

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

UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAM

▶ ELEKTR VA MAGNETIZM

→ OPTIKA

▶ KVANT MEKANIKASI, ATOM YADROSI



9 789943 581548

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLYI VA O'RTA MAHSUS TAYLIM VAZIRLIGI

S.R. Polvorov, X.S. Daliyev,
E.X. Bozorov, G.S. Patvanova

UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI

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

Toshkent
«Ijod-Press»
2019

X.S.49
0.6.10

UO'K: 53(076.1)
KBK 22.3v6
D 17

Daliyev, X.S.

Umumiy fizikadan masalalar to'plami [Matn]: darslik. / X.S. Polvonov, X.S. Daliyev, I.X. Bozorov, G.S. Palvanova. — T.: «Jod-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 «Yanno» ikazgichlar fizikasi va mikroelektronikasi» laboratoriyasi mudiri, fizika-matematika fanlari doktori, professor **S.H.B. Utamuradova**;
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'limda tegishli asosiy formulalar, ustubiy 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

© Jod-Press nashriyoti, 2019.
© S.P. Polvonov, G.S. Palvanova, 2019.

SO'ZBOSHI

Fizika fanini o'rganishda masalalar yechish muhim ahamiyatga ega. O'quvchilar masalalar yechish jarayonida turli muammoli holatlarga 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, formulalar va formulalarni qisqacha bayon qilish bilan boshlanadi. Har bir mavzuga oid masalalar yechish namunalari keltirilgan bo'lib, ular o'quvchilarning fizika qonunlarini tushunishga va o'zlashtirish 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 USULIY KURSATIMALAR

Fizika masalalarini yechishda quyidagi reja yoki algoritimga rioya qilish maqsadga muvofiq.

1. Masala shartini diqqat bilan o'qib chiqing va unda qanday fizikaviy hodisa yoki jarayonlar berilyanligini 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'lchovining mos kelishini tekshiring.
10. Izlangan kattaliklarning son qiymatini topilgan ishchi formulaga qo'ying, matematik hisoblashlarni bajarib va uning fizik ma'nosini aniqlang.

I BOB

M E X A N I K A

- 1.1-§. Kinematika
- 1.2-§. Dinamika
- 1.3-§. Statika
- 1.4-§. Qattiq jisim dinamikasi
- 1.5-§. Gidrostatika
- 1.6-§. Suvuqlar va gazlar mexanikasi
- 1.7-§. Gidrodinamika
- 1.8-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1.1-§. Kinematika

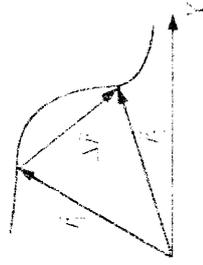
Asosiy formulalar

- Moddiy nuqtaning fazodagi holati **radius r vektor**, ya'ni koordinata boshidan mazkur nuqtagacha o'tkazilgan **vektor** bilan ta'riflanadi.
- Nuqtaning ko'chishi (Δy) — bu nuqtaning boshlang'ich holatidan oxirgi holatiga o'tkazilgan vektor va u mazkur nuqtadagi **radius-vektor** o'ntiramasiga teng.
- **Tezlik** deb, **harakatlanayotgan nuqtaning radius-vektoridan olingan bo'yicha olingan hosiliga** aytiladi:

$$v = \frac{dr}{dt} \quad (1.1)$$

- To'g'ri chiziqi tekis harakatda o'zlashib birlan tezlik o'zgarayotgan harakatlar ($v = v(t)$). **Tekis harakat tezligi nuqta ko'chishining shu ko'chish so'z birligi vaqtga nisbatiga teng:**

$$v = \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad \text{yoki} \quad v = \dot{y} \quad (1.2)$$



• Tezlanish deb a ni t vaqt bo'yicha olingan hosilaga yoki nuqtaning radius vektorining a bo'yicha olingan ikkinchi hosilaga aytiladi.

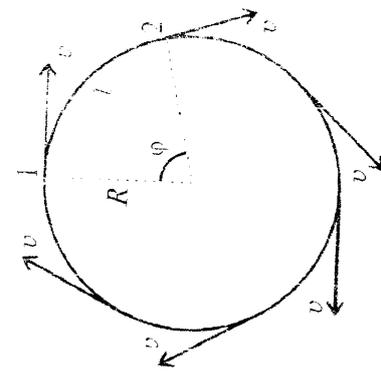
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2} \quad (1.3)$$

• Vaqt o'tishi bilan tezlanish o'zgaraydigan ($a \neq const$) harakat tekis o'zgaruvchan harakat deyiladi. Markaz harakatda harakat tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$v = v_0 + at, \quad (1.4)$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1.5)$$

bu yerda v_0 — boshlang'ich tezlik.



• Jisning aylana bo'ylab harakati egri chiziqli harakating xususiy holi hisoblanadi. Kinematikada harakatning bunday ko'rinishi ham ko'rib chiqiladi. Egri chiziqli harakatda jisn tezlik vektorining yo'nalishi har doim vaqt traektoriyaga **urinma** bo'ladi. Xuddi shunday hol aylana bo'ylab harakatda ham sodir bo'ladi. **Aylana bo'ylab tekis harakatda** nuqtaning harakatini xarakterlash uchun quyidagi kattaliklar kirtilgan: **chastota ν , aylanish davri T va burchak chastota ω .**

• *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** ω atrofiga teng bo'ladi:

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

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

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

• **burchak tezlik** bilan **v chiziqli tezlik** orasida quyidagi munosabat mavjud:

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

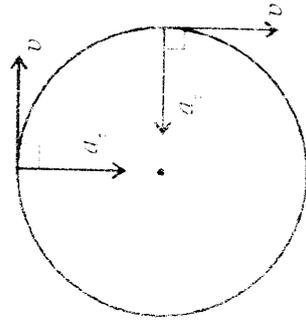
• Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakatida to'liq tezlanish a tangensial a_t va normal a_n tezlanishlar vektorlar yordamidan iborat. To'liq tezlanish moduli quyidagiga teng:

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

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 YECHISHIGA NAMUNALAR

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

Berilgan: $v_1 = 48$ m/s; $v_2 = 14$ m/s.

Topish kerak: $v = ?$

4-masala. Tezligi 100 m/s bo'lgan samolyot uchish-qa'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:

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

Shu 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 holatdan boshlab birinchi tekis harakatlandi bilan o'tdi, so'ngra 0.1 min davomida sekinlanuvchan harakat qildi. Butun harakatlanish vaqtidagi o'rtacha tezlikni toping.

Berilgan: $t_1 = 4$ s; $a = 1$ m/s²; $t_2 = 0.1$ min = 6 s.

Topish kerak: $v_{\text{ort}} = ?$

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

$$S_1 = \frac{at_1^2}{2}. \quad (1)$$

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

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

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

$$S_3 = v_1 t_3 - \frac{at_3^2}{2}. \quad (3)$$

Masalada so'ralayotgan o'rtacha tezlik formulasi 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:

$$v_1 = at_1 = 4 \text{ m/s}. \quad (5)$$

Demak,

$$S_1 = v_1 t_2 = 24 \text{ m}.$$

t_2 quyidagi formulaga asosan topiladi:

$$0 = v_1 - at_2 t_3.$$

Bundan,

$$at_2 = \frac{v_1}{t_3}. \quad (6)$$

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

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

Bundan

$$t_3 = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ s.}$$

Aniqlangan qiymatlarni (1) ifodaga qo'yamiz va quyidagi qiymatni olamiz: $v_{0r} = 2,6 \text{ m/s}$.

$$\text{Javob: } v_{0r} = 2,6 \text{ m/s.}$$

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?

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

$$\text{Topish kerak: } v_{3s} = ?$$

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: $v_{3s} = 5 \text{ m}$.

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

7-masala. Moddiy nuqta to'g'ri chiziq bo'yicha harakatlanmoqda. Uning harakat tenglamasi $S = t^2 + 2t + 1$. Moddiy nuqta-ning harakat boshlanganidan ikkinchi sekund o'rtidagi o'rtiq tezligi va tezlanishi, shuningdek, ushbu yo'l davomida bosib o'tilgan yo'l va o'rtacha tezligi topilsin.

$$\text{Berilgan: } S = t^2 + 2t + 1, t = 2 \text{ s.}$$

$$\text{Topish kerak: } v = ?; a = ?; v_{\text{ort}} = ?.$$

Yechilishi. O'rtiq tezlik yo'llan vaqt bo'yicha olingan birmunchi tartibli hosiladir, ya'ni:

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

O'rtiq tezlanish tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birmunchi tartibli hosiladir, ya'ni:

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

$v = t - t_0$ vaqt davomidagi moddiy nuqtaning o'rtacha tezligi bo'lgan formulaga bo'yicha aniqlaniladi:

$$v_{\text{ort}} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S(t) - S(t_0)}{t - t_0}.$$

$$t_0 = 0 \text{ bo'lganda}$$

$$v_{\text{ort}} = \frac{t^2 - 2t^2 + 5 - 5}{t} = t^2 + 2t = 12 \text{ m/s.}$$

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

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

$$\text{Javob: } 24 \text{ m.}$$

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

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

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

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

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

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

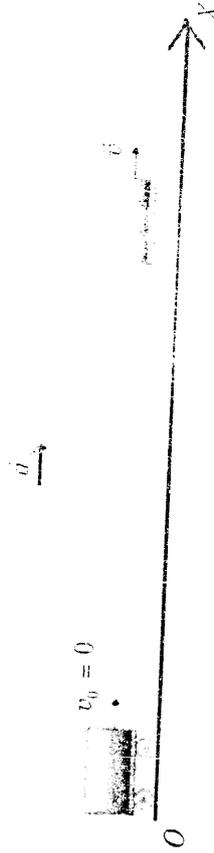
$$l = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-\Delta t)^2}{2}.$$

Ushbu formuladan t ni topamiz va $h = gt^2/2$ 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. Ilgarilama harakat kinematikasiga ko'ra, aravacha harakatini xarakterlovchi kinematik tenglamani vektor ko'rinishida yozib olamiz:

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

Ilgarilama vektor ko'rinishida bo'lgani uchun uning proyeksiyasini o'ralamiz lozim bo'ladi. (1) ning OX koordinata o'qiga proyeksiyasini

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

$$v = at.$$

$$v_{avr} = \frac{v+0}{2} = \frac{v}{2} \quad \text{yoki} \quad v_{avr} = \frac{at}{2}.$$

Demak,

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

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

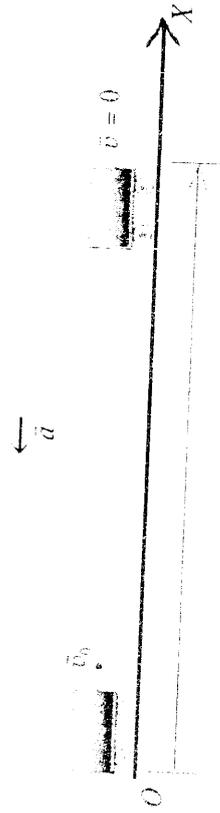
12-masala. Tezligi 12 m/s bo'lgan avtobusning tormozlanish vaqti 54 m. Avtobus tormozlana boshlagandan to'xtaguncha qancha vaqt o'tadi?

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

Topish kerak: $t = ?$

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

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



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:

$$S = v_0 t - \frac{v_0 t^2}{2} = \frac{av_0 t^2}{2}$$

va bundan

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

kelib chiqadi.

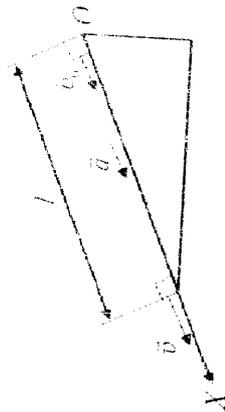
$$t = \frac{2 \cdot 54}{12} \text{ s} = 9 \text{ s.}$$

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 mazmunidan kelib chiqib chizma chizamiz. Bunda chang'ichning ilgari-ana harakatini xarakterlovchi kinematik kattaliklarni chizmada ko'rsatamiz. Ilgarilarni harakat kinematika bilan foydalanib,



bu harakatning kinematik tenglamasini vektor ko'rinishida o'qitib o'qiylik.

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

U tenglamaning Ox koordinata o'qiga proyeksiyasi quyidagicha:

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

tenglamadan t ni topib olamiz:

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

(2) ni (1) ga qo'ysak,

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

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

(3) \rightarrow (2)

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

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

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

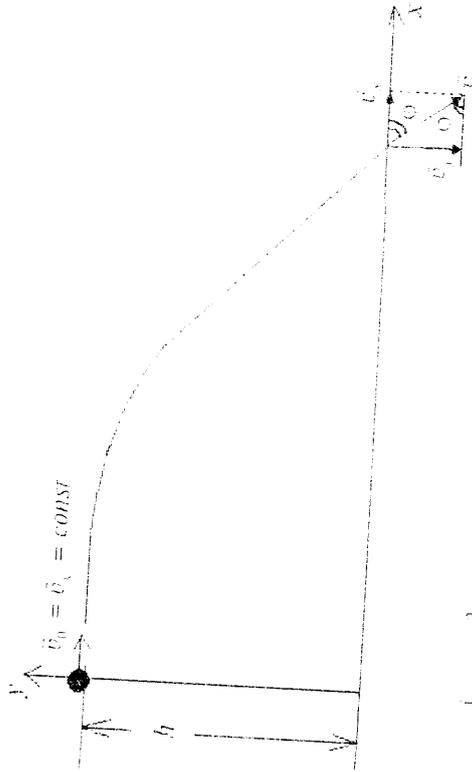
Chang'ichning qiya tekislik uchidan pastgacha tushish vaqti t quyidagiga teng bo'ladi:

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

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 vektorini suv siri 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/s²
Topish kerak: $t = ?$; $v = ?$; $\varphi = ?$
Yechilishi.



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

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

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

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

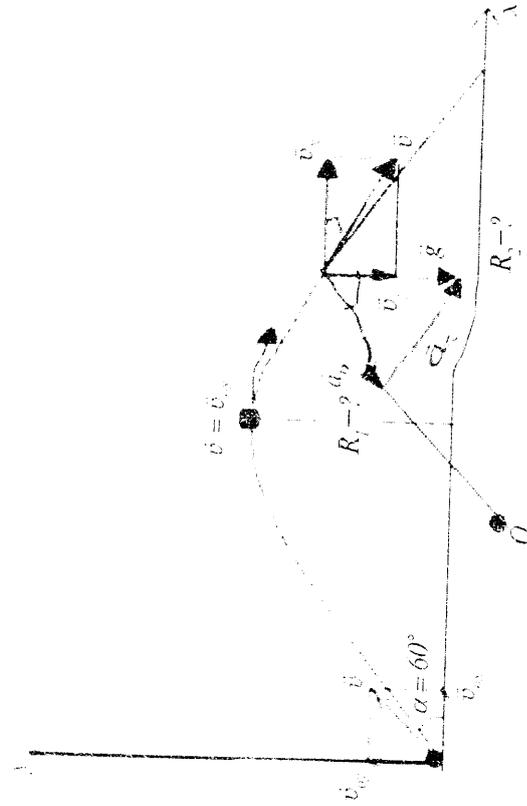
$$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} = \sqrt{15^2 + (2 \cdot 10)^2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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

Javob: 53°.

