta. Tushish burchagini toping.

13. Bola suv ostida 40 sm chuqurlikda yotgan buyumga tayoqni tekkazishga harakat qilmoqda. Agar bola aniq mo'ljalga olib, tayoqni suv sirtida  $45^\circ$  burchak ostida harakatlantirsa, tayoq buyumdan qancha masofada suv tubiga tegadi?

14. Chuqurligi 2 m bo'lgan hovuz tubiga qoziq qoqilgan. Qoziq suvdan 0,5 m chiqib turibdi. Nurlar  $30^\circ$  burchak ostida tushganda hovuz tubiga qoziqdan tushayotgan soyaning uzunligini toping.

15. Agar yorug'lik nuri shisha plastinka sirtiga havoda  $45^\circ$  burchak ostida tushsa, nurning havoda sinish burchagi qanday bo'ladi? Suvda qanday bo'ladi? Uglerod sulfidida qanday bo'ladi?

16. Sindirish burchagi  $60^\circ$  bo'lgan to'g'ri burchakli uchburchak shaklidagi shisha prizma  $50^\circ$  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 linzani-*chi*?
18. Optik kuchi 10 D (dptr) ga teng bo'lgan yig'uvchi linzadan 12,5 sm masofada shah 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. Ekranla 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 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 perpendikular.
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 dptrga teng bo'lsa, chap linzaning optik kuchi qanday?
25. Uzoqni ko'radigan ko'z bosma matnni kamida 50 sm masofada yaxshi ajratadi. Shu matnni o'qish uchun optik kuchi qanday bo'lgan linzadan ko'zoynak tayyorlash lozim? Ko'z-linza sistemasining optik kuchini ko'z bilan linzaning optik kuchlari yig'indisiga teng deb hisoblang.

26. Ikki kogerent yorug'lik manbalari ( $\alpha = 0,5$  mkm) orasidagi masofa 0,1 mm. Interferension manzaraning o'rtta qismida interferension maksimumlar orasidagi masofa 1 sm ga teng bo'lgan. Manbalardan ekrangacha bo'lgan masofani toping.

27. Frenel biprizmasiga manbadan yorug'lik ( $\alpha = 500$  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 interferension maksimumlar orasidagi masofani toping. Prizmaning sindirish burchagi  $2 \cdot 10^{-3}$  rad, uning sindirish ko'rsatkichi  $n = 1,5$ .

28. Agar manbadan tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi  $\lambda$  bo'lsa, sindirish ko'rsatkichi  $n$  va sindirish burchagi  $\varphi$  bo'lgan biprizma hosil qilgan interferension yo'llar soni  $N$  ni toping. Yorug'lik manbayidan biprizmagacha bo'lgan masofa  $a$ , biprizmadan ekrangacha esa  $b$ .

29. Ekrandagi interferensiya maksimumlari orasidagi masofa  $x = 1$  mm, ko'zgular kesishish chizig'idan ekrangacha bo'lgan masofa 1 m, manbagacha esa  $r = 10$  sm bo'lsa, Frenel ko'zgulari orasidagi  $\alpha$  burchakni toping. Monoxromatik yorug'lik to'lqin uzunligi  $\lambda = 0,486$  mkm. Interferensiyalanuvchi nurlar ekranga normal tushadi.

30. Bir-biridan  $d = 2,5$  mm masofada ikkita ensiz tirqish joylashgan diafragma monoxromatik yorug'lik normal tushadi. Interferension manzara diafragmadan  $l = 100$  sm masofada joylashgan ekranda hosil bo'ladi. Agar tirqishlardan birining sindirish ko'rsatkichi  $n = 1,5$  bo'lgan  $h = 1$  mkm qalinlikdagi shisha plastinka bilan to'silsa, interferension yo'llar qaysi tomonga va qanday masofaga siljiydi?

31. Ikki kogerent yorug'lik ( $\lambda = 480$  nm) ekranda interferension manzara hosil qiladi. Nurlardan birining yo'lga yupqa kvarts plastinkasi ( $n = 1,16$ ) joylashtirilganda interferension 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  $\lambda = 600$  nm bo'lgan tarqoq yorug'lik bilan yoritiladi. Pardaning minimal qalinligi qanday bo'lganda interferension yo'llar yo'qoladi?

33. Sirtga o'tkazilgan normalga nisbatan  $60^\circ$  burchak ostida kuzatganda qaytgan yorug'lik spektrida to'lqin uzunligi  $\lambda = 0,589$  mkm bo'lgan ancha kuchaygan sariq chiziq ko'rinsa, suv yuzasidagi moy qatlamining qalinligi qanchaga teng bo'ladi?

34. To'lqin uzunligi 450 nm bo'lgan nur perpendikular tushganda qaytgan yorug'likda yupqa ponasimon plastinkada bir-biridan 1,5 mm masofada bo'lgan qorong'u interferensiyon yo'llar kuzatildi. Agar plastinkaning sindirish ko'rsatkichi 1,5 bo'lsa, plastinka yoqlari orasidagi burchagini toping.

35. To'lqin uzunligi  $\lambda = 500$  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  $r = 1$  mm bo'lgan doiraviy tirqishli diafragma oldiga nuqtaviy yorug'lik manbai ( $\lambda = 0,50$  mkm) joylashtirildi. Tirqishdagi Frenel zonalar soni  $p = 4$  bo'ladigan kuzatish nuqtasidan diafragramagacha bo'lgan  $b$  masofani toping. Yorug'lik manbaidan diafragramagacha bo'lgan masofa  $a = 1$  m.

37. Yassi to'lqin fronti uchun to'rtinchi Frenel zonasining radiusi  $r = 3$  mm. Shu kuzatish nuqtasi uchun o'n ikkinchi zonaning radiusini toping.

38. To'lqin uzunligi  $\lambda$  bo'lgan yassi to'lqin eni  $a$  bo'lgan tirqishga unga o'tkazilgan normal bilan  $\alpha$  burchak hosil qiladigan yo'nalishda tushayotgan bo'lsa, Fraunhofer difraksiyasidagi minimumlar o'rnini belgilaydigan  $\phi$  burchaklarni toping.

39. Eni  $a = 0,1$  mm bo'lgan tirqishga monoxromatik yorug'lik ( $\lambda = 500$  nm) normal tushmoqda. Difraksiyon manzara optik kuchi  $D = 5$  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  $8^\circ$  bo'lsa, panjaraga normal tushayotgan monoxromatik yorug'likning uzunligini toping.

41. Difraksiyon panjaraning 1 mm uzunligida 500 ta chiziq joylashgan. Yorug'lik panjaraga  $30^\circ$  burchak ostida tushganda bu panjara yordamida natriy spektrining ( $\lambda = 590$  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 1 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? Spektreni ekranga proyeksiyalaydigan linzaning fokus masofasi 60 sm. Nurlar panjaraga tik tushadi.

45. Difraksiyon panjara doimiysi 4 mkm. Difraksiyon 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  $42^\circ$  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 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  $35^\circ$  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'tkazarkan. 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 marta susaytiradi. Qutblagich (polarizator) 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  $60^\circ$  bo'lgan qutblagich va analizatoridan o'tadi. Analizatoridan boshlang'ich yorug'lik oqimining qancha qismi chiqadi?

54. Bosh tekisliklari orasidagi burchak  $63^\circ$  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  $45^\circ$  ga burilganda yorug'lik intensivligi 1,5 marta kamaydi. Tushayotgan yorug'likdagi tabiiy va qutblangan qismlarning intensivliklari nisbatini toping.

## KVANT MEXANIKASI, 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

$$E = h\omega, \quad (2)$$

bunda  $h$  va  $\hbar$  – Plank doimiysi.

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

bunda  $\omega$  – nurlanish siklik chastotasi;  $\nu$ ,  $\lambda$  – nurlanishning chastotasi va o'lqin uzunligi.