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

Berilgan: $\alpha = 60^\circ$; $v_0 = 10$ m/s.
Topish kerak: $R_1 = ?$; $R_2 = ?$
Yechilishi.



Chizmadan ko'rinib turibdiki,

$$\begin{aligned} v_{0y} &= v_0 \cos \alpha, & v_{0y} &= v_0 \sin \alpha, & v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ a &= \sqrt{a_n^2 + a_t^2} & & & & = g \end{aligned}$$

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

17-masala. Sihar tarmovdan yunalab 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'qi kiritib olamiz. Sharchaning harakatini xarakterlovchi tenglamalarni vektor ko'rinishida yozib olamiz:

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

(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 tarmov oxiridagi tezligi v ni aniqlay olamiz:

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

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

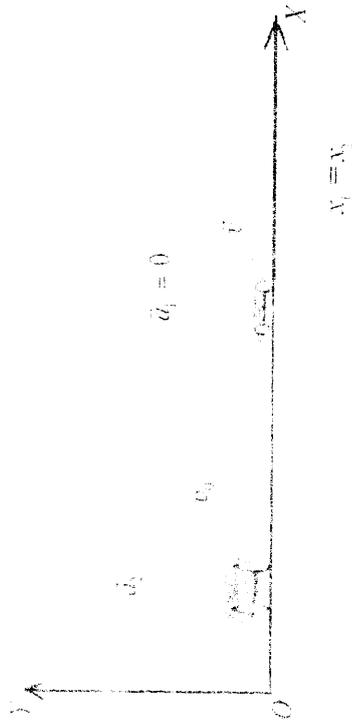
Javob: 0,3 m/s

18-masala. DAN pesti yonidan katta tezlik v bilan avtomobil yo'l bo'yida o'ng yo'l bilan tenglashganda DAN inspektori uni boshqa yo'l bo'yida qayta boshladi. DAN inspektori avtomobilning harakatini tezlanuvchan deb hisoblab, uning qochayotgan avtomobilni qayta yelgan tezligi a ni aniqlang.

O'zbek uchun qochayotgan avtomobilni -1, DAN inspektori avtomobilni esa -2 deb belgilab olamiz. Qochayotgan avtomobilni tezlanuvchan deb qarash mumkin, $a_1 = 0$ hamda masala hamda qochayotgan avtomobilni uchun uning tezlanishi biror a qiymatga ega bo'ladi, $a_2 = a$. Harakat boshida $v_{02} = 0$ ekanligi masala shartidan ma'lum. DAN inspektori qochayotgan avtomobilni qayta yelganda ularning oxirgi koordinatalari bir xil bo'ladi: $x_1 = x_2$.

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

Topish kerak: $a = ?$



Yechilishi. Avtomobillarning harakat tenglamalarini vektor ko'rinishida yozib olamiz:

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

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

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

$$x_2 = v_{02} t + a_2 t + \frac{a_2 t^2}{2}. \quad (4)$$

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

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

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

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

$$(7)$$

(7) ifodadan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$x_0 + v_1 t + \frac{at^2}{2} = x_0 + v_1 t + \frac{at^2}{2}, \quad (8)$$

Masala shartida berilganlardan foydalanib,

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

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

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

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

$t = 0$ hamda

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

(9) va (5) dan

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

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

19-masala. Tinch turgan sharcha tarmoqdan 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; $t_2 = 10$ s.

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



Yechish. Masala nazarinidan kelib chiqib chizma chizamiz. v_0 va v_1 vektorining ifodalama turakatini xarakterto'levchi kinematik kattaliklarni chizmada ko'rsatamiz.

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

$$S_4 = v_1 t_1 + \frac{at_1^2}{2}; \quad S_{10} = v_1 t_2 + \frac{at_2^2}{2}.$$

Masalada berilganlar asosida yuqoridagi tenglamalarning OX o'qqa proyeksiyalarni 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 $\Delta S_4 = S_4 - S_3$ ni, o'ninchi sekundda bosib o'tilgan yo'l deyilganda esa $\Delta S_{10} = S_{10} - S_9$ ni tushunamiz.

(1) ga ko'ra,

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

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

qab yozib olishimiz o'rinnidir. Matematik soddalashtirishlardan keyin quyidagi ifodalarga ega bo'lamiz:

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

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

Demak, umumiy holda n -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:

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

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

Javob: 38 sm.

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

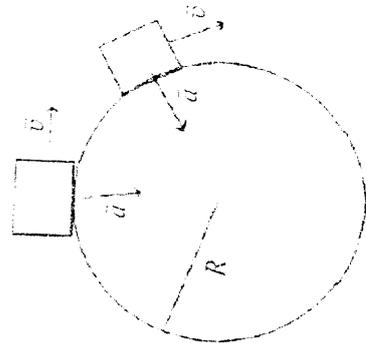
Berilgan: $R = 750 \text{ m}$; $v = 54 \text{ km/soat} = 15 \text{ m/s}$.

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

Yechilishi. Masalaning mazmunini to'liq tushunib olgan mos

chizma chizamiz.

Aylanma harakatda markazga inilma tezlanish formulasiidan 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 te'lik 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:

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

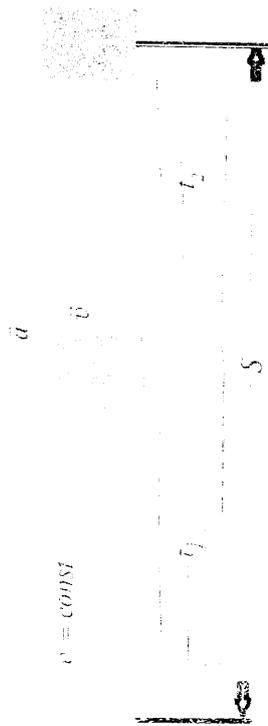
$a' = 0,075 \text{ m/s}^2$; $0,075 \text{ m/s}^2$.

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

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

Topish kerak: $S = ?$

Yechilishi. Masala shartiga mos chizma chizamiz.



Masalani yechish uchun kinematika formulalariga murojaat qilamiz:

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

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

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

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'yaniz:

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

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

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

(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 torayotgan poyezddan uzib yuborilgan oxirgi vagon tekis sekinlayuvchan 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.

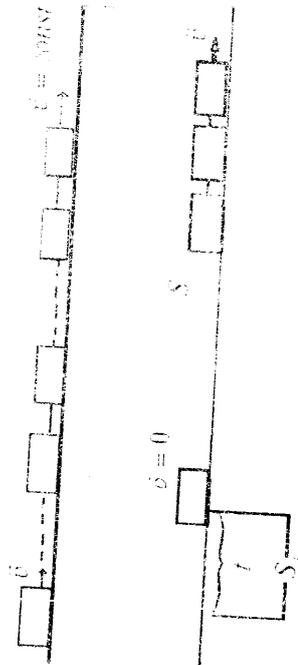
Masalani yechish uchun uning mazmunini to'liq tahlil qilib, unga mos chizma chizamiz.

Masala shartidan bizga tormozlanish yo'li berilgan:

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

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

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



1 m/s² ni topib olamiz:

$$t = \frac{v_1 - v_0}{a}, \quad (2)$$

Endi poyezdning bosib o'tgan yo'lini

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

topib olishimiz kerak. Poyezd tekis harakat qilgani uchun uning tezlashishi $a = 0$ bo'ladi. Buni hisobga olsak, (3) formula quyidagi shaklga keladi:

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

bu yerda (2) ning o'rniga (2) ni qo'yaniz:

$$S_2 = v_0 \frac{v_1 - v_0}{a} = 2 S_1 = 2 \text{ km}.$$

Javob: 2 km.

23-masala. Radiusi 1,5 m bo'lgan shamol g'ildiragi minutiga bir marta aylanadi. G'ildirak parragi uchidagi nuqtaning mar-kaziga tezlanishi qanday bo'ladi? Chastotasi (oy/min) da) $v = 1$ bo'lganda markazga intilma tezlanish 2 marta katta bo'ladimi? *Yechilishi.* $R = 1,5 \text{ m}$; $A = 30$; $t = 60 \text{ s}$.

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

Yechilishi. a) Bu masalani yechish uchun aytaymiz harakatning markazi formulalaridan foydalanamiz:

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

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

(2) → (1)

$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 1,5}{7^2}, \quad (3)$$

$$T = \frac{1}{\nu}. \quad (4)$$

(4) → (3)

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

(5)

(5) ishchi formulaga masalada berilgan koeffitsientning qiy matini qo'yib hisoblaymiz:

$$a = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot 1,54 \cdot 30^2}{50^2} = 14,79 \text{ m/s}^2.$$

b) Masalani shartiga ko'ra tezlashimiz 2 marta katta bo'lishi uchun chastota qanday bo'lishi kerak? Demak bumpa ko'ra tezlashini $a = 29,6 \text{ m/s}^2$ 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 ν ni topamiz:

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

(2) ishchi formula yordamida hisoblashimiz bajaramiz.

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

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

24-masala. Avtomobil 2 m/s tezlash 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.

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

$$v = \frac{2S - at^2}{2t}, \quad (2)$$

a



(1) dan 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 jisim tushishning oxirgi sekundida 75 m yo'l o'tgan bo'lsa, qanday balandlikdan tushgan?

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

Topish kerak: $h = ?$

Yechilishi. Avval masala shartiga mos chizma chizib olamiz.



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

(1) dan t ni hisoblaymiz. T-noma bilan

topish uchun uni t -sekunda bosib

qolgan yo'l formulasi yordamida hisoblaymiz:

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

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

$S = 75 \text{ m}$ (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 boshlaganda 30 s o'tgacha to'xtadi. To'xtovlanish boshlangandagi tezligi va o'tmozlarini yig'ib topibdi.

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

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

Yechilishi.

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

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

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

$$S_1 = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 30 \text{ s}}{2} = 225 \text{ m}$$

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: $v_0 = 0$; $t_1 = 1 \text{ s}$; $t = 2 \text{ s}$; $2) t = 4 \text{ s}$.

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

Yechilishi.

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

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

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

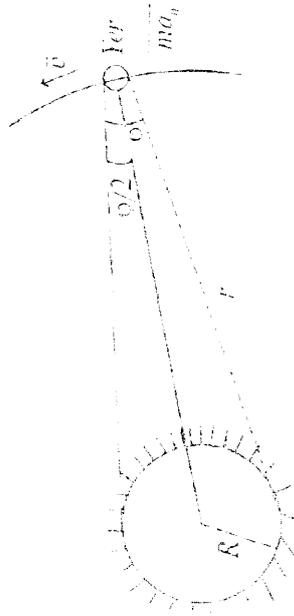
$$\Delta S_2 = v_0 t_2 = g \cdot t_0 \cdot t_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ s} \cdot 4 \text{ s} = 40 \text{ m},$$

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

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

Javob: 25 m; 45 m.

28-masala. Quyidagi ma'lumotlarga ko'ra, Quyosh sirtidagi 1 m chuqurlik rebarishini toping. Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa $1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$, Quyoshning Yerdan ko'rinish burchagi $9,3 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$, Yerning Quyosh atrofidagi aylanish davri $3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$. Berilgan: $r = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$; $\varphi = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$; $T = 3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$. Topish kerak: $g = ?$ Yechilishi.



$$\left(\tan \frac{\varphi}{2} \right)^2 = \frac{R}{r},$$

$$R = r \cdot \left(\tan \frac{\varphi}{2} \right)^2 \approx r \cdot \frac{\varphi^2}{2},$$

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

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

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

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

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

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

Javob: 274,25 m/s².

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

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

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,

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

bo'ladi.

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

1.2-§. Dinamika

Asosiy formulalar

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

$$\sum F = m \cdot a,$$

bu yerda $\sum F$ — jismga bir vaqtda ta'sir qiluvchi kuchlarning vektor yig'indisi, ya'ni teng ta'sir etuvchi kuch; m va a — jism massasi va uning tezlanishi.

• *Bo'yamsiz ishqatlanish kuchi moduli tayanchning reaksiya kuchi bo'yicha proporsionaldir:*

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

bu yerda μ — sirning xususiyatiga bog'liq bo'lgan sirpanish ishqatlanish ko'rsatkichi, N — tayanchning reaksiya kuchi.

• *Ikki moddiy nuqta bir-birni ularni tutashiruvchi to'g'ri chiziq bo'yicha harakat qilganda, ularning massalari ko'paymasiga to'g'ri va teskari nisbatdagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lgan kuchi 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 massasi va uning harakat tezligiga ko'paymasiga teng bo'lgan vektor kattalikka aytiladi:*

$$p = mv,$$

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

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

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

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

bu yerda α — kuch yo'nalishi bilan ko'chish orasidagi burchak.

• *Quvvat* deb, bajarilgan A ishning shu ishni bajarishga ketgan 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:

$$N = F \cdot v.$$

olsak, u holda Nyutonning ikkinchi qonuniga asoslan

$$mg - F = ma,$$

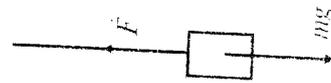
$$F = m(a - g) = -50 \text{ N}.$$

Javob: -50 N .

2-masala. Blok orqali o'tgan ipning bir uchiqa 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 kuchi tortilishi lozim?

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

Topish kerak: $F = ?$



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

$$ma = F - mg.$$

Bundan,

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

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

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

Javob: 108 N .

3-masala. Kishi o'zaro bog'langan ikkita chananani 39° 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 kg dan. Ishqalanish koeffitsiyenti $0,3$.

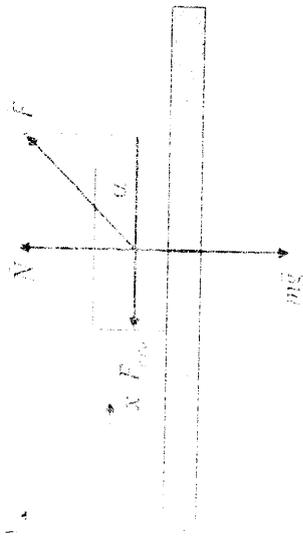
Berilgan: $\mu = 0,2$.

Topish kerak: $a = ?$

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

Bu ikki chanaadan iborat tizim uchun Nyutonning ikkinchi qonunini yozamiz:

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



Bu holda F tortish kuchi: $m = 70 \text{ kg}$; $F_{\text{shq}} =$ ishqalanish kuchi; N — normal tayanchning natijaviy normal reaksiya kuchi.

Uch burchakning ishqalanish kuchlari bir xil bo'lib, F_{shq} va N ta'sir o'zaro quyidagi munosabat bilan bog'langan:

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

Harakat tenglamalarini o'qlarga proyeksiyalari ko'rinishida yozamiz:

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

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

Ushbu tenglamalarda harakat gorizontal sirt bo'ylab sodir bo'layotganini qaramasdan, tayanchning N reaksiya kuchi mg ga teng bo'ladi. (3) va (4) tenglamalardan tortish kuchining ifodasini yozamiz:

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

Javob: 240 N .

4-masala. Yuk mashinasi qanday tezlanish bilan yurib ketishi uchun uning kuzovidagi bog'lanmagan yuk uning orqa devori uchun siljirmaydi? 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 bo'lmagan yuqinlashsinki, bunda yuk siljirmagan, ammo siljish

Bundan

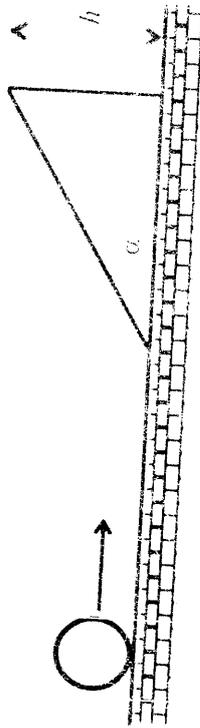
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g(\sin \alpha - \operatorname{tg} \beta \cos \alpha) \sin \alpha}} = 1 \text{ s.}$$

Javob: 1 s.

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

Berilgan: h ; α .

Topish kerak: v_{\min} — ?



Yechilishi. Sharcha pona bilan to'qnashgandan keyin u gorizontalga nisbatan 2α 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:

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

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

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

$$h = h \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{h \operatorname{ctg} \alpha \sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} = \frac{2h \sin \alpha \cos \alpha}{\cos 2\alpha} = h.$$

4)

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

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

7 masala. Radiusi Yer radiusidan uch marla kichik va o'rtacha a'hlivi Yerning o'rtacha zichligidan 40% ga kichik bo'lgan planeta muvohshlang'ich tezliksiz erkin tushayotgan jism 3 s davomida qanday masofa bosib o'tadi? Yerdagi erkin tushish tezlanishini 10 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 topamiz:

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

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

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

45

Bu yerda $g_y = 0,4 \text{ m/s}^2$ ekin tush ish qiymatini (1) formulaga qo'yamiz va $S = 18 \text{ m}$ qiymatini olamiz.

Javob: 18 m.

8-masala. Gorizontal uchib ketayotgan massasi m bo'lgan o'q massasi M bo'lgan pona sirtiga urilib undan elastik qaytgan va vertikal yuqoriga biror-bit balandlikka ko'tarilgan. To'qnash gandan keyingi ponaning gorizontal 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'qnashgacha 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:

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

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

9-masala. Tezligi 800 m/s va massasi $m = 10 \text{ g}$ bo'lgan o'q yog'ochga sanjilib 10 sm kubi qalqan. O'qning yog'och ichidagi harakatini tekis sekulinuvchan deb olib, yog'ochning qarshilik kuchi va o'q yog'och ichida qancha yoqilganlik qilganini toping.

$t = 0,01 \text{ s}$; 800 m/s ; $m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$; $l = 10 \text{ sm} = 0,1 \text{ m}$.

Topish kerak: $F = ?$; $W = ?$

Yechilishi. Bu yerda o'q kinetik energiyasining kamayishi o'qning yoqilish uchun zarur bo'lgan ish bajarishga sarf qilinadi.

Ushbu ish

$$W = A,$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = F \cdot l,$$

undandan

$$F = \frac{mv_0^2}{2l} = 32 \cdot 10^3 \text{ N} = 32 \text{ kN}.$$

Ushbu tomondan masala shartiga ko'ra, o'qning yog'och ichida harakatini tekis sekulinuvchan deb hisoblash mumkin.

Ushbu harakatning uzoq tezlik o'zgarishi $v = v_0 - at$ bo'ladi, agar

$t = 0$ va $v = 0$ bo'lgan paytda $v = 0$ ekanini hisobga olsak, $v_0 = Ft/l$.

Ushundan o'qning harakatlanish vaqti

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

topiladi, shu qadar.

Javob: 2,5 ms.

10-masala. Massasi 2 t bo'lgan samolyot 400 m balandlikda o'z tezligini yanayotgan edi. Samolyot dvigateli o'chiriladi, samolyot bir paytda samolyot tezligi 30 m/s bo'lsa, qo'nish chog'ida havoning qarshilik kuchini yengishga qurshi qancha ish bajarilganini toping.

Berilgan: $m = 2 \text{ t} = 2 \cdot 10^3 \text{ kg}$; $H = 400 \text{ m}$; $v_0 = 50 \text{ m/s}$;

$v = 30 \text{ m/s}$.

Topish kerak: $A = ?$

Yechilishi. Dvigatel o'chirilgandan keyin samolyotga og'irlik kuchi va havoning qarshilik kuchi ta'sir qiladi. Havoning qarshilik kuchi yoqilishga qurshi bajarilgan ish esa samolyot to'liq mexanik energiyasining o'zgarishiga teng.

$$A = W_1 + W_2,$$

va ulardan quyidagini olamiz:

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

Endi bak bilan bog'langan $O'x'y'$ koordinatalar sistemasiga o'tamiz. Suv yuzasidan yuqari qal'ami qiziq qiziq qiziq qiziq qiziq. Bu qatlami og'irlik kuchi mg , undan pastda yotuvchi suv qatlami tomonidan reaksiya kuchi N_1 va inertsiya kuchi $F_1 = ma$ ta'sir etadi. Nyutonning II qonuniga ko'ra, $O'x'y'$ koordinatalar sistemasida bu qatlam uchun

$$mg - N_1 + F_1 = 0$$

ifoda o'rini bo'ladi. Bu yerda m - qatlamning massasi. Bu tenglamani koordinatalar 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 qildigan burchak β ni topish mumkin:

$$\beta = \alpha - \arctg \mu.$$

Javob: $\beta = \alpha - \arctg \mu$.

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

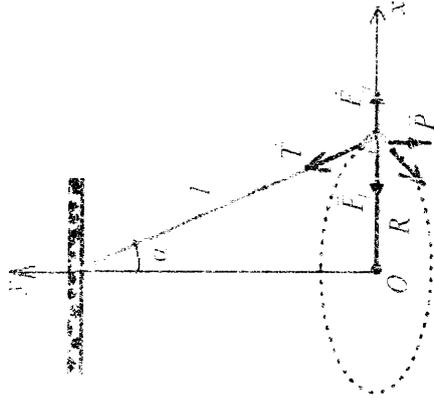
Berilgan: α, l .

Topish kerak: $v = ? T = ?$

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

$$P + F_1 + T + F_2 = 0.$$

Bu kuchlarning vektor yig'indisini shu ko'rinishda hisoblash mumkin bo'lmaganligi uchun ularni skalar ko'rinishda yozib olamiz. Bunda ularning Ox va Oy o'qlariga proyeksiyalarini olamiz:



$$Ox: T \sin \alpha - F_1 = 0, F_2 = F_3$$

va

$$Oy: T \cos \alpha - P = 0.$$

$$T \cos \alpha = P,$$

bu yerda P - aylanma va markazdan chiqish yo'nalishida bo'lgan markaziy kuchning moduli, T - ipning ta'sir kuchidir va yo'nalish jihatidan ko'rib chiqilsa: $F_1 = F_2$ va $F_2 = F_3$ bo'lsa, T ni topib olsak,

$$T \cos \alpha = P \Rightarrow \sin \alpha = \frac{F_1}{T} = \frac{F_2}{P \cos \alpha}.$$

Bundan ham $\sin \alpha = R/l$ ga e'tibol qilsak,

bu e'tibollarning chap tomonlari tengligidan ularning o'ng tomonlari ham teng deb olishimiz mumkin:

$$\frac{F_1}{P \cos \alpha} = \frac{R}{l},$$

bu yerda

$$F_1 = \frac{mv^2}{R}, P = mg,$$

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

bu yerda

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

Ikkinchi tomondan, aylanna harakatda chiziqli tezlik $(2\pi R)/T$ ga ham teng. Oxirgi ikkala ifodadan aylanish davri T ni quyidagi ifodani hosil qilamiz.

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

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

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

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.

Yechitishi. Masalaning mazmunidan kelib chiqib chizma chizib olamiz. Chizmada kuchlar va kinematik kattaliklarni ko'rsatamiz. Endi bu chizmaga tegishli dinamika tenglamasini tuzib olamiz:

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

$$\vec{T}_3 + \vec{P}_3 = 2m\vec{a}. \quad (2)$$

OY o'qiga proyeksiyalaymiz.

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

$$T_3 - P_3 = 2ma, \quad (4)$$

$$P_1 = 3mg, \quad P_3 = 2mg, \quad T_2 = T_1 = T$$

eklanligini hisobga olsak

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

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

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

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

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

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

$$mg = 5ma,$$

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

U bu formulaga (7) ni chiqarib oldik, endi hisoblaymiz:

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

Javob: 2 m/s^2 .

15-masala. Prujinaga osilgan yuk uni 14 smga cho'zadi. Prujinaning yuk posiga yo'nalgan 2.8 m/s^2 tezlanish bilan harakatlanadigan paytdagi cho'ziishi topilsin.

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

Yechish kerak: $\Delta x_2 = ?$

Yechitishi. Masala shartiga mos chizma chizamiz. Ta'sir etayotgan kuchlarni aniqlab chizmada ko'rsatamiz.

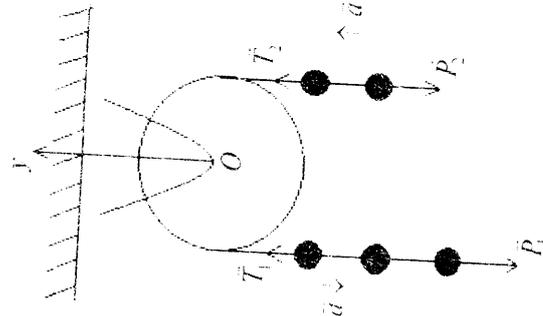
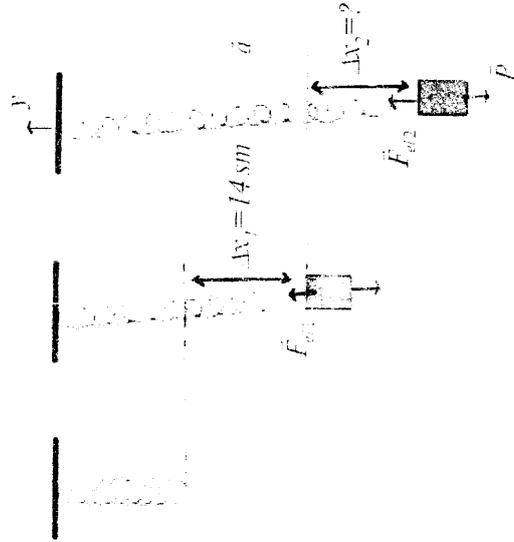
Prujinaga yuk osilgan hol uchun prujinaning bikiroqni topib olamiz:

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

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

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

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



OY o'qiga proeksiya olamiz:

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

$$F_{oz} = P - ma,$$

$$F_{oz} = k \Delta x_2$$

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

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

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

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

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

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

ishchi formulamiz hosil bo'ladi. Hisoblashlarni bajarimiz:

$$\Delta x_2 = \frac{(16 - 2,8) \cdot 14}{10} = 10 \text{ sm}.$$

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 harakatlanaadi? Harakat boshlangandan 5 s o'tgach, yuklar qanday tezlikka erishadi? Shu vaqt davomida yuklarning har biri qancha yo'l o'tadi? Ishqalanishi hisobga olinmasin.

Berilgan: $m = 230 \text{ g} = 2,3 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$; $m' = 30 \text{ g} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$; $t = 5 \text{ s}$.

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

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

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

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

$$P' = P + m'g.$$

$$(1)$$

Formulalar yig'indisini tuzib olamiz:

$$T - P = (m + m')a, \quad (2)$$

$$T = ma,$$

(2) va (3) ni qo'shib ko'raymiz:

$$T' = (m + m')a, \quad (3)$$

$$T = ma$$

$$P' - P = (m + m')a, \quad (4)$$

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

$$T' - (m + m')a = ma = P,$$

$$T' - P = ma = (m + m')a,$$

$$T' - P = a(m - m' + m).$$

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

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

(6) va (4) formulaga berilgan qiymatlarni qo'yib hisoblaymiz:

$$a = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} + 30 \cdot 10^{-3}} = \frac{300}{400} = 0,61 \text{ m/s}^2.$$

(6) ni keyin erishadigan tezligini topish uchun

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

qo'llanilamiz.

Shu vaqt $t = 5$ bo'lgan uchun

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

olamiz:

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

Shu vaqt davomida yuklarning har biri bosib o'tgan yo'li S ni uchun ham kinematika formulalardan foydalanamiz:

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

Bu holda ham $v_0 = 0$ ekanligini hisobga olamiz va (9) formulni quyidagicha bo'lad:

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

(10) ishchi formula orqali hisoblaymiz:

$$S = \frac{0,65^2}{2} = 7,5 \text{ m.}$$

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 atrofiga 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'zgaragan 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'ladi. Agar tortishish kuchi

$$F = G \frac{Mm}{R^2} \quad (6)$$

bo'lsa, u holda

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

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

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

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

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

$$T \approx R^2$$

bo'lar ekan.

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

bo'lsa,

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

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

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

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

Berilgan: $d = 0,2$ m, $m = 0,8$ kg.

Topish kerak: $J = ?$

Yechilishi:

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

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

$$J = \frac{1}{2} mR^2 + \frac{mR^2}{4} = \frac{3}{4} mR^2,$$

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

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

1.5-§. Gidrostatika

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 ichish tubiga beradigan bosimi:

$$P = \rho gh.$$

Arximed kuchi. Suyuqlikka yoki gazga botirilgan jismini itarib chiqaruvchi kuch jism siqib chiqargan suyuqlik yoki gaz og'irligiga teng:

$$F_A = \rho gV.$$

bu yerda ρ — suyuqlik yoki gazning zichligi, V — suyuqlik yoki gazga botirilgan jism qismining hajmi.

MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

1 masala. Kovak kubga yuqori qismigacha to'ldirib suv qudumining idish tubiga berayotgan bosim kuchi uning yon tomonlariga berayotgan bosim kuchidan qancha marra katta? Uzunlari bosimni hisobga olinmasin.

Topish kerak: $F/F_0 = ?$

Yechilishi. Idish tubiga berilayotgan bosim kuchi

$$F_1 = PS,$$

bu yerda P — suv usturing idish tubiga bosimi; S — kub yoqlarining yuzasi. Yon devoriga berayotgan bosim chuqurlik oshishi bilan o'zgarib, P_2 ga o'zgaradi. Shu sababli bosim kuchi quyidagiga teng:

$$F_2 = \frac{h_2}{h_1} P \cdot S.$$

Bosim kuchlari nisbati quyidagiga teng:

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

Javob: 2.