- Foton impulsi:

$$P_\phi = m_\phi c = \frac{h}{\lambda} \quad (3)$$

- Foton massasi:

$$m_\phi = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{c\lambda} \quad (4)$$

• Qaytarish koeffitsiyenti  $\rho$  bo'lgan sirtga normal tushayotgan yorug'lik bosimi:

$$\rho = \frac{E_g}{c} (1 + \rho), \quad (5)$$

bunda  $E_g$  – sirt birligiga vaqt birligi ichida tushayotgan energiya miqdori bilan o'lanadigan kattalik, energetik yoritilganlik.

• Rentgen nurlar spektri qisqa to'lqin chegarasi  $\lambda_{\min}$

$$\lambda_{\min} = \frac{2\pi\hbar c}{eU}, \quad (6)$$

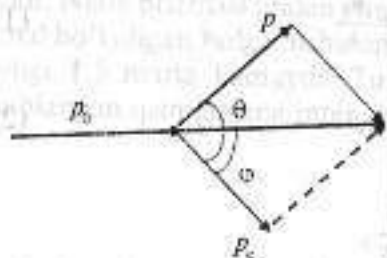
bu yerda  $e$  – elektron zaryadi;  $U$  – rentgen trubkasiga qo'yilgan potentsiallar farqi;  $\hbar$  – Plank doimiysi.

• 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 uzunligi o'zgarishi (rasm):



$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\theta), \quad (8)$$

bunda  $\theta$  – sochilish burchagi;  $\theta_c = h/(m_0c)$  – Kompton to'lqin uzunligi ( $\theta_c = 0,00242$  nm). Kompton effekti quyidagi ko'rinishda ham yoziladi:

$$\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0c} \sin^2 \frac{\theta}{2}. \quad (9)$$

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  $E_0 = m_0c^2 = 0,511$  MeV, uni klassik zarracha deb hisoblash mumkin.

Bu munosabatni quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\lambda \gg \lambda_c, \quad (10)$$

bu yerda  $\lambda$  – metall sirtiga tushayotgan nurlanishning to'lqin uzunligi;  $\lambda_c$  – Kompton to'lqin uzunligi. Kompton to'lqin uzunligi (10) shart bajarilsa, elektron klassik zarracha deb hisoblanadi va unga quyidagi formula mos keladi:

$$T = \frac{m_0v^2}{2}. \quad (11)$$

Agar ushbu shart bajarilmasa, unda kinetik energiyani hisoblashda quyidagi relativistik 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'lqin uzunligining qiymati ( $\lambda_c = 0,0242$  E) o'ta qisqa rentgen nurlanishiga, shuningdek,  $\gamma$ -nurlanishga ham mos keladi. Agar fotoeffekt ko'rinadigan to'lqinlarda yoki ultrabinafsha nurlar ta'sirida yuz bersa, unda elektronning kinetik energiyasini hisoblashda (11) formuladan foydalanish mumkin.

### MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**I-masala.** To'lqin uzunligi  $\lambda = 300$  nm ga teng bo'lgan yorug'lik oqimi  $n = 5 \cdot 10^4$  ta yorug'lik fotonidan tashkil topgan va ular fotosezgir qatlamga kelib tushmoqda. Fotosezgir qatlamning sezgirligi  $k = 4,5$  mA/Vt. Ushbu yorug'lik impulsi ta'sirida ajralib chiqqan fotoelektronlar soni topilsin.

**Yechilishi.** Fotoelement sezgirligi deb, quyidagi kattalikka aytiladi:

$$k = \frac{J_e}{P}, \quad (1)$$

bu yerda  $J_e$  – foton;  $R$  – yorug'lik oqimining quvvati.  $n$  ta kvantdan iborat bo'lgan yorug'lik impulsi energiyasi

$$E = nh\nu = n\hbar 2\pi \frac{c}{\lambda}. \quad (2)$$

Ushbu impulsning fotokatod bergan quvvati:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nh2\pi c}{t}, \quad (3)$$

bu yerda  $t$  — nurlanish vaqti.

Yorug'lik impulsi katoddan ajratib chiqargan elektronlar zaryadi:

$$q = eN.$$

Bu zaryad quyidagi tokni hosil qiladi:

$$J_e = \frac{Ne}{t}, \quad (4)$$

bu yerda  $t$  — nurlanish vaqti;  $e$  — elektron zaryadi.

(3) va (4) dan fotoelement sezgirligini aniqlaymiz, ya'ni

$$k = \frac{NeIt}{nhc2\pi} = \frac{NeI}{nh2\pi c}.$$

Bundan,

$$N = \frac{knh2\pi c}{eI}.$$

Bu formulaga kattaliklar son qiymatlarini qo'ysak:

$$N = 930.$$

**2-masala.** Quyosh nurining quyidagi hollardagi bosimi hisob-lansin: a) Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofada joylashgan qora jism sirtiga; b) hamma nurlarni qaytaruvchi jism sirtiga; d) ener-giyaning 4% qaytaruvchi va 6% yutuvchi shisha sirtiga. Hamma hollarda nurning tushish burchagi nolga teng va Quyosh radiatsiya-sining intensivligi  $I_0 = 1,35 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

*Yechilishi.* Qaytarish koeffitsiyenti  $\rho$  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) 
$$p_b = 2 \frac{I_0}{c};$$

d) Shisha sirtga bosimni 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;  $p_2$  — yutilgan yorug'lik bosimi.

$$p_1 = 2 \frac{I_1}{c}, \quad I_1 = 4 \cdot 10^{-2} I_0$$

va

$$p_2 = \frac{I^2}{c}, \quad I_2 = 6 \cdot 10^{-2} I_0$$

Bu kattaliklarni formulaga qo'yamiz va hisoblashlarni baje-ramiz:

$$p_3 = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}^2$$

yoki

$$p_3 = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ Pa}.$$

**3-masala.** Rentgen trubkasidagi kuchlanish 2 marta oshgan-dan keyin uzluksiz rentgen spektrining qisqa to'lqin chegarasining to'lqin uzunligi 0,50 Å 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 spektri-ning qisqa to'lqin chegarasi mavjudligi nurlanishning kvant xusu-siyatidan kelib chiqadi. Haqiqatan ham, antikatodga yetib borgan elektron elektr maydonining zarracha ustida bajargan ishiga son jihatdan teng bo'lgan kinetik energiyaga ega bo'ladi, ya'ni:

$$T = eU, \quad (1)$$

bu yerda  $e$  — elektron zaryadi. Elektron antikatod (anod) bilan to'qnashganda 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

$$T = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}. \quad (2)$$

(1) va (2) dan

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU},$$

masala shartidan

$$\lambda'_{\min} = \frac{hc}{eU_1}, \quad (3)$$

$$\lambda''_{\min} = \frac{hc}{eU_2}. \quad (4)$$

(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 sirti to'lqin uzunligi  $l = 350 \text{ nm}$  bo'lgan yorug'lik nuri bilan nurlantiriladi. To'lqin uzunligini  $50 \text{ nm}$  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 Eynshteyn tenglamasi:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$$

Elektron kinetik energiyasini, ya'ni  $mv^2/2$  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:

$$h \frac{c}{\lambda} - 2\pi = A + eU_y,$$

$$h \frac{c}{\lambda - \Delta\lambda} = A + e(U_y + \Delta U).$$

Ushbu ikki tenglamadan:

$$h \cdot 2\pi c \left( \frac{1}{\lambda - \Delta\lambda} - \frac{1}{\lambda} \right) = e\Delta U$$

va

$$e = \frac{h \cdot 2\pi c}{\Delta U} \left( \frac{1}{\lambda - \Delta\lambda} - \frac{1}{\lambda} \right).$$

Hisoblash natijasi:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ .

**5-masala.** Vakuumda 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 qonuni:

$$h\nu = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right), \quad (1)$$

bu yerda

$$\beta = \frac{v}{c}$$

Impuls saqlanish qonuni:

$$\frac{h\nu}{c} = \Delta m v = \Delta \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

$$\frac{h\nu}{c} = \Delta \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Ushbu impulslar vektorlarining yo'nalishlari antiparallel bo'lgani uchun biz oxirgi ifodani tanlaymiz. Oxirgi ifodani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{m_0 \beta c}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalarni birliglikda yechib, quyidagi tenglamani olamiz:

$$(1-\beta)(1+\beta)^2 = (1-\beta)^2$$

Tenglamaning 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 energiyani saqlanish qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$m_0 c^2 = mc^2 + h\nu$$

Bundan

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} > m_0$$

bo'lgani uchun erkin elektronning energiya nurlanishi mumkinligi haqidagi farazning ma'noga ega emasligi kelib chiqadi.

**6-masala.** Agar fotoeffektning qizil chegarasi 5000 E ga teng bo'lsa, natriydan elektronlarning chiqish ishini aniqlang.

**Yechilishi.** Fotoeffekt yuz berishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\omega \geq \omega_0 = \frac{A}{h} \quad (1)$$

uni mos holda to'lqin uzunligi uchun yozsak:

$$\lambda \leq \lambda_0 = \frac{2\pi h c}{A} \quad (2)$$

bu yerda  $\omega_0$  - chastota yoki  $\lambda_0$  to'lqin uzunligi fotoeffektning qizil chegarasi. (2) tenglamadan chiqish ishini aniqlaymiz:

$$A = \frac{2\pi h c}{\lambda_0}$$

yoki

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} \quad (3)$$

(3) 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'lqin uzunligi  $l = 3100 \text{ \AA}$  bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushmoqda. Elektronlar emissiyasini to'xtatish uchun 1,7 V dan kam bo'lmagan tormozlovchi potentsiallar farqini qo'yish kerak. Chiqish ishi va fotoeffektning qizil chegarasini aniqlang.

**Yechilishi.** Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini yozamiz:

$$h\nu = A + T$$

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:  $h = 6.62 \cdot 10^{-34}$  J·s;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s;  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  Kl;  $\lambda = 3100 \text{ \AA} = 3.1 \cdot 10^{-7}$  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'liq uzunligi  $0,03 \text{ E}$  bo'lgan  $\gamma$ -nurlanish ta'sirida metallardan chiqayotgan 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  $\lambda_c$  — elektron uchun Kompton to'liq uzunligi bo'lib,

$$\lambda_c = 0,0242 \text{ \AA}, \quad \beta = \frac{\sqrt{\lambda_c(\lambda_c - 2\lambda)}}{\lambda_c + 2\lambda} = 0,86.$$

Bu yerdan  $v$  ni aniqlaymiz:

$$v = \beta c = 0,86 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 2,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

*Javob:*  $v = 2,5 \cdot 10^8$  m/s.

**9-masala.** Erkin elektronlar mavjud bo'lgan moddaga to'liq uzunligi  $\lambda_0 = 0,003$  nm bo'lgan rentgen nurlari kelib tushmoqda. Fotonlar  $60^\circ$  burchak ostida sochilsa, Kompton tepki elektronlari qanday energiya oladi?

*Yechilishi.* Energiya 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 uzunligining o'zgarishi:

$$\Delta\lambda = \lambda_c (1 - \cos\theta),$$

bu yerda  $\Delta\lambda$  ni topamiz va (1) ga qo'yamiz:

$$\Delta\lambda = 0,0024 \cdot 0,5 \text{ nm} = 0,0012 \text{ nm},$$

$$E_e = 120 \text{ keV}.$$

## 6.2-§. Bor atomi

### Asosiy formulalar

• Qo'zg'almas yadroning Kulon maydonida 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 yadro zaryadi;  $b$  – nishon parametri;  $T$  – uchib kelayotgan zarrachalarning kinetik energiyasi.

• **Rezerford formulasi.** Boshlang'ich harakat yo'nalishiga nisbatan  $\theta$  burchak ostida va  $d\Omega$  elementar fazoviy burchakda sochilayotgan zarrachalarning nisbiy soni

$$\frac{dN}{N} = n \left( \frac{q_1 q_2}{4T} \right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} \quad (3)$$

bu yerda  $n$  – folga birlik yuzasidagi yadrolar soni;  $d\Omega = \sin\theta d\theta d\varphi$ .

• Borning birinchi postulati (orbitalar stasionarlik sharti):

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \quad (4)$$

bunda  $m$  – elektron massasi;  $n$  – orbitalar tartibi (bosh kvant soni:  $n = 1, 2, \dots$ );  $v$  – elektronning radiusi  $r$  bo'lgan orbitadagi tezligi;  $h$  – Plank doimiysi.

• Borning ikkinchi postulati:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h} \quad (5)$$

bunda  $\nu$  – elektronning  $n$ -orbitadan  $m$ -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  $\nu$  chastotasi

yoki  $\lambda$  to'liqin 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 tarqalish tezligi;  $R$  – Ridberg doimiysi;  $m$  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 YECHISHGA NAMUNALAR

**1- masala.** Peshona to'qnashishda tinch turgan  ${}^7\text{Li}$  yadrosiga kinetik energiyasi  $T_\alpha$  bo'lgan  $\alpha$ -zarra qanday minimal masofaga yaqinlashadi?

*Yechilishi.* Alfa-zarra va yadro tizimi berk tizim deb qabul qilinsa, zarralarning yaqinlashish jarayonida impuls va energiya saqlanish qonunlari bajariladi. Mazkur hol uchun saqlanish qonunlarini yozamiz:

$$p_\alpha = p_{\alpha+L} \quad (1)$$

$$T_\alpha = T_{\alpha+L} + k \frac{q q_0}{r_{\min}} \quad (2)$$

bu yerda  $q$  va  $q_0$  – alfa-zarra va litiy atomining zaryadlari. Norelativistik 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:

$$m_\alpha T_\alpha = (m_\alpha + m_L) T_{\alpha+L}$$

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

ifodani qo'llab, uchib kelayotgan elektronlar energiyasini aniqlaymiz:

$$E_{k, \min} = \frac{hc}{\lambda} = 10,2 \text{ eV.}$$

Ikkinchi savolga javob berish uchun  $n$  kvant sonini hisoblab topishimiz zarur. Asosiy holat energiyasi  $E_1 = -E_{\infty} = -13,6 \text{ eV}$  bo'lgan uchun  $n$ -uyg'ongan holat energiyasi:  $E_n = E_1 + E_{k, \min} = -3,4 \text{ eV}$ . Vodorod atomi uchun Bor nazariyasidan:

$$E_1 = -\frac{me^4}{4\epsilon_0^2 h^2}, \quad E_n = -\frac{me^4}{4\epsilon_0^2 h^2 n^2}.$$

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'lqin uzunligi aniqlansin. Bular qanday ranglarga mos keladi?

*Yechilishi.* Vodorod atomi spektrining to'lqin uzunligi quyidagi formula bo'yicha aniqlaniladi:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

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 uzunliklarini 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 yadro 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  $A = Z + N$ , bunda  $Z$  — protonlar soni yoki yadro zaryad raqami;  $N$  — neytronlar soni.

Yadroning bog'lanish energiyasi:

$$E_{\text{bog}} = c^2 \Delta M, \quad (2)$$

bu yerda  $c$  — yorug'likning vakuumdagi tezligi;  $\Delta M$  — massa defekti.

Massa defekti quyidagiga teng:

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\text{yad}}, \quad (3)$$

yoki

$$\Delta M = Zm_H + (A - Z)m_n - M_{\text{at}}, \quad (4)$$

bu yerda  $m_p, m_n, m_H, M_{\text{yad}}$  va  $M_{\text{at}}$  — mos ravishda proton, neytron, vodorod atomi, yadro va atom massalari.