2 masala. Silindrik idishga teng massali simob va suv quyilgan. Uzun suyuqlik qatlamining umumiy balandligi 29,2 sm. Suyuqlikning 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/m³; $\rho_2 = 1 \cdot 10^3$ kg/m³.

Topish kerak: $P = ?$

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

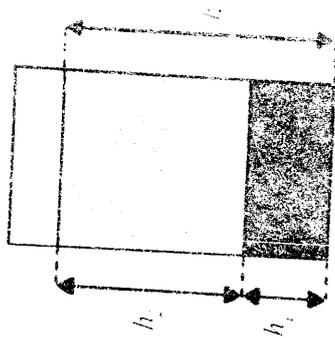
$$P = P_1 + P_2, \quad (1)$$

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

$$P_1 = \rho_1 gh_1, \quad (2)$$

$$P_2 = \rho_2 gh_2, \quad (3)$$

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



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

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

Suvuqlardan tashqari barcha baliqni qilib, ya'ni h_1 va h_2 barcha shartlardan foydalangan holda topamiz. Masalan, shunda suyuqliklarning massalari tengi $m_1 = m_2$ yoki $\rho_1 h_1 S = \rho_2 h_2 S$. Bu yerda S — idish asosining yuzi. Bu ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

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

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:

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

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: $F_1 = 500 \text{ N}$; $h_1 = 15 \text{ sm}$; $h_2 = 5 \text{ sm}$; $h_2 = 0,05 \text{ m}$.
Topsh kerak: $F_2 = ?$

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

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

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

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

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

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

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

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

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

$$V_1 = V_2$$

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

$$S_1 h_1 = S_2 h_2$$

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

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

Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

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

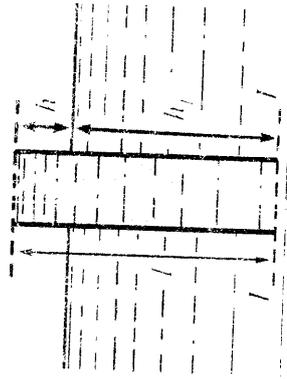
Ushbu formulalarga kattaliklarning kichik porsheni F_1 kuch bilan o'ynash natijasida hosil bo'lgan suyuqlik quvchasi bosim hosil bo'ladi:

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

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

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

Berilgan: h ; $\rho_1 = 0,9 \text{ g/cm}^3 = 0,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
 Topish kerak: l - ?



Yechilishi. Truba moy bilan to'ldirilgan, unda truba asosidagi sathda ($l-h$) 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 ρ_1, ρ — mos holda moy va suv zichliklari,

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

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

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

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

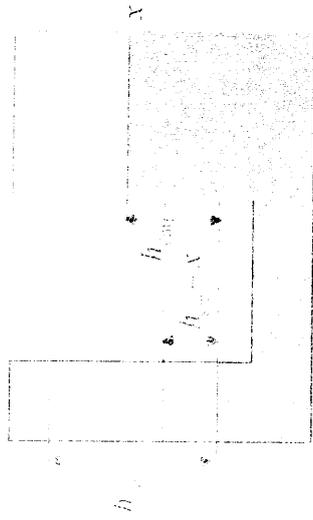
Javob: $10h$.

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

Berilgan: $n = 2$; $h_{\text{suv}} = 1,02 \text{ m}$; $\rho_{\text{sim}} = 13600 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{sim}} = 13600 \text{ kg/m}^3$.
 Topish kerak: x — ?

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

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



U-tube idishdagi simob sathining o'zgarishini x bilan belgilaymiz. U-tube ning hajmi o'zgarishsizlik shartini yozamiz (keng idishdagi simob sathining o'zgarishi tor idishdagi hajmining kamayishiga teng bo'ladi):

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

(1) va (2) ifodalardan,

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

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

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

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

Topish kerak: ρ — ?

Yechilishi. Jismining suyuqlikdagi og'irligi deb, tayanch yoki o'ziga 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:

$$m = \rho V.$$

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

$$V_b = \frac{P-T}{\rho_1 g} = \frac{P}{\rho_1 g}$$

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

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

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

9-masala. Zichliklari ρ_1 va ρ_2 bo'lgan ikki metall qotishma quymasining, og'irligi havoda P_1 , suvda esa P_2 ga teng. Quyindagi har bir metallning og'irligi aniqlansin.

Berilgan: $\rho_1; \rho_2; P_1; P_2$.

Topish kerak: $P_1; P_2$ —?

Yechilishi. Suvda quymaga ta'sir qiluvchi Arximed kuchi:

$$F_A = P_1 - P_2. \quad (1)$$

Arximed kuchi:

$$F_A = \rho_2 g V, \quad (2)$$

bu yerda ρ_2 — suv zichligi. (2) ni (1) ga qo'yamiz:

$$\rho_2 g V = P_1 - P_2.$$

bu yerda V quyma hajmi:

$$V = \frac{P_1 - P_2}{\rho_2 g}.$$

Zichligi ρ_1 bo'lgan metall egallagan hajmini x orqali, ikkinchi metall egallagan hajmini esa $V - x$ deb belgilab olamiz. Quymaning havodagi og'irligi:

$$P_1 = \rho_1 g x + \rho_2 g (V - x) = \rho_1 g x + \rho_2 g \left[\frac{P_1 - P_2}{\rho_2 g} - x \right].$$

Burdan x va $V - x$ kattaliklarni topamiz:

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

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

Ushbu metall og'irligi:

$$\rho_1 = \frac{P_1 g x}{V} = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_1 - P_2) - \rho_1^2 P_1}{\rho_1 (\rho_2 - \rho_1)},$$

$$P_1 = \rho_1 g (V - x) = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_2 - P_1) - \rho_1^2 P_1}{\rho_1 (\rho_2 - \rho_1)}.$$

$$\rho_1 (P_2 - P_1) g x = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_2 - P_1) - \rho_1^2 P_1}{\rho_1 (\rho_2 - \rho_1)},$$

$$P_1 = \rho_1 g (V - x) = \frac{\rho_1 \rho_2 (P_2 - P_1) - \rho_1^2 P_1}{\rho_1 (\rho_2 - \rho_1)}.$$

10-masala. Zichliklari ρ_1 va ρ_2 bo'lgan ikkita o'zaro aralashmaydigan erituvchilar bo'linish chegarasida sharcha shunday suzib yurib-dabulabdi suyuqlikka botishi hajmining nisbati $n = V_1/V_2$ ga teng. Erituvchilarning zichligi topilsin.

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

Topish kerak: $\rho_1; \rho_2$ —?

Yechilishi. Og'irligi P bo'lgan jismining suyuqlikdagi og'irligi F_A orqali topilganamiz, ya'ni:

$$F_A = P.$$

bu yerda F_A — Arximed kuchi bo'lib, u quyidagiga teng:

$$F_A = \rho_2 g V_2.$$

Ma'zur masalaga ushbu shart quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

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

Masala shartidan:

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

Ushbu shartlardan V_1 va V_2 larni olamiz:

$$V_1 = \frac{n V_2}{n-1}, \quad (2)$$

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

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

$$\rho_0 S_0 v_0^2 = \rho_1 S_1 \frac{v_1^2}{n-1} + \rho_2 S_2 \frac{v_2^2}{n-1}$$

Bu yerda ρ_0 ni topamiz:

$$\rho_0 = \frac{\rho_1 v_1^2 + \rho_2 v_2^2}{v_0^2}$$

Javob: $\rho_0 = \frac{\rho_1 v_1^2 + \rho_2 v_2^2}{v_0^2}$.

1.6-§. Suyuqliklar va gazlar mexanikasi

Siqilmaydigan suyuqlikning statik tar oqini ta'biyan uzluksizlik tenglamasi

$$v \cdot S = const.$$

o'rinlidir, bu yerda v — suyuqlik tezligi, S — oqim iriqlik-sharning ko'ndalang kesimi yuzi.

Oqim trubkasining istiyoniy kesimi o'qini 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 yathiga 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 sathiga nisbatan balandligi.

Hajmi V bo'lgan suyuqlik P_1 bosim fazodan P_2 bosim fazoga o'tganda tashqi bosim tomonidan bajarilgan ish quyidagiga teng bo'ladi:

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

1.10.10. Oqimda suyuqlikka berilgan jisimga ta'sir etadigan quvvatni topamiz:

$$F = v \rho v,$$

bu yerda v — jisimning shakli va o'lchamiga bog'liq bo'lgan koef-fitsiyent, ρ — oqim tezligi.

1.10.11. Oqimda harakat qilyotgan sharga ta'sir etadigan quvvatni topamiz (Stoks formulasi):

$$F = 6\pi R \eta v,$$

bu yerda R — shar radiusi.

1.10.12. Oqish paytida uzunligi l va radiusi R bo'lgan quvur o'qim oqib / vaqt ichida oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi *Paazeyi* formulasi yordamida topiladi:

$$V = \frac{1}{8} \frac{\Delta K^4}{\eta} \pi l t,$$

bu yerda ΔK — quvur (truba) ichidagi bosimlar farqi.

1.10.13. Oqim paytida oqish paytida unchalik katta bo'lmagan tezliklarda oqimning tezligi:

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

bu yerda C_x — jism shakli va Reynolds soniga bog'liq bo'lgan koef-fitsiyenti, S — jisimning oqim tezligiga perpendikular sathika proyeksiyasining yuzi, c — muhimning zichligi, Reynolds soni:

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

1.10.14. l — jisimning chiziqli o'lchamlarini xarakterlovchi katalik.

MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

1. Masala. Kesimi o'zgaruvchan bo'lgan gorizontal ravishda oqib ketgan quvurdan sarv oqmoqda. Quvurning keng qismida oqim tezligi $v_1 = 20$ m/s. Quvurning diametri d_1 keng qismning diametri d_2 dan 1.5 marta kichik bo'lgan tor qismidagi tezlik v_2 ko'rsatilsin.

Berilgan: $v_1 = 0,2$ m/s; $d_1 = 1,5 \cdot d_2$;
Topish kerak: $v_2 = ?$
Yechilishi.

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

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

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

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

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

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

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.

1-masala. Nasos gorizontal silindrining diametri $d_1 = 20$ sm. Uning $d_2 = 2$ sm diametri teslikdan suvni haydagancha $v_1 = 1$ m/s tezlik bilan tor qismga harakatlantadi. 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.

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

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

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

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

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

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

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

4-masala. Shamolning cievorga bosimi $P = 200$ Pa. Agar shamol devorga tik ravishda esayotgan bo'lsa, uning tezligi v aniqlansin. Havoning zichligi $\rho = 1,29$ kg/m³.

Berilgan: $P = 200$ Pa; $\rho = 1,29$ kg/m³.

Topish kerak: $v = ?$

Yechilishi.

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

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

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

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

$$P = \frac{2mv}{\Delta t}$$

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

$$\frac{l}{\Delta t} = v,$$

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

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

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

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

5-masala. Balandligi $h = 1,5 \text{ m}$ bo'lgan bak suv bilan himmlanib qolib to'ldirilgan. Bakning yuqori chiqarishidan $d = 1 \text{ m}$ masofada kichik diametrli 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.

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

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

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

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

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

4.7-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. To'g'ri chiziqli harakat tenglamasi $s = At + Bt^2$ ko'rinishiga ega. Bu yerda $A = 3 \text{ m/s}$, $B = 0,2 \text{ m/s}^2$. Berilgan harakat uchun koordinataning va yo'lining vaqtga bog'lanish grafiklarini tuzilsin.

1. $t = 0$ da v_0 kuzatish boshlangan paytda boshlang'ich koordinatasi x_0 , $y_0 = 400 \text{ m}$ bo'lgan nuqtada bo'lib XOY vertikal tekislikda harakat qilyotgan 20° kurchak ostida 100 m/s tezlik bilan tekis harakat qilayotgan. Koordinataning vaqtga bog'liqlik tenglamasi $x(t) = 10t$ ni va trayektoriya tenglamasi $y = y(x)$ ni tuzing.

2. $t = 0$ da poyezd bilan yonma-yon poyezdning oldingi qal'indan 100 m masofada turladi. Poyezd $0,1 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanib boshlagan paytda, odam ham shu yo'nalishda $1,5 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanib boshladi. Qancha vaqtdan keyin odam poyezdga yetib oladi? Poyezdning shu orndagi tezligi v_1 va odamning tezligi v_2 uchun yo'llar S_1 va S_2 aniqlansin.

3. $t = 0$ da avtomobil yo'lining birinchi yarmini $v_1 = 10 \text{ m/s}$, ikkinchi yarmini $v_2 = 15 \text{ m/s}$ tezlik bilan o'tadi. Butun yo'l davomidagi o'rtacha tezlikni toping. O'rtacha tezlik v_1 va v_2 ning o'rtacha arifmetik o'rtasidan kichik ekanligini isbotlang.

4. $t = 0$ da avtomobil tezlanish bilan harakatlanayotgan avtomobilning tezligi v_1 va vaqt t orasidan keyin 12 dan 20 m/s gacha o'rtadi?

5. $t = 0$ da avtomobil $v_1 = 15 \text{ km/soat}$ bo'lganda avtomobilning tormozlash vaqtida $0,5 \text{ s}$ va $1,5 \text{ m}$ ga teng. Tezlik $v_2 = 90 \text{ km/soat}$ bo'lganda tormozlash vaqtida avtomobil qancha vaqt to'xtaydi? Tezlanish ikkala holda ham bir xil bo'lsin.

6. $t = 0$ da avtomobil yo'lining barcha tenglamalari quyidagicha:

$$x(t) = 0,4t^3; \quad v(t) = 2t^2 - t; \quad a(t) = -4t + 2; \quad v_0 = -1 - 6t.$$

7. $t = 0$ da avtomobil tezligi $v_0 = v_0$ bo'lganida bog'lanishni yozing, bu bog'lanishni $v(t)$ ko'rinishida yozing. Ikkala yo'lning barcha tenglamalari tavsiflang.

8. $t = 0$ da avtomobilning tezligi v_0 bo'lganida avtomobilning tezligi $v(t)$ va yo'lining $s(t)$ tenglamalari quyidagicha: $v(t) = v_0 - at$; $s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$. Avtomobilning tezligi $v(t)$ va yo'lining $s(t)$ tenglamalari tavsiflang.

9. $t = 0$ da avtomobilning tezligi v_0 bo'lganida avtomobilning tezligi $v(t)$ va yo'lining $s(t)$ tenglamalari quyidagicha: $v(t) = v_0 - at$; $s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$. Avtomobilning tezligi $v(t)$ va yo'lining $s(t)$ tenglamalari tavsiflang.

10. $t = 0$ da avtomobilning tezligi v_0 bo'lganida avtomobilning tezligi $v(t)$ va yo'lining $s(t)$ tenglamalari quyidagicha: $v(t) = v_0 - at$; $s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$. Avtomobilning tezligi $v(t)$ va yo'lining $s(t)$ tenglamalari tavsiflang.