Bog'lanish energiyasining massa soniga nisbati solishtirma bog'lanish energiyasi deyiladi.

$$\epsilon = \frac{E_{\text{bog}}}{A} \quad (5)$$

yoki

$$\epsilon = \frac{c^2 \Delta M}{A}. \quad (6)$$

Hisoblashlar uchun quyidagi formuladan foydalanish qulaydir:

$$E_{\text{bog}} = Z \Delta_H + (A - Z) \Delta_n - \Delta, \quad (7)$$

bu yerda  $\Delta_H, \Delta_n, \Delta$  — 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 defektinging 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:

$$E_{\text{bog}} = \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \xi \frac{\left(\frac{A}{2} - Z\right)^2}{A} + \delta \frac{\lambda}{A^{3/4}}$$

bu yerda

$$\delta = \begin{cases} \text{juft-juft yadrolar uchun} & +1 \\ \text{toq-juft yadrolar uchun} & 0 \\ \text{toq-toq yadrolar uchun} & -1 \end{cases}$$

Ushbu (9) formuladagi koeffitsiyentlar qiymati quyidagiga teng:  $\alpha = 15,75$  MeV;  $\beta = 17,8$  MeV;  $\gamma = 0,71$  MeV;  $\xi = 94,8$  MeV;  $\lambda = 34$  MeV.

(5) ni hisobga olib, (3) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$E_{\text{bog}} = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_e - M_{\text{yad}}]c^2, \quad (9)$$

bu yerda  $m_p$ ,  $m_n$  va  $M_{\text{yad}}$  - proton, neytron va yadro massalari.

Masalalar to'plami va ma'lumotnomalarda yadro massalari emas, balki neytral atomlarning massasi keltiriladi. Shuning uchun yadro bog'lanish energiyasining (6) formulasidan foydalanish o'r-niga, quyidagi formuladan foydalanish qulaydir:

$$E_{\text{bog}} = [Zm({}_1^1\text{H}) + (A - Z)m_n - m_e - M_{\text{yad}}]c^2, \quad (10)$$

bu yerda  $m({}_1^1\text{H})$  - vodorod atomi massasi;  $M_{\text{yad}}$  - berilgan atom massasi. Yuqoridagi (10) va (11) formulalar ekvivalent bo'lganligi uchun elektron massasini  $m_e$  deb belgilab, quyidagini yozish mumkin:

$$Zm({}_1^1\text{H}) - M_{\text{yad}} = Z(m_p + m_e) - (M_{\text{yad}} + Zm_e) = Zm_p - M_{\text{yad}}$$

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:

$$c^2 = 931 \text{ MeV/m.a.b.}$$

## MASALA YECHISHIGA NAMUNALAR

**1-masala.** Ushbu yadrolar tarkibidagi nuklonlar, proton va neytronlar sonini aniqlang:

1)  ${}_2^4\text{H}$ ; 2)  ${}_6^{12}\text{C}$ ; 3)  ${}_{11}^{23}\text{Na}$ ; 4)  ${}_{29}^{63}\text{Cu}$ ; 5)  ${}_{39}^{89}\text{Y}$ ; 6)  ${}_{50}^{112}\text{Sn}$ ; 7)  ${}_{92}^{238}\text{U}$

*Yechilishi.* Yadrodagi nuklonlar soni:

$$A = Z + N, \quad (1)$$

bu yerda  $Z$  - protonlar soni;  $N$  - neytronlar soni.

Yadro belgisi

$${}_Z^AX. \quad (2)$$

Demak,  ${}^4\text{He}$  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)  $A = 12$ ;  $Z = 6$ ;  $N = 6$ ;

2)  $A = 23$ ;  $Z = 11$ ;  $N = 12$ ;

3)  $A = 63$ ;  $Z = 29$ ;  $N = 34$ ;

4)  $A = 89$ ;  $Z = 39$ ;  $N = 50$ ;

5)  $A = 112$ ;  $Z = 50$ ;  $N = 62$ ;

6)  $A = 238$ ;  $Z = 92$ ;  $N = 146$ .

**2-masala.**  ${}^{16}\text{O}$  izotop yadrosining massasi hisoblansin.

*Yechilishi.* Quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$m_{\text{yad}} = M_A - Zm_e$$

Jadvalga asosan:

$$M_A = 15,9949 \text{ m.a.b.}$$

$$Zm_p = 8 \cdot 5,4360 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.} = 43,888 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.},$$

$$m_{\text{yad}} = 15,9949 - 0,0044 = 15,99005 \text{ m.a.b.}$$

Bundan atomning barcha og'irligi amalda yadroga yig'ilganligini ko'rishimiz mumkin.

**3-masala.** Massasi 4 g bo'lgan tabiiy uranda  $^{238}\text{U}$  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)  $N_s = mN_A/\bar{M}$  ni tashkil etadi. Bu yerda  $N_A$  — Avagadro soni.

Massasi  $m$  kg bo'lgan tabiiy urandagi  $^{238}\text{U}$  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:

$$N = \frac{mN_A a \cdot 10^{-2}}{aM_{238} + bM_{235} + cM_{234}} = 7,3 \cdot 10^{19}.$$

**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:

$$\rho = n \cdot m = 10^{44} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

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 izotopdan 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 hoida 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:

$$R = 1,4 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m.}$$

Deyteriy uchun  $R = 1,8 \cdot 10^{-15} \text{ m.}$

Poloniy uchun  $R = 8,3 \cdot 10^{-15} \text{ m.}$

**7-masala.** Proton va neytronlardan 1 g geliy ( $^4_2\text{He}$ ) hosil bo'lganda qancha energiya ajraladi?

*Yechilishi.* Geliy atom yadrosi ikkita protoni va ikkita neytrondan tashkil topganligi uchun uning atom massasi  $M_{He} = 4,00337 \text{ m.a.b.}$

Neytronning tinchlikdagi massasi  $m_n = 1,00897 \text{ m.a.b.}$

Protonning tinchlikdagi massasi esa  $m_p = 1,00758 \text{ m.a.b.}$

Geliy atomi hosil bo'lishdagi massa defekti:

$$\Delta m = 2(m_p + m_n) - M_{He} = 0,2923 \text{ m.a.b.}$$

Bitta geliy atomining hosil bo'lishida 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:

$$N = \frac{m}{A_{He}} N_A = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{4} = 1,504 \cdot 10^{23} \text{ (atom).}$$

Binobarin 1 g geliy hosil bo'lganda ajraladigan energiyani

$$E = \Delta EN$$

formula bo'yicha hisoblash 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 parchalanmagan yadrolari soni;  $N_0$  – radioaktiv elementning dastlabki yadrolar soni;  $t$  – radioaktiv parchalanish doimiysi.

Yarim parchalanish davri:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ yoki } T = \frac{0,693}{\lambda}. \quad (2)$$

Radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}. \quad (3)$$

Radioaktiv parchalanish qonunini yarim parchalanish davri orqali ham ifodalash mumkin:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Radioaktiv element aktivligi (vaqt birligi ichida parchalangan yadrolar soni):

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N. \quad (4)$$

Radioaktiv element (preparat)ning aktivligining 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 sifatida 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:

$$1 \text{ Ku} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ parcha./s} = 3,7 \cdot 10^9 \text{ Bk.}$$

Parchalanish doimiysi  $\lambda_1$  bo'lgan  $A_1$  radioizotopning parchalanish doimiysi  $\lambda_2$  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.

1. Radioaktivlik hodisasiga taalluqli masalalarni yechishda quyidagi ikki holni farqlash kerak:

a) izolatsiyalangan radioaktiv moddada radioaktiv parchalanish yuz berishini. Bu holda radioaktiv parchalanish qonuni formulasi (1)dan foydalaniladi.

Agar masala shartidan radioizotopning  $\Delta t$  parchalanish vaqti, berilgan radioizotopning  $T$  yarim parchalanish davridan juda kichik ( $\Delta t \ll T$ )ligi ma'lum bo'lsa, u holda parchalanmagan yadrolar soni  $N$  ni  $\Delta t$  vaqt davomida deyarli o'zgarmaydi va uni boshlang'ich yadrolar soni  $N_0$  ga teng deb, hisoblash mumkin. U holda parchalangan yadrolar soni  $\Delta N$  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 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  $T_2 \ll T_1$  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;  $\nu$  – preparatdagi modda miqdori;  $m$  – izotopning molar massasi.