10. Yukni $0,4 \text{ m/s}$ tezlik bilan ko'tarishda diametri 16 m bo'lgan chig'ir barabanining aylanish chastotasi qanday bo'ladi to'pning.

11. Massasi 100 t bo'lgan manyovr teplovozi tinch turgan vagonni tartib yubordi. O'zaro ta'sirlashish vaqtida vagonning tezlanishi teplovoznning tezlanishidan modul bo'yicha 5 marta katta bo'lgan. Vagonning massasi qanday?

12. Massalari 400 va 600 g bo'lgan ikkita jism bir birlari qarama-qarshi harakatlantirib kelib to'qnashadi va shundan keyin to'xtab qoldi. Agar birinchi jism 3 m/s tezlikda harakatlangan bo'lsa, ikkinchi jismlarning tezligi qanday bo'lgan?

13. Massasi 60 t bo'lgan vagon $0,2 \text{ m/s}$ tezlik bilan qo'zg'almond 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 qaratib 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'rsatib va ularni taqqoslang.

15. Ilgagidagi tortish kuchi 15 kN bo'lgan traktor tirkamaga $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish beradi. Tortish kuchi 60 kN ga yetadigan traktor o'sha tirkamaga qanday tezlanish beradi?

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

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

18. Massasi 2 t bo'lgan avtomobilni $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan shatakka olib ketayotganda birligi 100 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 100 m balandlikdan tashlanishi bilan Marsdagi erkin tushish birligi qanday bo'ladi?

20. Venera sayyorasining o'rtacha zichligi $\rho = 5200 \text{ kg/m}^3$, radiusi $R = 1000 \text{ km}$, Venera sirtida erkin tushish tezlanishi qanday bo'ladi?

21. O'tirgan qorda sirpanib borayotganda chanaga uni tortib tutib tashlab qo'yilgan arqon $0,5 \text{ kN}$ maksimal kuch bilan tortilmoqda. Agar ishqalanish koeffitsiyenti $0,1$ ga teng bo'lsa, barmiqon qanday massaga ega yukli chanani siljita oladi?

22. Massasi 2 kg bo'lgan yog'och brusok gorizontal joylashgan to'rtburchakli 100 N/m bo'lgan prujina yordamida tortiladi. To'rtburchak koeffitsiyenti $0,3$ ga teng. Bunda prujinaning uzatish qancha bo'ladi?

23. Tezligi Yerga nisbatan $v_1 = 15 \text{ m/s}$ bo'lgan avtomobil to'xtatib yerga qo'yilgan $v_2 = 12 \text{ km/soat}$ tezlik bilan harakatlanganda, avtomobil shantol yo'nalishiga qarshi xuddi o'sha shantol bilan harakatlanganda havoning qarshilik kuchi necha marta oshadi? Havoning qarshilik kuchini nisbiy tezlik kvadratiga nisbatan proporsional deb hisoblang.

24. Agar jism oxirgi ikki sekundda 60 m o'tgan bo'lsa, u to'rtinchi vaqt tushgan?

25. Erkin tushayotgan jismlarning tusha boshlagandan keyingi t vaqt oralig'ida o'tkazilgan yo'lning o'rtacha tezligi qanday bo'ladi?

26. Bir jism birinchi balandlikdan erkin tushmoqda; u bilan ikkinchi jismdan ham balandroqdan, ya'ni h_2 balandlikdan boshqa to'rtinchi balandlikdan boshladi. Ikkala jism yerga bir vaqtda tushishi uchun ikkinchi jismlarning tusha boshlagan vaqt t_0 qanday bo'lishi kerak?

27. Jism 30 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otildi. Jismlarning qaytib kelish vaqtida qanday balandlikda va qancha vaqtdan keyin u qaytib keladi? Uning tezligi qanday bo'ladi?

28. Yer sirtidan 25 m balandlikdagi balkondan yuqoriga tik otildi. 20 m/s tezlik bilan ko'ndirildi: a) uloqtirish nuqtasini;

46. Kvadrat shakldagi tomoni 1 m, massasi 10 kg bo'lgan plastinka silliq tekislikdan unga ulanib ketgan g'adir-budir tekislikka olib o'tilmoqda, plastinka bilan bu tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga teng. Plastinkani ikkinchi tekislikka to'liq olib o'tishda ishqalanish kuchiga qarshi qancha ish bajarish kerak? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

47. Jism qandaydir balandlikdan gorizontal holda 10 m/s tezlik bilan otildi. Qancha vaqtdan keyin jismning kinetik energiyasi ikki marta ortadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

48. Qandaydir balandlikdan gorizontal holda 20 m/s tezlik bilan tosh otildi. Otilgandan 4 s o'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 gorizontalga 60° burchak ostida 8 m/s tezlik bilan otildi. Jismning eng yuqori kotarilish nuqtasidagi kinetik energiyasini toping.

50. Jismni gorizontalga nisbatan qanday burchak ostida ulotganda uning eng yuqori kotarilish nuqtasidagi kinetik energiyasi o'tilish 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 bo'ymoqda. 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 gorizontal sirtidan qandaydir burchak ostida otildi va u 4 s dan song 40 m uzoqlikka borib tushdi. Bu toshni ulotirishda qancha ish bajarilgan? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

55. Gorizontal yo'nalishda 800 m/s tezlik bilan uchayotgan 5 g massali o'q taxtani teshib o'tadi va undan 400 m/s tezlik bilan uchib chiqadi. Taxta qarshilik kuchining bajarigan 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

to'g'ri qancha masofada (sm) to'xtar edi? Qumning qarshilik koeffitsiyenti 0,2 ga teng.

57. Bir-biriga yaqin holda parallel joylashtirilgan bir xil qalinlikdagi taxtalarning birinchisiga o'q v_0 tezlik bilan tegadi va undan o'tib o'tishda o'qning tezligi v_1 ga teng bo'ladi. Nechanchi taxtada o'q to'xtaydi va qancha masofada? Taxtalar qatlamli bo'lgan.

58. Oy sirtiga yaqin bo'lgan doiraviy orbitaga kosmik kemani harakatda sarflangan ish, xuddi shu kosmik kemani Yer sirtiga yaqin bo'lgan doiraviy orbitaga chiqarishda sarflangan ishdan necha marta kichik? Oyingning massasi Yerning massasidan 80 marta, kemaning esa 4 marta kichik.

59. Yer sirtida 1 t massali raketa uchishga shay turibdi. Agar o'qning sarrfi 20 kg/s bo'lsa, raketa dvigatellari uchish davomida qanday quvvatga erishadi (kW)? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

60. 2 t massali raketa Yer sirtidan 4 m/s^2 tezlanish bilan harakatda boshlansa, uning dvigatellari qanday quvvatga erishadi (kW)? Yoqilg'i mahsulotlarining o'tilib chiqish tezligi 1200 m/s. bo'lsin.

61. Yuzasi 10 m^2 bo'lgan teshikdan suv 10 m/s tezlik bilan chiqmoqda. Bu suv oqimining foydali quvvatini aniqlang.

62. Ventilatorning aylanish tezligi 2 marta organda uning foydali quvvati necha marta ortadi?

63. Brandspoytdan o'tilib chiqayotgan suv oqimini gorizontalga nisbatan qanday burchak ostida yo'naltirilganda suv 5 m uzoqlikka tushadi? Teshik yuzasi 10 m^2 , motorning quvvati 1 kW, FIKI koeffitsiyenti $g = 10 \text{ m/s}^2$.

64. Silliq gorizontal 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 gorizontal 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 (cm/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'yicha 1,6 m/s tezlik bilan harakatlanib borib, shu tekislik bilan ulanib ketgan silliq tekislikka yetib keladi va u to'xtaganda uning uzunligining necha sanimchiri ikkinchi tekislikka o'tib qoladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

67. Uzunligi 2 m bo'lgan bir jindi taxta uzunligi yo'nalishi bo'yicha 3 m/s tezlik bilan gorizontal silliq tekislikdan barakatlanib 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 sanimetri ikkinchi tekislikda bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

68. 100 g massali jism prujinaga osiladi va bunda prujina 2 sm ga uzaydi. Pujinana 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 potentsiyal 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. Jismining yerga urilish paytidagi kinetik energiyasini aniqlang. $g = 10 \text{ m/s}^2$.

72. Jism yer sirtidan 10 m balandlikdan gorizontal 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 jismini gorizontal nisbatan qanday burchak ostida otilganda trayektoriyasining eeg 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 harakatlanib borib silliq tepalikka ko'tarila boshlaydi va bunda u qancha balandlikkacha ko'tariladi (m)? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

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 balandligigicha 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 uchlari 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 uchlari 1 kg va 3 kg massali jismlar mahkamlangan. Sterjen gorizontal o'q atrofida erkin aylana oladi. Gorizontal o'q sterjen uzunligini 1:2 nisbatda bo'linchi nuqtasidan o'tkazilgan. Sterjen muvozanat holatda turibdi. Unga qanday minimal burchak tezlik berilsa, u vertikal holatda to'liq aylana oladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

80. Silliq gorizontal sirtida yotgan uzunligi 72 sm, massasi 400 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 stolidan uzilayotgan paytda uning 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 biktirlari 100 kN/m dan bo'lgan ikkita bufer ishtirokida qanday maksimal deformatsiyalanadi (sm)?

82. Rogatka tayyorlashda biktirligi 400 N/m bo'lgan rezina ma'dan foydalanildi. 10 g massali toshni sharning o'rtasiga o'rnatib, u 40 N kuch bilan tortiladi va qo'yib yuboriladi. Uning qanday tezlik bilan uchi chiqadi?

83. Biktirligi 200 N/m bo'lgan deformatsiyalanmagan prujinaning pastki uchiga 1 kg massali yuk bog'lanib sekin qo'yib yuboriladi. Bunda yuk prujinani necha santimetr gacha 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 joylashdirilgan 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 prujinaning 1,6 kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni vertikal pastga tomon 1 m/s tezlik bilan turladi, bunda yuk qanday maksimal masofaga tushadi (sm)?

87. Shiftga bog'langan bikrligi 250 N/m bo'lgan elastik rezini shnuriga 1,6 kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni vertikal yuqoriga tomon 1 m/s tezlik bilan turladi, 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 rezini shnuriga 5 kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni 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 rezini shnuriga 5 kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni birinchi marta vertikal yuqoriga 2 m/s boshlang'ich tezlik, ikkinchi marta vertikal pastga shu tezlik beriladi. Birinchi holda yuk to'xtatguncha 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 sterjen qanday kuch bilan ta'sir etadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

91. Bir uchiga 0,3 kg massali yuk mahkamlangan yengil sterjen 0,1 m balandlikdan o'tuvchi gorizontol o'q atrofiga erkin aylana harakatda. 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. Moyalnik uzunligi 2 m bo'lgan cho'zilmas ipga bog'langan to'rtburchak sharehadan tashkil topgan. Sharehani muvozanat holatida qanday balandlikka og'dirib qo'yib yuborilganda muvozanat vaziyatidan o'tayotganida ipdagi taranglik kuchi sharehning taranglik kuchidan ikki marta katta bo'ladi (sm)?

93. 0,3 kg massali kichik sharcha uzun ipga osilgan. Ip maksimal balandlikka bardosh beradi. Sharehani quyi holatidan kamida ikki marta 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° burchak tashkil topganida ipdagi taranglik kuchi qancha bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

95. Tagichka ipga massasi $2\sqrt{3}$ kg bo'lgan kichik sharcha bog'langan. Ip va sharcha gorizontol vaziyatga keltirilib sharcha qo'yib yuboriladi. Sharehning tezlanish vektorini gorizontol yo'nalgan yoqalga ipning taranglik kuchi qancha bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

96. 50 sm uzunlikdagi ipga osilgan sharcha quyi holatidan 0,1 m balandlikka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Sharehning harakatlanish nuqtasida 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 bog'langan. 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 harakatlanmoqda. Ip dagi maksimal taranglik kuchi minimal taranglik kuchidan necha marta katta? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

146. Sharning uning sirtiga o'tkazilgan urtnma bilan tushuvchi o'qqa nisbatan inertsia momentini aniqlang. Sharning massasi 5 kg, radiusi esa 0,1 m.
147. Uzunligi 0,5 m, massasi esa 0,2 kg bo'lgan tagichli to'g'ri steynning arqa perpendikular bo'lib, uchlarining birida 0,15 m masofada bo'lgan nuqtasidan o'tgan o'qqa nisbatan inertsia momentini toping.
148. Yerning radiusi 6,4 km va massasi $6 \cdot 10^{24}$ kg bo'lgan shar deb hisoblab, uning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momentini aniqlang.
149. Uchiga $m = 0,5$ kg massali yuk osilgan ip radiusi $R = 10$ sm bo'lgan barabanga o'rnatilgan. Yuk $a = 1$ m/s² tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inertsia 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 doiraviy chastota bilan erkin aylanoqda. Tormozlanganda maxovik $t = 5$ s dan keyin to'xtagan bo'lsa, tormozlovchi momentini aniqlang.
151. Quduqdan massasi $m = 10$ kg bo'lgan suvi 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 otilmasligi 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 $2,4$ m³ bo'lgan temir-beton plitani $0,5$ m/s² tezlanish bilan suvdan ko'tarib olinayotgandagi tros tarangligini aniqlang. Qarshilikni hisobga olmang. Temir-betonning zichligini $\rho_1 = 2,2 \cdot 10^3$ kg/m³ deb oling.

154. Qanday bitta suv quyilgan idishga po'lat sharcha tashlab olinadi? Uning hajmining qancha qismi suvda bo'ladi?

155. Massasi $m = 60$ kg bo'lgan odamning boshi va yelkalarini hammasi 1/8 qismini suvga botmaydigan holda tutib tura olish uchun po'lat chelak belbog' massasini aniqlang. Odam tanasining zichligini $\rho = 1007$ kg/m³ deb oling.

156. Po'lat idish yuqoriga yo'nalgan $a = 1,2$ m/s² tezlanish bilan harakatlanayotganida harakat qilmog'ida, $h = 0,2$ m chuqurlikdagi suv qancha chuqurlikda bo'ladi?

157. Po'lat burchakli qilib bukilgan $S = 4$ sm² kesimli quvur uchida harakatlanayotgan. Agar suvning har sekunddagi sarfi $Q = 2$ kg/s bo'lsa, po'lat idish suv qanday kuch bilan ta'sir qiladi?

MOLEKULAR FIZIKA

- 2.1-§. Molekular-kinetik nazariya. Molekulalarning harakati
 Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi
- 2.2-§. Ideal gazning holat tenglamasi. Izoprocayodlar
- 2.3-§. Issiqlik hodisalari va termodinamik asoslari
 Suyuqlik va gazlarning bir-boriga aylanishi
- 2.4-§. Maksvel, Bolsman va Maksvel-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

- Mas'ala tuzilishi va mas'aliyatlarni uni tashkil qilgan mayda zarradaning harakati va o'zaro ta'siriga asoslanib tushuntiruvchi ta'limot molekular-kinetik nazariya deyiladi.
- Har qanday moddaning 1 molida molekulalar yoki atomlar soni bir xil bo'lib, bu kattalikni Avogadro doimiyi (yoki soni) N_A deyiladi.

Avogadro doimiyi quyidagiga teng: $N_A = 6,025 \cdot 10^{23}$ 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; $v = m/M$ — mollar soni.

- Molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan gazga ideal gaz deyiladi.

sharoitida ($T_0 = 273$ K; $P_0 = 101325$ Pa) barcha
 mollar bosim, molar hajmi bir xil va $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3}$ m³/mol.
 Avogadro soni yoki mollar soni:

$$v = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_0} = \frac{V}{V_0},$$

bu yerda V — gazning hajmi; V_0 — gazning normal sharoitdagi hajmi.

- Gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi o'z molekulalari bosimini bilan gaz molekulalarining ilgarilanma bosimiga o'rtacha kinetik energiyasi orasidagi bog'lanishni o'rtatadi.

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

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

O'z molekulalarining ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi absolyut haroratga to'g'ri proporsional, ya'ni:

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

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

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

$$T = t + 273.$$

Gaz bosimi molekulalar konsentratsiyasi va haroratga quyidagina bog'langan:

$$p = \frac{N}{V}.$$

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 uchta parametrlar: P bosim, V hajm va T harorat kiritiladi. Bu uchta parametrlar holat tenglamasi deb ataladi. Gazning o'zgarmas massasi uchun holat tenglamasi:

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

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

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2};$$

izoxorik jarayon uchun — ($V = \text{const}$), ($m = \text{const}$) bo'lganda

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}.$$

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, $R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ — universal gaz doimiyi.

Dalton qonuni. Agar idishda bir-biri bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydigan turli gazlar aralashmasi bo'lsa, uning bosimini har bir gazning alohida olingan partial 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 jismlarning ichki energiyasi uni tashkil etgan barcha molekula (yoki atom) larning xotik harakatlar kinetik energiyasi bilan barcha molekulalarning bir-biri bilan o'zaro ta'sir potensial energiyalari yig'indisiga teng:

$$U = E_k + E_p,$$

bu yerda E_k — molekullar (yoki atom)larning kinetik energiyasi, E_p — potensial energiyasi.

• **Ideal gazlar uchun potensial energiya e'tiborga olinmagandligi** sababli uning ichki energiyasi faqat harorata 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 molekullari ilgarilama 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 molekullari ilgarilama 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 absolyut haroratiga to'g'ri proporsional, ya'ni:

$$U = \frac{3}{2} n RT.$$

• Jisning *ichki energiyasining o'zgarishi* ikkita jarayon haroratiga yuz beradi, ya'ni *issiqlik almashinishi* va *mechanik energiyaning jisim ichki energiyasiga aylanishi* (yoki ish bajarishi) hisobiga.

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

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

• **Issiqlik miqdori.** Massasi m bo'lgan jisimni r haroratdan t_1 haroratigacha istish uchun zarur bo'lgan Q issiqlik miqdori:

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

• **Solishirma issiqlik sig'imi** 1 kg moddaning haroratini 1 K ga o'zgaritishda unga beriladigan yoki undan olinadigan issiqlik miqdoridir. Solishirma 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 solishirma issiqligi.

• Massasi m bo'lgan kristall jismini eritib yuborish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori:

$$Q = \lambda m.$$

bu yerda λ — solishirma erish issiqligi.

• **Issiqlik balans tenglamasi.** Issiqlik almashinish jarayonida *ichki energiya* bir jismdan boshqa bir jisimga o'tadi. Agar ikkita jisim bo'lsa:

$$Q_1 + Q_2 = 0.$$

bu yerda Q_1 — birinchi jisim bergan issiqlik miqdori; Q_2 — ikkinchi jisim olgan issiqlik miqdori. Bu tenglamani issiqlik balans tenglamasi

deb

atoladi. Ushbu qonunni hisobda, ya'ni har jarayon bir nechta jismlar o'rtasida issiqlik almashinishda, issiqlik balans tenglamasi quyidagi ko'rinishda ko'rinadi:

$$Q_1 - Q_2 + Q_3 + \dots - Q_n = \sum Q_i = 0.$$

bu yerda $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ — jismlar bergan yoki olgan issiqlik miqdori.

• **to'liq bug'**. To'liq bug' deb, berilgan haroratda harorat va zichligi maksimal bo'lgan bug'ga aytiladi. To'liq bug'ning massasi harorat quyidagi formulada bilan taqriban aniqlanadi:

$$P_0 = nkT.$$

U yerda n — bug'ning hajmi bo'lmagan molekulalar soni, k — Boltzmann konstantasi, T — harorat. Absolyut nolga yaqinlashgan sariq bug'ning zichligi $\rho = 1.84 \text{ kg/m}^3$.

• **zoviq namlik deb, absolyut namlikning berilgan haroratdagi zoviq bug' zichligiga nisbatiga aytiladi:**

$$B = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%.$$

bu yerda p — to'liq bug' zichligi.

MASALALAR VA YECHILISHGA NAMUNALAR

1. **Masala.** Agar suv sathida barometrik bosim P_0 ga teng bo'lsa, qanday chuqurlikda havo putanchasi radiusi suv sathidagi havo bosimiga nisbatan 2 marta kichik bo'ladi?

Yechilishi: $r/r_0 = 2$; $P_0 = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

Yechilish kerak: $h = ?$

Yechilishi: $T = \text{const}$ bo'lgani uchun

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

Masala shartiga ko'ra, $P_1 = P_0$, $P_2 = P_0 - \rho gh$ — suv sathidagi bosim.

Bundan,

$$P_2 = P_0 + \rho gh.$$

Suv sathida havo pufakehasining hajmi:

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3.$$

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 Boyle-Mariott qonuniga qo'yamiz:

$$P_0 V_1 = (P_0 + \rho gh) \frac{1}{8} V_1.$$

Bundan,

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

Javob: 73 m.

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

Berilgan: $\Delta T = 1 \text{ K}$; $P_2/P_1 = 0,4 \%$.

Topish kerak: $T_1 = ?$

Yechilishi. Ikkala holat uchun Mendelejev-Klapeyron tenglamasini yozamiz:

$$P_1 V = \frac{m}{M} RT_1,$$

$$P_2 V = \frac{m}{M} RT_2.$$

Ushbu tenglamalar nisbatidan

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

$$P_2 = P_1 + kP_1 = P_1(1+k), \quad (2)$$

bu yerda k — qiziganda birbaqchi bosim o'zgarish ulushi.

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

(1) va (2) ifodalarni (1) ga bo'lamiz:

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

Bundan,

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

Javob: 250 K.

3-masala. Havoda bir jinsli gaz deb hisoblab, havoda muallaq bo'lgan 10^{-3} g massali chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezligi moduli bilan harakatining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta ko'prok bo'lganini toping.

Berilgan: $m = 10^{-3} \text{ g}$; $M = 29 \text{ kg/kmol}$.

Topish kerak: $v_1/v_2 = ?$

Yechilishi. Molekula va chang zarrasining o'rtacha kvadratik tezliklarining bitta hadda quyidagiga teng bo'ladi:

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

U tenglamalardan tezliklar nisbatini topamiz:

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

Javob: $0,69 \cdot 10^7$.

4-masala. Sig'ini 10 l bo'lgan ballonda 300 K temperatura 0,1 MPa bosim ostida geliy gazi bor. Ballondan 10 g geliy olinib, unda ushbu temperaturasi 17 °C gacha pasaygan. Ballonda qolgan geliy gazining bosimini aniqlang.

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

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

Topish kerak: $P_2 = ?$

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

$$P_1 V = \frac{m_1}{M} RT_1, \quad (1)$$

bu yerda m_2 — ballondagi gelyi gazning o'zigi holatdagi massasi, M — bir kilomol gelyi gazning massasi, R — gazning universal doimiyisi. (1) formuladan P_2 bosimini topamiz:

$$P_2 = \frac{m_2 RT_2}{V}.$$

Ballonda qolgan gelyi gazning m_1 massasini boshlang'ich holatdagi massasi m_1 va ballondan o'tqazgan gelyi massasi Δm orqali belgilaymiz:

$$m_1 = m_2 + \Delta m. \quad (2)$$

Mendeleyev-Klapeyron tenglamasini boshlang'ich holatga qo'llaymiz va gazning ushbu holatdagi m_1 massasini aniqlaymiz:

$$m_1 = \frac{MP_1}{RT_1}. \quad (3)$$

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

$$P_2 = \left(\frac{MP_1}{RT_1} - \Delta m \right) \frac{RT_2}{M}.$$

yoki

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

Ushbu ifodaga kattaliklarning qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajarimiz 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: $m_1 = 80 \cdot 10^{-3}$ 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 bosimini shu aralashma tarkibidagi gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng.

Mendeleyev-Klapeyron tenglamasiga asosan kislorod va argon parsial bosimlari quyidagi formulalar orqali ifodalanadi:

$$P_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT_1$$

$$P_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT_2.$$

Dalton qonuniga asosan aralashma bosimi:

$$P = P_1 + P_2$$

$$P = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{V}.$$

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 m^3 bo'lgan idishda 27°C temperaturali 1 kg gelyi 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 gelyi va vodorod uchun qo'llaymiz:

$$P_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT_1, \quad (1)$$

$$P_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT_2. \quad (2)$$

bu yerda P_1 — gelyi gazining parsial bosimi; m_1 — gelyi massasi; M_1 — 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:

$$M = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}}. \quad (5)$$

bu yerda v_1 va v_2 — mos holda gelyi 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:

$$P \approx 2,5 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad \text{va} \quad M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}.$$

Javob: $2,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, $3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kmol}$.

7-masala. Massasi m_1 va solishtirma issiqlik sig'imi c_1 , massasi m_2 va t_1 temperaturagacha qizdirilgan suv bor. Kalorimetrga massasi m va temperaturasi t , bo'lgan mis va aluminiy aralashmasidan iborat bo'lgan kükun tushiriladi. Buning natijasida suv temperaturasi θ gacha ko'tariladi. Mis va aluminiy kukunlarining massasi aniqlansin.

Berilgan: m_1 ; c_1 ; m_2 ; t_1 ; t_2 ; m ; θ .

Topilishi kerak: m_3 va m_4 .

Yechilishi. Masalani yechishda *issiqlik balans*i tenglamasidan foydalanamiz:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{k=1}^n Q_k, \quad (1)$$

bu yerda Q_i — jismlar ($i = 1, 2, \dots$) jismlar) bergan issiqlik miqdori; Q_k — jismlar miqdorlari. Ushbu tenglamaga asosan kalorimetr va uning bergan issiqlik miqdori

$$Q_2 = m_1 c_1 (\theta - t_1) + m_2 c_2 (\theta - t_1). \quad (2)$$

Kükunlar 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 massasi va issiqlik sig'imi. Masala shartidan:

$$m = m_3 + m_4. \quad (4)$$

bu ifodani hisobga olgan holda, (2) va (3) ifodalarni (1) ifodaga qo'yamiz. Soddalashtirishlardan keyin quyidagi ifodani olamiz:

$$m_4 = \frac{(t_2 - t_1)(m_1 c_1 + m_2 c_2) - m c_3 (t_2 - \theta)}{(t_2 - \theta)(c_4 - c_3)},$$

$$m_3 = m - m_4.$$

$$\text{Javob: } m_4 = \frac{(t_2 - t_1)(m_1 c_1 + m_2 c_2) - m c_3 (t_2 - \theta)}{(t_2 - \theta)(c_4 - c_3)}, \quad m_3 = m - m_4.$$

8-masala. v_0 tezlik bilan uchib kelayotgan qo'rg'oshun 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 erishga ketgan?

Berilgan: v_0 ; v ; t .

Topilishi kerak: $m_1/m - ?$

Yechilishi. Masala yechishda energiyaning saqlanish qonunidan foydalanamiz. O'q doskani teshganda uning tezligi kamayadi. Tanobarin uning kinetik energiyasi ham kamayadi:

$$\Delta W = \frac{m_0^2 c^2}{2} - \frac{mc^2}{2} = \frac{m}{2} (c_0^2 - c^2).$$

Mazkur energiyaning k qismi o'qning ma'lum bir m_1 massasini eritishga va uni t_0 eritish haroratiga chiqarishga ketadi, ya'ni:

$$k \frac{m}{2} (c_0^2 - c^2) = mc(t_0 - t) = \lambda m_1,$$

bu yerda c — solishtirma issiqlik sig'imi, λ — qo'ng'oshining solishtirma erish issiqdigi, m_1 — o'qning erigan qismi massasi. Bu yerdan m_1/m ni aniqlaymiz, ya'ni tenglamaning ikkala tomonini λm ga bo'lamiz va quyidagini olamiz:

$$\frac{m_1}{m} = \frac{k(c_0^2 - c^2) - 2c(t_0 - t)}{2c}.$$

Javob: $\frac{m}{m} = \frac{k(c_0^2 - c^2) - 2c(t_0 - t)}{2c}.$

9-masala. Yuzasi 100 m^2 va balandligi 4 m bo'lgan xonaning 1 litr aseton to'kilgan. Agar aseton bug'lansa va xona bo'ylab tekis taqsimlansa, 1 m^3 havoda qancha aseton molekulası bo'?

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 ρ — aseton zichligi; V_1 — uning hajmi.

Massasi m bo'lgan modda tarkibidagi molekular soni:

$$N = \frac{m}{M} N_A = \frac{\rho V_1}{M} N_A.$$

Aseton kimyoviy formulasi $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$, bu formuladan $M = 58 \text{ kg/kmol} = 58 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$. Birlik hajmdagi molekular soni:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\rho V_1}{V M} N_A,$$

bu yerda $V = Sh$ — xona hajmi:

$$n = \frac{\rho V_1}{V Sh} N_A$$

modda zichliklar va qimmatlarni qo'yib hisoblashlarni bajaramiz. Quyidagi qiymatni olamiz:

$$n = 2 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}.$$

Javob: $2 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}.$

10-masala. Xonadagi pechka o't yo'qikandan keyin temperaturasi 10°C dan 27°C gacha ko'tarildi. Bunda xonadagi molekularlar soni qancha darajada kamaydi?

Berilgan: $T_1 = 288 \text{ K}$; $T_2 = 300 \text{ K}.$

Topish kerak: $\Delta N/N = ?$

Yechilishi. Birlik hajmdagi molekular soni quyidagiga teng:

$$n = \frac{p}{kT}.$$

bu yerda p — bosim; T — temperatura; k — Bolsman doimiyi.

Xonadagi molekularlar soni va bosim o'zgarmaydi. Shu sababli molekular soni quyidagiga teng:

$$N_1 = n_1 V = \frac{p}{kT_1} V,$$

$$N_2 = n_2 V = \frac{p}{kT_2} V.$$

$$\Delta N = N_2 - N_1 = \frac{pV}{k} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

bu yerda

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{pV}{kN} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right),$$

$$N = \frac{p}{kT_1}$$

uningni hisobga olib,

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

ni qo'yib olamiz:

108

Bunga son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 4,2\%$$

Javob: 4,2 %.