Izotopning molar massasi  $m$  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 hisoblashlar 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 YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Parchalanish doimiyi  $\lambda$  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 tajriba 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  $A = 1$  kKu bo'lgan  $^{60}\text{Co}$  radioizotopining massasi aniqlansin. Ushbu aktivlik  $t = 10,5$  yildan keyin qancha marta kamayadi?

**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:

$$A = \frac{m \lambda}{M} N_A \quad (3)$$

$\lambda$  va  $T_{1/2}$  orasidagi bog'lanish (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:

$$A = \frac{m N_A}{M} \cdot \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

va  $m$  ni topamiz:

$$m = \frac{AMT_{1/2}}{N_A \cdot 0,693} \quad (5)$$

Formulaga masala shartidagi qiymatlarni qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz:

$$A = 1 \text{ kKu} = 10^3 \text{ Ku} = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 10^3 \text{ parcha./s} = 3,7 \cdot 10^{13} \text{ Bk},$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}, \quad M = 60 \cdot 10^3 \text{ kg/mol},$$

$$T_{1/2} = 5,25 \text{ yil} = 16556,4 \cdot 10^4 \text{ s}.$$

Ushbu kattaliklarning qiymatlarini (5) ifodaga qo'yamiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$m = 0,882 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad \text{yoki} \quad m = 0,882 \text{ g}.$$

Endi  $t = 10,5$  yilda aktivlikning qancha marta kamayishini aniqlash uchun  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  formuladan foydalanamiz:

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t},$$

bundan  $N_0/N$  ni topamiz:

$$\frac{N_0}{N} = e^{\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} = e^{\frac{0,693}{5,25} \cdot 10,5} = 4.$$

*Javob:* 4 marta kamayadi.

**3-masala.** Massasi 1 g bo'lgan izolatsiyalangan  $^{226}\text{Ra}$  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,  $T_{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1620$  yil ekanligini topamiz:

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = 1,354 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}.$$

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$ ,  $M = 226 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ , aktivligini hisoblaymiz:

$$A = 3,61 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1} = 0,975 \text{ Ku}.$$

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

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

yoki

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

Bu ifodani logariflasak:

$$\ln \frac{N_0}{N} = \ln e^{\lambda t}$$

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  $m = 0,1$  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:

$$N_{\text{Rn}} = N_{\text{Ra}} \frac{\lambda_{\text{Ra}}}{\lambda_{\text{Rn}} - \lambda_{\text{Ra}}} (e^{-\lambda_{\text{Rn}} t} - e^{-\lambda_{\text{Ra}} t}).$$

Radiy atomlari miqdori:

$$N_{\text{Ra}} = \frac{m}{A_{\text{Ra}}} N_A.$$

bu yerda  $N_A$  - Avogadro soni.

Radioaktiv parchalanish doimiylari:

$$\lambda_{R_1} = \frac{\ln 2}{T_1}, \quad \lambda_{R_2} = \frac{\ln 2}{T_2}.$$

Binobarin,

$$N_{R_0} = \frac{mN_A}{A_{R_0}} \left[ (e^{\lambda_1 t})^{\frac{t}{T_1}} - (e^{\lambda_2 t})^{\frac{t}{T_2}} \right] \frac{T_2}{T_1 - T_2}.$$

Bu formulaga masala shartidagi quyidagi qiymatlarni qo'yamiz:  
 $m = 0,1 \text{ g} = 10^{-4} \text{ kg}$ ,  $t = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$ ,  $A_{R_0} = 226 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ,  
 $N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,  $T_1 = 5,05 \cdot 10^1 \text{ s}$ ;  $T_2 = 3,3 \cdot 10^5 \text{ s}$ .

Hisoblash natijasida quyidagi javobni olamiz:

$$N_{R_0} \approx 32 \cdot 10^{12} \text{ (atom)}.$$

**5-masala.** Massasi 1 mg bo'lgan seriy-144 radioizotopining qancha yadrosi: a) 1 s va b) 1 yil vaqt oraliqlarida parchalanishini aniqlang. Seriyning yarim yemirilish davri 285 kun.

*Yechilishi.* Masalani radioaktiv parchalanish qonuni yordamida 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  $\Delta N$  ni topish uchun radioaktiv parchalanish qonunining quyidagi ifodasidan foydalanamiz:

$$-dN = \lambda N dt, \quad (1)$$

buni quyidagicha yozamiz.

$$\Delta N = \lambda N_0 \Delta t. \quad (2)$$

$\lambda$  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  $N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,  $m = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$ ,  $\Delta t = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$ ,  $T_{1/2} = 285 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}$ ,  $M = 0,144 \text{ kg/mol}$ ,  $\ln 2 = 0,693$  kattaliklar qiymatlarini Xalqaro birliklar sistemasida ifodalab, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatini olamiz:

$$\Delta N = 1,2 \cdot 10^{11}.$$

(b) holda  $\Delta t$  va  $T$  kattaliklar bir xil tartibda bo'lgani uchun radioaktiv parchalanish qonunining differensial ko'rinishidan 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:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t}). \quad (7)$$

(4) ifoda va  $\lambda = \ln 2$  ekanligini hisobga olib (7) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\Delta N = \frac{N_A m}{M} (1 - e^{-\ln 2 t / T}). \quad (8)$$

va  $e^{\ln 2} = 2$  ekanligini hisobga olsak, (8) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\Delta N = \frac{N_A m}{M} (1 - e^{-t/T}). \quad (9)$$

(9) ifodaga kattaliklarning son qiymatini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi javobni olamiz:

$$\Delta N = 2,5 \cdot 10^{15}.$$

**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  $\lambda_1$  va  $\lambda_2$  — mos ravishda radiy va radonning parchalanish doimiylari;  $N_1$  va  $N_2$  — mos ravishda radiy va radon atomlari soni.

Radiy va radon atomlari 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  $M_1 = 226 \cdot 10^{-3}$  kg/mol,  $M_2 = 222 \cdot 10^{-3}$  kg/mol,  $m_1 = 10^{-3}$  kg,  $\lambda_1 = 1,39 \cdot 10^{-11}$  s<sup>-1</sup>,  $\lambda_2 = 2,1 \cdot 10^{-6}$  s<sup>-1</sup> kattaliklarni qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagini olamiz:  $m_2 = 6,5 \cdot 10^{-9}$  kg. Normal sharoitda  $222 \cdot 10^{-3}$  kg radon  $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup> hajmini egallaydi. U holda izlanayotgan hajm

$$V = V_0 \frac{m_2}{M_2}$$

Bu formulaga kattaliklar qiymatlarini qo'yamiz va  $V = 6,6 \cdot 10^{-10}$  m<sup>3</sup> 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 neytron (*n*), proton (*p*), alfa-zarra ( $\alpha$ ), deytton (*d*) va gamma-kyant ( $\gamma$ )ni 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  $E_{o1} - E_{o2}$  ayirmaga son jihatdan teng, ya'ni:

$$Q = E_{o1} - E_{o2} = T_2 - T_1, \quad (2)$$

Bu yerda  $E_{o1} - E_{o2}$  — zarralar tinchlikdagi energiyasi;  $T_1$  va  $T_2$  — kinetik energiyasi. Bu kattaliklarni  $A(a,b)B$  reaksiya uchun quyidagicha yozish mumkin.

$$E_{o1} = M_A c^2 + m_a c^2, \quad (3)$$

$$E_{o2} = M_B c^2 + m_b c^2, \quad (4)$$

$$T_1 = T_A + T_a, \quad (5)$$

$$T_2 = T_B + T_b. \quad (6)$$

Agar  $Q > 0$  bo'lsa, yadro reaksiyasida energiya ajraladi va ekzoenergetik reaksiya deyiladi. Agar  $Q < 0$  bo'lsa, yadro reaksiyasida energiya yutiladi va endoenergetik reaksiya deyiladi.

Masalalar yechishda quyidagi formuladan foydalanish quyidagidir:

$$Q = c^2 (\Sigma M_i - \Sigma M_f), \quad (7)$$

bu yerda  $\Sigma M_i$  – yadro reaksiyasiga kirishuvchi zarralar massalari yig'indisi;  $\Sigma M_f$  – hosil bo'lgan zarralar massalari yig'indisi.

Endoenergetik reaksiyalar ostona energiyasi:

$$E_{os} = \frac{m_a + M_A}{M_A} |Q|, \quad (8)$$

bu yerda  $m_a$  va  $M_A$  – uchib kelayotgan  $a$  zarra va nishon yadro massalari;  $|Q|$  – reaksiya energiyasining absolut qiymati. Gamma kvantlar ta'sirida yuz beradigan, ya'ni fotoyadro reaksiyalar uchun  $E_{os} = |Q|$  bo'ladi.

Yadro reaksiyalari bo'yicha masala yechganda yuqorida sanab o'tilgan saqlanish qonunlaridan foydalaniladi. Elektr zaryadi va barion zaryadining (massa soni  $A$  ning) saqlanish qonunlari reaksiyada qatnashuvchilaridan (yoki ufar mahsulotlaridan) bittasi noma'lum bo'lgan holda reaksiya tenglamasini to'g'ri yozishga yordam beradi. Energiya va impulsning saqlanish qonunlari esa reaksiya mahsulotlarining kinetik energiyalari 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 relativistik energiya tushuniladi, ya'ni  $E = mc^2$ . Bu energiya zarralarining tinchlikdagi energiyalari  $m_0 c^2$  va ularning kinetik energiyalari  $T$  yig'indisiga teng.

Saqlanish qonuniga asosan to'liq relativistik energiya:

$$\Sigma m_0 c^2 + \Sigma T = \Sigma m_0 c^2 + \Sigma T', \quad (9)$$

bu yerda  $\Sigma m_0 c^2$  – reaksiyaga kirgan zarralarning tinchlikdagi energiyalari yig'indisi;  $\Sigma T$  – 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  $Q = 10$  MeV tartibida bo'ladi. Eng yengil

zarra  $^1\text{H}$  (ya'ni, proton)ning tinchlikdagi energiyasi esa 938 MeV ga teng. Bu yerda zarralar va yadrolar tezligini hisoblanganda, ularni quyidagi ikki holda norelativistik (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 MeV) dan katta. Shuning uchun, reaksiya mahsuloti tezligi yoki impulsini topishda quyidagi relativistik formulalardan foydalanish zarur:

$$p = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \beta = m_0 c \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad (10)$$

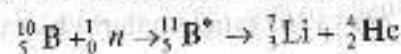
$$T = mc^2 - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right), \quad (11)$$

bu yerda  $p$  – zarra impuls;  $m_0$  – zarraning tinchlikdagi massasi;  $T$  – zarra kinetik energiyasi;  $\beta = v/c$ ;  $v$  – zarra tezligi;  $c$  – yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi.

## MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

**1-masala.** Tinch turgan bor yadrosi bilan o'ta sekin neytronlar o'zaro ta'siri natijasida yuz beradigan quyidagi  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  yadro reaksiyasining  $Q$  energiyasi aniqlansin.

**Yechilishi.**  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  yadro reaksiyasi quyidagi mexanizm bo'yicha yuz beradi. Bor  $^{10}\text{B}$ , yadrosi sekin  $n_0$  neytronlarni yutadi (ya'ni, o'ziga qo'shib oladi) va oraliq  $^{11}\text{B}$ , yadroga aylanadi. Ushbu yadro kuchli qo'zg'algan (uyg'ongan) holatda bo'lgani uchun o'zidan  $\alpha$ -zarra ( $^4\text{He}_2$ ) chiqaradi va litiy  $^7\text{Li}$  yadrosiga aylanadi. Ushbu reaksiya jarayonini yoyib yozsak quyidagicha bo'ladi:



Reaksiya energiyasi  $Q$  ni (7) ifoda yordamida topamiz:

$$Q = c^2 [(m_{\text{Be}} + m_{\alpha}) - (m_{\text{Li}} + m_{\text{He}})].$$

Yadrolarning tinchlikdagi massalarini ushbu yadro atomlari-ning tinchlikdagi massalariga almashtiramiz va jadvaldan olingan atom massalarini oxirgi ifodaga qo'yamiz:

$$Q = 931 \cdot (10,01294 + 1,00867 - 7,01601 - 4,00260) \text{ MeV} = 2,80 \text{ MeV}$$

Reaksiya mahsulotlari bo'lgan litiy  ${}^7\text{Li}$  va  $\alpha$ -zarralarning kinetik energiyasini topish uchun (11) shaklda yozilgan relativistik energiyaning saqlanish qonunini (7) hisobga olgan holda yozamiz:

$$\sum T' = \sum T + Q. \quad (1)$$

Masala shartiga ko'ra,  $\sum T$  kattalikni hisobga olmasa ham bo'ladi. U holda  ${}^7\text{Li}$  va  ${}^4\text{He}_2$  zarralar kinetik energiyalarining yig'indisi:

$$Q = T_{\text{Li}} + T_{\text{He}}. \quad (2)$$

$T_{\text{Li}}$  va  $T_{\text{He}}$  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:

$$\vec{P}_{\text{Li}} + \vec{P}_{\text{He}} = 0. \quad (3)$$

Bu yerdan impuls modullari uchun:

$$P_{\text{Li}} = P_{\text{He}}. \quad (4)$$

Zarralar impulslari tenglamalaridan ularning kinetik energiyasi tenglamalariga o'tamiz:

$$T_{\text{Li}} = \frac{p_{\text{Li}}^2}{2m_{\text{Li}}}, \quad T_{\text{He}} = \frac{p_{\text{He}}^2}{2m_{\text{He}}}. \quad (5)$$

(4) va (5) dan

$$m_{\text{Li}} T_{\text{Li}} = m_{\text{He}} T_{\text{He}} \quad (6)$$

ni hosil qilamiz. (2) va (6) tenglamalarni birgalikda yechib,

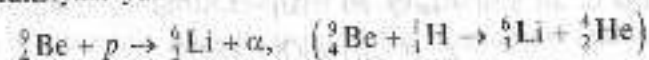
$$T_{\text{Li}} = Q m_{\text{He}} / (m_{\text{Li}} + m_{\text{He}}),$$

$$T_{\text{He}} = Q m_{\text{Li}} / (m_{\text{Li}} + m_{\text{He}})$$

tenglamalarni olamiz.  $m_{\text{He}}$  va  $m_{\text{Li}}$  yadro massalar qiymatini butun songa yaxlitlab quyidagilarni topamiz:

$$T_{\text{Li}} = \frac{4Q}{11} = 1,02 \text{ MeV}, \quad T_{\text{He}} = \frac{7Q}{11} = 1,78 \text{ MeV}.$$

**2-masala.** Proton berilliy yadrosi bilan to'qnashganda quyidagi yadro reaksiyasi yuz beradi:



Reaksiya energiyasi topilsin.