11-masala. Agar azot gazining bosimi 3,69 atm va molekula larining o'rtacha kvadratik tezligi 2400 m/s bo'lsa, 1 m³ hajmdagi molekular sonini toping.

Berilgan: $V = 1 \text{ m}^3$; $P = 3,69 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $v_{\text{kv}} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ m/s}$,
 $M = 28 \text{ kg/kmol}$.

Topish kerak: $n_0 = ?$

Yechilishi. Gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy teng lamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$P = \frac{1}{3} n_0 m v_{\text{kv}}^2 \quad (1)$$

bu yerda P — bosim; n_0 — molekularning konsentratsiyasi, ya'ni hajm birligidagi molekularning soni; m — bitta molekulaning massasi; v_{kv} — molekularning 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:

$$n_0 = \frac{3PN}{Mv_{\text{kv}}^2}$$

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 ishini aniqlang.

Berilgan: $V = 20 \text{ l} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$; $R = 8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$; $P = P_2 = P_1 = 10^5 \text{ Pa}$; $T_1 = 273 \text{ K}$; $T_2 = 353 \text{ K}$.

Topish kerak: $A = ?$

Yechilishi. Izobarik jarayonda gaz kengayishda bajargan ish quyidagi formula bo'yicha aniqlaniladi:

$$A = \frac{n}{M} R \Delta T \quad (1)$$

bu yerda n — gazning miqdori; M — Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan olinadigan:

$$P V_1 = \frac{n}{M} R T_1$$

shu

$$\frac{n}{M} = \frac{P V_1}{R T_1} \quad (2)$$

bu yerda (2) ga qo'yib, bajargan ishini aniqlaymiz:

$$A = \frac{P V_1 \Delta T}{T_1}$$

U yerda olingan formulaga qo'yib, quyidagi natijani olamiz:
 $A \approx 592 \text{ J}$.

Javob: 592 J.

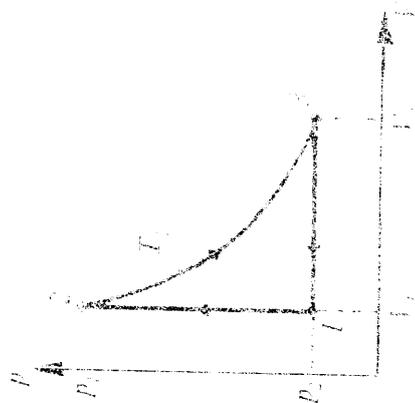
13-masala. 1 kmol atomli ideal gaz ($\nu = 5 \text{ mol}$) $P_1 = 1 \text{ MPa}$ bosimda $V_1 = 5 \text{ l}$ hajmini egallaydi. U avval izoxorik ravishda $T_1 = 300 \text{ K}$ temperaturagacha qizdirildi. Keyin izotermik usulda $T_2 = 400 \text{ K}$ bosimgacha kengaytirildi. Oxirida izobarik holda bosh holatiga qaytarildi. Siklning FIKini toping.

Yechilishi. Har bir o'tish uchun termodinamikaning I qonunini qo'llaymiz:

$$Q = \Delta U + A$$

1-2 ga berilgan va undan olingan issiqlik miqdorlarini aniqlaymiz. Kamo sikli bo'yicha siklning FIKini hisoblashimiz mumkin. Buning uchun yechish ketma-ketligiga e'tibor qiling:

$$1 \rightarrow 2 \quad V_1 = \text{const}, \quad v_1 = 0, \quad Q_1 = \Delta U_{12},$$



$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1), \quad p_1 V_1 = \nu R T_1,$$

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}, \quad Q_2 = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - \frac{p_1 V_1}{\nu R});$$

$$2 \rightarrow 3 \quad T_1 = const, \quad \Delta U_{23} = 0, \quad Q_3 = A_{23},$$

$$A_{23} = \nu R T_2 \ln \frac{V_3}{V_2}, \quad V_2 = V_1, \quad p_3 = p_1, \quad p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$V_3 = \frac{\nu R T_3}{p_1} = \frac{\nu R T_2}{p_1}, \quad Q_3 = \nu R T_2 \ln \frac{V_3}{V_2};$$

$$3 \rightarrow 1 \quad p_1 = const,$$

$$Q_{31} = \frac{\nu+2}{2} \nu R (T_1 - T_2).$$

Demak, yuqorigilardan topilgan issiqlik miqdorlarini umum lashtirib,

$$Q_1 = |Q_2 + Q_3|, \quad Q_2 = |Q_{31}|$$

ifodalarni olamiz. FHKni aniqlaymiz.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 13,3\%.$$

Javob: 13,3 %.

1.1. p. Maksvell, Bolsman va Maksvell-Bolsman taqsimoti

1.1.1. Maksvell formulasi gaz bosimining bir jinsli og'irlik kuchi ta'siri ostida balandlikka qancha kamayishini ifodalaydi:

$$p = p_0 e^{-\frac{\rho g h}{p_0}}, \quad (1)$$

bu yerda T — gazning $h = 0$ balandlikdagi bosimi; P — gazning h balandlikdagi bosimi; g — og'irlik kuchi tezlanishi; R — universal gaz doimiyi; T — muayyan temperatura.

1.1.2. Boltzmann taqsimoti — zarralarning kuch maydonidagi taqsimoti:

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}},$$

bu yerda n — zarralar konsentratsiyasi; U — ularning potensial energiyasi; n_0 — maydonning $U = 0$ bo'lgan nuqtalaridagi konsentratsiya; k — Bolsman doimiyi.

1.1.3. Maksvell taqsimotiga doir masalalar yechishda turli u uchun

1-jadvalning qiymati 1-jadvaldan olinadi.

1-jadval

u	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$
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 oralikda bo'lgan molekular soni:

$$dN = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot N \cdot e^{-u^2} \cdot u^2 \cdot du, \quad (1)$$

bu yerda $u = v/v_c$ — nisbiy tezlik, tezlik v ning eng katta ehtimolli

tezlik $v_c = \sqrt{\frac{2RT}{u}}$ ga nisbatiga teng.

Gaz molekularining o'rtacha arifmetik tezligi:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi}}, \quad (4)$$

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 millimetrlari qog'ozda grafik ko'rinishida tasvirlab o'lish talab qilinadi.

MASALAYECHISIGA NAMUNALAR

1-masala. Perren mikroskop yordamida muallaq gummigut zarrachalar konsentratsiyasining belandilikka qarab o'zgarishini kuzatadi va barometrik formulani qo'llab, eksperimental ravishda Avogadro sonining qiymatini topadi. Perren tajribalaridan birida

qatlarning orasi 100 mikm bo'lganda pastki qatlardagi muallaq gummigut zarrachalarining soni yuqorigi qatlardagidan ikki marta ko'p-kanligini aniqladi. 20° C temperaturada 0,3-10⁻⁶ sm diametrli gummigut zarrachalari tining zichligidan 0,2 g/sm³ ga kam bo'lgan belandilikka analashtirilgan. Ushbu berilgan qiymatlar bo'yicha Avogadro soni topilsin.

Yechilishi. Barometrik formuladan foydalanamiz:

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{\rho h}{RT}}. \quad (1)$$

Konsentratsiya (hajm birligidagi zarrachalar soni) $n = \frac{\rho}{kT}$ 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

niqatlar $n_1 e^{-\frac{\rho h_1}{RT}}$ va $n_2 = n_1 e^{-\frac{\rho h_2}{RT}}$ larni hosil qilamiz, bundan

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{\rho g(h_2 - h_1)}{RT}} = e^{-\frac{\rho g(h_2 - h_1)}{RT}}$$

yoki

$$\ln \frac{n_1}{n_2} = -\frac{\rho g(h_2 - h_1)}{RT}. \quad (3)$$

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,

Avogadro soniga asosan kiritilgan tuzatmani nazarga olgan holda birinchi natijani hosil qilamiz:

$$N_0 = \frac{RT \ln \frac{n_1}{n_2}}{gV(\rho - \rho')(h_2 - h_1)} = 6,1 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1},$$

bu yerdagi ρ — gummigutning zichligi; ρ' — 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_0 ning $0,001$ qismidan kam bo'lgan molekular soni N aniqlansin.

Yechilishi. Masalani yechish uchun molekularlarning nisbiy tezliklar ($u = v/v_0$) bo'yicha taqsimotini foydalanish qulay. Nisbiy tezliklari u dan $u + du$ gacha oralikda joylashgan molekularlarning soni

$$dN(u) = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du \quad (1)$$

formula bilan aniqlanadi; bu yerda N — molekularlarning to'liq soni.

Masalaning shartiga ko'ra, bizni qiziqtiradigan molekularlarning maksimal tezligi $v_{max} = 0,001 v_0$, bundan $v_{max}/v_0 = 0,001$, 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. $u = (0,001)^2 = 10^{-6}$ qiymatini birga nisbatan e'tiborga olmay, (1) ifodani

$$dN(u) = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} u^2 du \quad (2)$$

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, ΔN ni hisoblab topamiz:

$$\Delta N = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{3 \cdot 1,77} (10^{-6})^3 = 5,44 \cdot 10^{14} \text{ ta.}$$

Javob: $N = 5,44 \cdot 10^{14}$ ta molekula.

3-masala. Molekularlarning impulslar 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 qiymat hisoblashning umumiy qoidasiga ko'ra aniqlash mumkin:

$$\overline{p^2} = \int_0^{\infty} p^2 f(p) dp / \int_0^{\infty} f(p) dp \quad (1)$$

Xo'sh, ushbu impulslar bo'yicha taqsimot funksiyasi

$$f(p) = 4 \cdot \left(\frac{1}{2\pi mkT} \right)^{3/2} e^{-p^2/2mkT} \cdot p^2 \quad (2)$$

ko'rinishida bo'ladi. Bu taqsimot funksiyasi allaqachon birga normallashgan bo'lgan, ya'ni

$$\int_0^{\infty} f(p) dp = 1.$$

Ushbu shartni hisobga olib, (1) formulani boshqacharoq ko'rinishda yozamiz:

$$\overline{p^2} = \int_0^{\infty} p^2 f(p) dp \quad (3)$$

bu yerda (2) formulani bo'yicha ifodasini (3) formulaga qo'yamiz va (3)ning ikki bo'limigam kattaliklarni integral belgisidan tashqariga ko'chirib olamiz:

$$\overline{p^2} = 4\pi \left(\frac{1}{2\pi mkT} \right)^{3/2} \int_0^{\infty} p^4 e^{-p^2/2mkT} dp.$$

bu integralda $a = \frac{1}{2mkT}$ deb belgilab, uni quyidagi integral ko'rinishiga keltirish mumkin:

$$\int_0^{\infty} x^4 e^{-ax^2} dx = \frac{1}{8} \sqrt{\pi} a^{-5/2}.$$

Bizning holimizda bu quyidagini beradi:

$$\overline{p^2} = 4\pi \left(\frac{1}{2\pi mkT} \right)^{3/2} \cdot \frac{1}{8} \sqrt{\pi} \left(\frac{1}{2mkT} \right)^{-5/2}.$$

soddalashtirish va qisqartirishlardan keyin quyidagi ifodani topamiz:

$$\overline{p^2} = 3mkT \quad \text{yoki} \quad \overline{p} = \sqrt{3mkT}$$

$$\text{Javob: } \overline{p^2} = 3mkT \quad \text{yoki} \quad \overline{p} = \sqrt{3mkT}.$$

2.5-§. Real gazlar va suyuqliklar

Bir mol gaz uchun Van-der-Vaals tenglamasi:

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V_0 - b) = RT, \quad (1)$$

bu yerda P — bosim, V_0 — bir mol gazning hajmi, a va b — Van-der-Vaals doimiyatlari, ularning qiymatlari har xil gazlar uchun turlicha, T — mulloq temperatura, R — gaz doimiyati.

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, μ — bir mol gazning massasi. Van-der-Vaals tenglamasidagi a va b doimiyatlar 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:

$$U = \frac{m}{\mu} \left(C_{in} T - \frac{a}{V} \right), \quad (4)$$

bu yerda C_{in} — gazning o'zgarmas hajmdagi molar issiqlik sig'imi. Sirt taranglik ko'effitsiyenti:

$$\sigma = \frac{F}{T}. \quad (5)$$

bu yerda F — suyuqlik sirtini o'rab turgan l konturga ta'sir etayotgan sirt taranglik kuchi.

Suyuqlik sirt pardasining yuzani ΔS ga o'ttirish uchun sirt taranglik kuchiga qo'shni $\Delta F = \sigma \Delta S$ ga teng ish bajarish kerak.

Suyuqlik sirtining egriligi tufayli yuzaga ketuvchi qo'shimcha bosim Laplace formulasi bilan aniqlanadi:

$$\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (6)$$

bu yerda P va R_1 va R_2 — sirtning yuzining ikkita o'zaro perpendikular radiuslarining egrilik radiuslari.

Suyuqlikning kapillar nayda ko'tarilish balandligi:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}. \quad (7)$$

bu yerda r — naycha kanalning radiusi, ρ — suyuqlikning zichligi, θ — naychani y burish burchak.

Uchlamchi P osmotik bosimi va T mulloq temperaturaning o'zgarishi Vant-Coff formulasi bilan ifodalanadi:

$$P = CRT, \quad (8)$$

bu yerda R — universal gaz doimiyati, C — eritmaning birlik hajmida eritmaning mollar soni (eritmaning molar konsentratsiyasi).

MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

1. Masala. Sig'imi $V = 81$ bo'lgan ballonda $T = 300$ K temperaturada massa $m = 0,3$ kg bo'lgan kislorod bor. Idish sig'iminin 10% qismini gaz molekularining vususi hajmi tashkil qilishi kerak. Gaz ichki bosimi P ning gazning idish devorlariga bosini P_0 nisbatan aniqlansin.

Yechilishi. Masalaning birinchi savoliga javob topish uchun $V_0 = V$ (1)

shartni topish zarur, bunda V_0 — molekularning vususi hajmi.

Molekularning vususi hajmini real gazning bir molida mavjud bo'lgan molekular hajmining to'rtga ko'paytirilganiga teng bo'lgan Van-der-Vaals doimiyati b dan foydalanib topamiz. Van-der-Vaals doimiyati:

$$b = \frac{1}{3} \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right) N_A \quad (2)$$

bu yerda r — molekular radiusi, N_A — Avogadro soni. b ni (2) dan foydalanib, yoki $V_0 = V$ shartidan

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V - vb) = \nu RT$$

bu yerda ν — molar massaga nisbatan mol soni, $\nu = \frac{m}{M}$ ekanligidan

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V - vb) = \frac{m}{M} RT$$

bu yerda P — gazning bosimi, V — gazning hajmi, a va b — Van-der-Vaals doimiyatlari, M — molar massasi.

$$P' = \nu b/a$$

yoki

$$P' = mb/(4a)$$

bu yerda $\nu = m/4a = \text{modul miqdori}$, $\mu = a/b$ va a va

P' ning topilgan qiymatini (1) ifodaga qo'yib quyidagini to-
pamiz:

$$k = mb^2/(4a^2 b) \quad (3)$$

Bu formula bo'yicha hisoblashlarni bajarib:

$$k = 0,91\%$$

Binobarin, molekulalarning xususiy hajmi idish hajmining
0,91% ni tashkil qiladi.