*Yechilishi.* Yadro reaksiya energiyasi (7) ifodadan

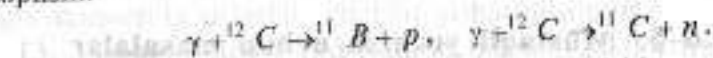
$$\Delta E = c^2 (\sum M_i - \sum M_n).$$

Bizning hol uchun yozsak:

$$\Delta E = c^2 [(m_{\text{Be}} + m_p) - (m_{\text{Li}} + m_{\alpha})].$$

Atomlar massalari jadvalidan Be, p, Li,  $\alpha$  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  $\gamma$ -kvantlar ta'sirida yuz beradigan yadro reaksiyalariga *fotoyadro reaksiyasi* deyiladi. Ushbu reaksiya endoenergetik reaksiya bo'lgani uchun u ostona energiyasiga egadir. (8) ifodani fotoyadro reaksiyasi uchun yozamiz:

$$E_{\text{ost}} = |Q|.$$

(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,

$$E_{\text{ost}}(\gamma, p) = |Q| = 15,96,$$

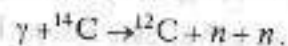
$$E_{\text{ost}}(\gamma, n) = |Q| = 18,72.$$

**4-masala.** Quyidagi reaksiyaning ostona energiyasi topilsin:



*Yechilishi:* Atom massalari jadvalidan hamda (7) va (8) ifodalardan foydalanib,  $E_{\text{ost}} = 7,8 \text{ MeV}$  ekanligini topamiz.

**5-masala.** Quyidagi reaksiyaning ostona energiyasi topilsin:



*Yechilishi.* (7) ifoda va neytral atomlar massalari jadvalidan foydalanib,  $E_{\text{ost}}(\gamma, 2n) = 18,2 \text{ MeV}$  topamiz:



### 6.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. To'liq uzunligi 0,50 mkm,  $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ sm}$  va  $0,020 \text{ \AA}$  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 molekulasini 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 konsentratsiyasini 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 qatlamlardan 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 elektroddan 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 elektrondan  $\theta = \pi/2$  burchak ostida sochildi. Aniqlang: a) bunda foton dastlabki energiyasining qancha qismini yoqotadi; b) elektron qanday  $v$  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  $\alpha$ -zarra yaqinlashib kelmoqda. Ushbu zarra yadroga qancha masofagacha yaqinlashishi mumkin?

15. 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 modeldagi elektronning tebranish chastotasi aniqlansin.

16. Tomson modeliga asosan vodorod atomining radiusi va undan chiqayotgan yorug'lik to'liq uzunligi hisoblansin. Vodorod atomining ionizatsiya energiyasi  $E = 13,6 \text{ eV}$ .

17. Vodorod atomining  $n$ -orbitasidagi elektronning harakatiga mos keluvchi tok zichligini aniqlang.

18. Vodorod atomi birinchi Bor orbitasidagi elektronning magnit momenti aniqlansin.

19. Vodorod atomi uchun Balmerning birinchi uchta seriyasiga mos keluvchi to'liq 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, Brekkt va Pfundning birinchi uchta seriyasiga mos keluvchi to'liq uzunligini aniqlang.

22. Alyuminiy  $^{27}\text{Al}$  yadrosining bog'lanish energiyasini toping.

23. Kislorod  $^{17}\text{O}$  yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasini toping.

24. Veyszekker formulasiidan foydalangan holda  $^{238}\text{U}$  va  $^{60}\text{Ni}$  yadrolar uchun solishtirma bog'lanish energiyasini aniqlang.

25. Bir xil proton va neytronlarga ega, radiusi esa  $^{27}\text{Al}$  yadrosidan bir yarim marta kichik bo'lgan yadroning bog'lanish energiyasini toping.

26. Neytronning kislorod  $^{17}\text{O}$  yadrosidagi bog'lanish energiyasi topilsin.

27. Agar  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^4\text{He}$  va  $^{12}\text{C}$  yadrolarning bir nukloniga to'g'ri keluvchi energiyalari 8,03, 7,07 va 7,68 MeV ga teng bo'lsa,  $^{20}\text{Ne}$  va  $^{12}\text{C}$  yadrolarni ikkita  $\alpha$ -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)  $^7\text{Li}$  yadrosining bog'lanish energiyasi 41,3 MeV; b)  $^{11}\text{C}$  yadrosining bir nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyasi 6,04 MeV bo'lsa, ularning massalarini m.a.b.larda hisoblang.

30.  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^7\text{Li}$  yadrolarning solishtirma bog'lanish energiyalarini taqqoslang.

31.  $^{16}\text{O}$ ,  $^{27}\text{Si}$  va  $^{60}\text{Co}$  yadrolarining solishtirma bog'lanish energiyalarini Veyszekkerning yarim empirik formulasidan foydalanib hisoblang.

32. O'rtacha yashash vaqti  $\tau$  bo'lgan radioaktiv preparat yadrolarining dastlabki miqdorining qanchasi: a)  $t = 10\tau$  vaqtdan keyin qoladi; b)  $t_1 = \tau$  va  $t_2 = 2\tau$  vaqt oralig'ida yemiriladi?

33. Biror radioaktiv moddaning o'rtacha yashash vaqti  $\tau = 1,00 \text{ s}$ . Yadroning  $t$  parchalashish vaqti: a) 1,0 s; b) 10,0 s; d) 0,100 s bo'lgandagi parchalanish ehtimolligi  $R$  ni toping.

34. Agar 1 sutka davomida 1 mln ta radon atomidan 175000 tasi parchalansa, uning yarim parchalanish davri nimaga teng?

35. Radioaktiv yod  $^{131}\text{I}$  yadrosining birinchi sutkadagi yemirilish ehtimolligi ikkinchi sutkadagi yemirilish ehtimolligidan qancha marta katta?

36. 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  $\tau$ ; d)  $T_{1/2}$  va  $\tau$  kattaliklar orasidagi bog'lanishlar.

37. Preparat tayyorlangandan keyingi ikkinchi hafta davomida radioaktiv fosfor  $^{32}\text{P}$  yadrosining qancha qismi yemiriladi?

38. Bir sutkada poloniyning million atomidan qancha qismi parchalanadi?

39. Kobalt yadrosining yarim yemirilishi 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 YECHISHGA DOIR MASALALARNING  
JAVOBLARI

I BOB

2.  $x=86,6t$ ;  $y=400+50t$ ;  $y=400+0,58x$ . 3.  $t=30$  s;  $C_p=3$  m/s;  
 $S_{av}=45$  m. 4. 12 m/s. 5. 20 s. 6. 54 m. 7. 1)  $C_{ix}=10+0,8t$   
tezlanuvchan; 2)  $C_{ix}=2-2t$ , sekinlanuvchan, 1 s dan keyin tezla-  
nuvchan; 3)  $C_{ix}=-4+4t$  sekinlanuvchan, 1 s dan keyin tezlanuv-  
chan; 4)  $C_{ix}=-1-12t$  tezlanuvchan. 8. 360 m/s<sup>2</sup>. 9.  $\frac{S}{\pi d^2} \cdot \frac{2S^2}{d^2}$ .  
10. 0,8 s<sup>-1</sup>. 11. 20 t. 12. 2 m/s. 13. 15 t. 15. 2 m/s<sup>2</sup>. 16. 2 t.  
17. Agar qo'ldan chiqarib yuborilsa, unda kosmonavtning kamaga  
nisbatan vaziyati o'zgarmaydi; agar otib yuborsa, unda kosmonavt  
ham harakatga keladi. 18. 1 sm. 19. 3,8 m/s<sup>2</sup>. 20. 8,8 m/s<sup>2</sup>.  
21. 500 kg. 22. 6 sm. 23. 49 marta. 24. 4 s. 25. Son jihatdan  
 $\frac{\pi}{2}(2n-1)$  ga teng. 26.  $v_0 = \frac{h_2 - h_1}{2h_1} \sqrt{2gh_1}$ . 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. 4h. 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 per-  
pendikular holda. 34. 3,6 km/s.

II BOB

1. 2 m<sup>3</sup>; 2 m<sup>3</sup>. 2.  $N_A/M$ ;  $N_A c/M$ ;  $N_A m/M$ ;  $N_A cV/M$ . 3.  $3,9 \cdot 10^{18}$ .  
4. 10° atrofida. 5. 710 m/s. 6.  $10^{-2}$  J. 7. 6 marta ortadi. 8. 127°C.  
9.  $6 \cdot 10^{21}$  J;  $2 \cdot 10^{20}$  m<sup>3</sup>. 10.  $10^{23}$ . 11. 4 marta. 12.  $6 \cdot 10^6$  marta.  
13. 200 m/s. 14. 4 mol. 15. 2 l. 16. Qishda 1,3 marta.  
17.  $m < \frac{M_p V}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = 17,7$  g. 18. 9,5 l. 19. 390 MJ. 20. 677°C.  
21. 50 sm<sup>3</sup>. 22. 210. 23.  $\frac{V+nV_0}{V} p_0$ . 25. 77°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.  $\frac{c_p M}{c_p M - R} = 1,4$  marta.

32.  $\Delta U = 12,4$  kJ;  $A = 8,3$  kJ;  $Q = 20,7$  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.  $1,4 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ; 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.  $1,6 \cdot 10^{-17}$  J;  $-1,6 \cdot 10^{-17}$  J; 5,9 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 kJ. 28. 0,25 mm/s.  
29. 0,15 mm/s. 30. 20 mV/m. 31. 13 marta. 32. 2 A; 2 Om;  
8 V; 12 V. 33. 100 m. 34. 19,8 kOm; 2,2 Om.

IV BOB

1.  $a_x = -20x$ ;  $-0,1$  m/s<sup>2</sup>;  $0,2$  m/s<sup>2</sup>. 2. 80 sm. 3. 6 sm; 50 Hz;  
20 ms. 4. 1,4 sm;  $-1,4$  sm. 5. 1,9 m/s; 1,1 m/s<sup>2</sup>.  
6.  $x=0,001 \cos 1000\pi t$ ;  $v_x = -\pi \sin 1000\pi t$ ;  $a_x = -1000\pi^2 \cos 1000\pi t$ ;  
3,14 m/s; 9,9 km/s<sup>2</sup>. 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 J; 3,8 m/s. 13.  $1/8T$ ;  $3/8T$ ;  $5/8T$ ;  $7/8T$ . 14. 2,7 km/soat.  
15. 0,25  $\mu\text{s}$ . 16. 710 kHz dan 71 MHz gacha. 17.  $Q=0,6$  J.  
18.  $I_m = 0,1$  A. 19.  $e=0,1\pi \sin 10\pi t$ , ramka tekisligiga o'tkazilgan  
normal kuch chiziqlariga parallel 5 s<sup>-1</sup>; 0,01 Wb; 0,314 V. 20. 100.

V BOB

1. 0,8 m. 2. 3,9. 3. 12,6 lm/W; 10,2 lm/W. 4. Yerniki 27  
marta katta. 5. 8,8 marta. 6. 60°. 7. 35 lx; 14 lx. 8. Gorizontga

## Adabiyotlar ro'yxati:

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., Xolbayev I.* Atom fizikasi. – T.: «Istiqlol», 2013.
3. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Учеб. пособие: для вузов. В 5 т. Т. V. Атомная и ядерная физика. – М.: Физматлит: Изд-во МФТИ, 2002.
4. *Колмаков Ю.Н., Некар Ю.А., Лежнева Л.С., Семин В.А.* Основы квантовой теории и атомной физики. Учеб. пособие. – Тула, 2003.
5. *Шпольский Э.В.* Атомная физика, в 2 т. Т.1. Введение в атомную физику. – М.: «Наука», 1984; Т.2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. – М.: «Наука», 1984.
6. *Веклюнов R.B.* Atom yadrosi va zarralar fizikasi. – T.: «O'qituvchi», 1994.
7. *Шуриков Ю.М., Юдин Н.П.* Ядерная физика. – М.: «Наука», 1980.
8. *Polvonov S.R., Kanokov Z., Karuxodjayev A., Ruzimov Sh.M.* Atom fizikasidan masalalar to'plami. O'quv qo'llanma. – T.: O'zMU, 2006.
9. *Продов И.Е.* Сборник задач по атомной и ядерной физике. – М.: «Атомиздат», 1971.
10. *Продов И.Е.* Задачи по общей физике. – М.: «Наука», 1979.
11. *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.
12. *Saxarov D.I.* Fizika masalalari to'plami. – T.: «O'qituvchi», 1965.
13. *Балаш В.А.* Сборник задач по курсу общей физики. – М.: «Просвещение», 1978.
14. *Волькенштейн В.С.* Сборник задач по общему курсу физики. – СПб.: «СпецЛит», 2002.
15. *Chertov A., Vorobey A.* Fizikadan masalalar to'plami. – T.: «O'zbekiston», 1997.

## MUNDARIJA

So'zboshl .....	3
<b>I BOB. MEXANIKA</b> .....	5
1.1-§. Kinematika .....	34
1.2-§. Dinamika .....	36
1.3-§. Statika .....	58
1.4-§. Qattiq jism dinamikasi .....	62
1.5-§. Gidrostatika .....	72
1.6-§. Suyuqliklar va gazlar mexanikasi .....	76
1.7-§. Mustaqil yechish uchun masalalar .....	76
<b>II BOB. MOLEKULAR FIZIKA</b> .....	
2.1-§. Moikulyar-kinetik nazariya. Molekulalarning harakati. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi .....	96
2.2-§. Ideal gazning holat tenglamasi. Izojarayonlar .....	98
2.3-§. Issiqlik hodisalari va termodinamika asoslari. Suyuqlik va gazlarning bir-biriga aylanishi .....	99
2.4-§. Maksvell, Bolsman va Maksvell-Bolsman taqsimoti .....	113
2.5-§. Real gazlar va suyuqliklar .....	118
2.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar .....	122
<b>III BOB. ELEKTR VA MAGNETIZM</b> .....	129
3.1-§. Elektrosatika .....	143
3.2-§. O'zgaruvchan tok qonunlari .....	156
3.3-§. Elektromagnitizmning fizik asoslari .....	166
3.4-§. Mustaqil yechish uchun masalalar .....	166
<b>IV BOB. TEBRANISHLAR VA TO'LQINLAR</b> .....	172
4.1-§. Mexanik tebranishlar va to'lqinlar .....	174
4.2-§. Elektromagnit tebranishlar va to'lqinlar .....	183
4.3-§. Mustaqil yechish uchun masalalar .....	183
<b>V BOB. OPTIKA</b> .....	186
5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalari .....	196
5.2-§. Fotometriya .....	202
5.3-§. Yorug'lik interferensiyasi .....	206
5.4-§. Yorug'lik difraksiyasi .....	209
5.5-§. Yorug'likning qutblanishi .....	212
5.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar .....	212
<b>VI BOB. KVANT MEXANIKASI, ATOM YADROSÍ</b> .....	219
6.1-§. Elektromagnit nurlanishning kvant xususiyatlari .....	230
6.2-§. Bor atomi .....	235
6.3-§. Atom yadrosining xususiyatlari .....	240
6.4-§. Radioaktivlik .....	249
6.5-§. Yadro reaksiyalari .....	254
6.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar .....	258
Mustaqil yechishga doir masalalarning javoblari .....	262
Adabiyotlar ro'yxati .....	262

**S.R.Polvonov, X.S.Daliyev,  
E.X.Bozorov, G.S.Palyanova**

## **UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI**

«IJD-PRESS» nashriyoti  
Litsenziya AI №270

Muharrir *Sh. Rahimqoriyev*  
Musahhib *Yu. O'rinov*  
Dizayner *R. Tashmatov*  
Sahifalovchi *G. Kurhanbayeva*

Bosishga 10.12.2019-yil ruxsat berildi. Qog'oz bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
«Times TAD» garniturasida.

Shartli bosma tabog'i 16.20. Nashr bosma tabog'i 16,5.  
Ahladi 200. Buyurtma № 115

«Dizayn-Print» MChJ O'IchK bosmaxonasida chop etildi.  
100054, Toshkent shahri, Cho'pon ota ko'chasi, 28-a uy.  
Telefon: (71) 273-19-50, 273-19-51