Masalning ikkinchi savoliga javob berish uchun

$$k_1 = P'/P$$

nisbatni topish kerak.

(2) tenglamadan ko'rinadiki,

$$P' = \frac{\nu a}{V^2} \quad \text{yoki} \quad P' = \left(\frac{m}{\mu}\right) \frac{a}{V^2} \quad (4)$$

bu yerda $a = \text{bir mol uchun Van-der-Vaals doimiyi}$

(4) formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak,

$$P' = 179 \text{ kPa.}$$

Gazning idish devonlariga ko'rsatayotgan bosimi P ni (2)
tenglamadan topamiz:

$$P = \frac{\nu kT}{V - \nu b} - \nu^2 \frac{a}{V^2}$$

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, molekulalarning tortishish kuchlari natijasida vujudga
keladigan gaz bosimi gazning idish devonlariga bosimining 6,3% ni
tashkil qiladi.

masala. Modda miqdori $\nu = 1$ mol bo'lgan karbonat angidrid
idish devonlarida turibdi. Gaz izobarik qizdirilganda uning V hajmi
1,5 marta o'sadi. Agar kritik temperaturasi $T_k = 304 \text{ K}$ bo'lsa,
moddani gazning o'zgarishi ΔT aniqlansin.

Yechish. Masalani yechish uchun Van-der-Vaals tenglama-
sini foydalanish kerak, ya'ni real gazning bosimi P , molar
hajmi V_k va temperaturasi T ga mos kritik parametrlar bilan

$$\pi = P/P_k; \quad \omega = V/V_k; \quad \tau = T/T_k$$

ko'rsatkichlari munosabatlar kabi tasvirlangan shakldan foydalanish
kerak. Bu tengliklardan quyidagilarni olamiz:

$$P = \pi \cdot P_k; \quad V = \omega V_k; \quad T = \tau T_k$$

Endigina P_k , V_k va T_k larning Van-der-Vaals doimiyalari a va
 b ko'rsatkichlari ifodalarni 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'yamiz:

$$\left[\frac{a}{27b^2} \pi + \frac{a}{(3b\omega)^2} \right] [3b\omega - b] = R \frac{8a}{27bR} \tau$$

bu ifodani $a/(27b)$ ga bo'lib, quyidagini olamiz:

$$(\pi + 3/\omega^2) \cdot (3\omega - 1) = 8\tau$$

Bu ifoda Van der-Vaals tenglamasining keltirilgan shaklidir.
Uning xususiy xossalarni ifodalovchi hech qanday parametrlar-
ga bog'liq emas va shuning uchun ham universaldir.

Ushbu masalaning savoliga javob beraylik. Bosim o'zgar-
may tufayli $\pi = 1$ shartga ko'ra gazning molar hajmi ikki
marta o'sadi, ya'ni $V_2 = 2V_1$, binobarin, $\omega = 2$. (1) tenglamadan
topilgan temperatura T ni ifodalaymiz:

$$\tau = \frac{1}{8} \left(\pi + \frac{3}{\omega^2} \right) (3\omega - 1)$$

bu yerga π va ω larning qiymatlarini qo'yib hisoblasak,

$$\tau = 0,575$$

Temperatura T yuqorida qayd qilingandek keltirilgan τ va kritik T_k temperaturalar bilan $T = \tau T_k$ munosabat orqali bog'langan. Shu formula bo'yicha hisoblash o'tkazsak,

$$T = 332 \text{ K}, \quad \Delta T = 28 \text{ K}.$$

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 Δt ga kamayishiga yo'l qo'yish mumkin? Havodagi bug' miqdori o'zgarmaydi, deb hisoblang.

Yechilishi. $t = 16^\circ \text{ C}$ da havoning p absolyut namligi

$$\eta = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$$

ifodadan topiladi:

$$p = \frac{\eta p_0}{100\%}$$

Bu yerda $p_0 = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ — shu temperaturadagi to'yin-gan bug' zichligi. Hisoblash o'tkazib, $p = 8,16 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ni olamiz. Mazkur zichlik qaysi temperaturada $\eta_0 = 70\%$ nisbiy namlikni tashkil etishini aniqlash kerak:

$$\eta_0 = \frac{p}{p_{0b}} \cdot 100\%$$

bu yerda $p_{0b} = t_1$ temperaturada havoni to'yintiruvchi bug'ning zichligi.

$$\text{Bundan, } p_{0b} = \frac{p \cdot 100\%}{\eta_0} = \frac{8,16 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \cdot 100\%}{70\%} = 11,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3.$$

Jadvaldan p_{0b} ga to'g'ri kelgan temperaturani aniqlaymiz. $t_b = 13^\circ \text{ C}$. Temperatura $\Delta t = t - t_b = 3^\circ \text{ C}$ ga kamayishi mumkin.

2.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 2 m^3 azotda qancha miqdorda modda bo'lsa, o'shancha miqdorda modda bo'lgan vodorod qanday hajmini egallaydi? Shunday miqdorda modda bo'lgan kislorod qanday hajmini egallaydi? Gazlarning temperaturasi va bosimi bir va.

3. Avogadro soni N_A moddaning zichligi ρ , uning molar massasi M ni bilgan holda shu moddaning birlik massasidagi, birlik hajmida, massasi m bo'lgan jismdagi; hajmi V bo'lgan jismdagi molekular sonini hisoblash formulalarini keltirib chiqaring.

4. Sakandagi massasi 200 g bo'lgan suv 20 sutka ichida qanday bug'landi. 1 s da uning sirtidan o'rtacha qancha suv molekulasini uchib chiqib turgan?

5. O'rtacha chuqurligi 10 m , sirtining yuzi 20 km^2 bo'lgan ko'lga $4,01 \text{ g}$ massali osh tuzi kristali tashlandi. Ko'ldan olingan osh tuzi bo'lgan suvda qancha tuz molekulasini bo'ladi? Bunda tuz o'rtacha butun suv hajmida tekis taqsimlangan deb hisoblang.

6. Gaz 6 kg massaga ega. U 200 kPa bosimda 5 m^3 hajmini egallaydi, shu gaz molekulari harakatining o'rtacha kvadratik tezligi qanday bo'ladi?

7. 20 kPa bosimda bir atomli gaz molekulasining o'rtacha kinetik energiyasini toping. Ko'rsatilgan bosimda bu gaz molekularining konsentratsiyasi $3 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$.

8. Bir atomli gazning hajmi 3 marta kamaytirilganda va molekularining o'rtacha kinetik energiyasi 2 marta oshirilganda, shu gazning bosimi necha marta o'zgaradi?

9. Temperatura qanday bo'lganda bir atomli gazning o'rtacha kinetik energiyasi -73° C temperaturadagiga qaraganda 2 marta oshiriladi?

10. Temperatura 290 K va bosim $0,8 \text{ MPa}$ bo'lganda bir atomli gazning molekulasining o'rtacha kinetik energiyasi va molekulari konsentratsiyasini aniqlang.

11. Sig'imi 10 l bo'lgan ballonda 27° C temperaturali gaz mavjud. Gaz sizib chiqishi tufayli ballondagi bosim $4,2 \text{ kPa}$ pasayadi. Agar temperatura o'zgarishsiz saqlangan bolsa, ballondan qancha molekula chiqib ketgan?

12. Agar kislorod va vodorod gazlarining temperaturalari bir va bir bo'lsa, kislorod molekulasining o'rtacha kvadratik tezligi vodorod molekulasining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik?

13. Havoni bir jinsli gaz deb hisoblab, havoda muallaq turgan suvning $4 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ massali chiqish zarurligini o'rtacha kvadratik tezligi

e) har ikki Van-der-Vaals taʼanasini eʼtiborga olib, argon bosimi hisoblab chiqilsin.

46. Van-der-Vaals formulasi bilan foydalanib, $V = 20$ l hajmli ballonga qamalgan $t = 13^\circ\text{C}$ temperaturada, $m = 1,1$ kg massali karbonat angidrid bosimi hisoblab chiqilsin. Naqqa ideal gaz bosimi bilan solishtirilsin.

47. 100 g/l zichlikka ega boʻlgan kislородning bosimi 70 atm boʻlishi uchun temperatura qanday boʻlishi kerak?

48. 20 l sigʻimli ballonda 80 mol qandaydir gaz joylashgan. 14°C da gaz bosimi 90 atm ga; 63°C da gaz bosimi 169 atm ga teng. Shu gaz uchun Van-der-Vaals doimiyatini hisoblab chiqing.

49. $V = 10$ l sigʻimli idishda $m = 0,25$ kg massali azot bor. 1) Gazning ichki bosimi P ; 2) molekullarning xususiy hajmi V' aniqlansin.

50. Modda miqdori 1 moldan iborat kislород $T = 300$ K temperaturada $V = 0,5$ l hajmni egallagan boʻlsa, u koʻrsatadigan bosim P aniqlansin. Olingan natija Mendeleyev-Klapeyron formulasi boʻyicha hisoblangan bosim bilan solishtirilsin.

51. $V = 0,31$ sigʻimli idishda $T = 300$ K temperaturada modda miqdori 1 mol boʻlgan karbonat angidrid bor. Gazning bosimi P ; 1) Mendeleyev-Klapeyron formulasi boʻyicha; 2) Van-der-Vaals tenglamasi boʻyicha aniqlansin.

52. Modda miqdori 1 mol boʻlgan kripton $T = 300$ K temperaturada turibdi. Bosimini hisoblashda Van-der-Vaals tenglamasi oʻrniga Mendeleyev-Klapeyron tenglamasidan foydalanishda yoʻl qoʻyiladigan nisbiy xatolik $\varepsilon = \varepsilon P/P$ aniqlansin. Hisoblashlar hajmning ikki qiymati: 1) $V_1 = 2$ l; 2) $V_2 = 0,2$ l uchun bajarilsin.

53. Xona temperaturasida qalin devorli poʻlat ballon yarmi-gacha suvga toʻldirildi. Shundan keyin ballon getmetik ravishda yopildi va $T = 650$ K temperaturagacha qizdirildi. Shu temperaturada ballondagi suv bugʻining bosimi p aniqlansin.

54. Kislородning bosimi $P = 7$ MPa, zichligi $\rho = 100$ kg/m³. Kislородning temperaturasi T topilsin.

55. $T = 380$ K temperaturada hajmi: 1) 1000 l; 2) 10 l; 3) 2 l boʻlgan $m = 1$ kg massali suv bugʻining bosimi P aniqlansin.

- 1) 3. Elektrostatika
- 2) 3.1. Zaryadlar tok qoʻntarlari
- 3) 3.1.1. Elektromagnitizning fizik asoslari
- 4) 3.1.2. Axtastiril yechish uchun masalalar

3.1-§. Elektrostatika

Asosiy formulalar

• *Zaryadlarning saqlanish qonuni: yopiq sistenadagi barcha zaryadlarning algebraik yigʻindisi oʻzgarmasdir:*

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \Sigma q_i = \text{const.}$$

• *Elektr nuqtaiy zaryadning oʻzaro taʼsir kuchi (Kulon qonuni):*

$$F = (1/4\pi\epsilon_0)(q_1q_2/er^2),$$

bu yerda q_1, q_2 — nuqtaiy zaryadlar; r — zaryadlar orasidagi masofa; ϵ_0 — muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi; e_0 — elektr doimiyi boʻlib, 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* — maydonning shu nuqtasiga kiritilgan bir birlik musbat sinov zaryadiga taʼsir qiltuvchi kuchga miqdor jihatdan teng boʻlgan kuchga teng boʻlib, yaʼni:

$$E = F/q_0$$

$$E = F/q_0,$$

bu yerda q_0 — maydonga kiritilgan sinov zaryad.

$$E_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_2 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E = \frac{q_2 q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

bu yerda $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

Ushbu ifodalardan zaryadlarni aniqlaymiz:

$$q_1 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_1 E_2}{F_2}}, \quad q_2 = r \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_2 E_1}{F_1}}$$

Son qiymatini qo'yib, hisoblashlar amalini bajarimiz:

$$q_1 \approx 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}, \quad q_2 \approx 2,9 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}, \quad q_3 \approx 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ Kl}.$$

4-masala. -1 nkl zaryad $+1,5$ nkl nuqtaviy zaryadning maydonida potentsiali 100 V bo'lgan nuqtadan potentsiali 600 V bo'lgan nuqtaga ko'chgan. Maydon qancha ish bajarilganligi va nuqtalar orasidagi masofa aniqlansin.

Berilgan: $q_1 = -1 \cdot 10^{-9}$ Kl; $q_2 = +1,5 \cdot 10^{-9}$ Kl; $\varphi_1 = 100$ V, $\varphi_2 = 600$ V.

Topish kerak: $A = ?$, $\Delta r = ?$

Yechilishi. Nuqtaviy zaryadning maydoni potentsiali:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

bu yerda r — muayyan nuqtaning zaryadgacha bo'lgan masofasi.

$$\varphi_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2},$$

bu yerdan

$$r_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \varphi_1}, \quad \varphi_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2},$$

bu yerdan

$$r_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 \varphi_2}, \quad \Delta r = r_2 - r_1.$$

Ushbu formulalarga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, hisoblashlarni bajarimiz va quyidagi qiymatlarni olamiz:

$$r_1 \approx 13,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}, \quad r_2 \approx 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}, \quad \Delta r = 11,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}.$$

Ushbu ishdan foydalanish:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

$$r_1 = 11,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \quad A = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

5. masala. Dikita $q_1 = +8$ nkl va $q_2 = -5,3$ nkl nuqtaviy zaryadlar o'zaro masofasi $d = 40$ sm. Zaryadlarning o'rtasida yotgan nuqtadan o'tayotgan kuchlanganligi E hisoblanis. Agar ikkinchi zaryadning o'rnini boshqa kuchlanganlik nimaga teng?

Berilgan: $q_1 = 8$ nkl; $q_2 = -5,3$ nkl; $r = 40$ sm.

Yechilishi. $E = ?$

Yechilishi.

$$E = E_1 + E_2, \quad E = E_1 + E_2.$$

$$E = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{q_1}{\pi \cdot 10^{-2}}, \quad E_2 = \frac{|q_2|}{\pi \cdot 10^{-2}},$$

$$E = \frac{q_1 + |q_2|}{\pi \cdot 10^{-2}} = 3 \frac{\text{KV}}{\text{m}};$$

$$E = E_1 + E_2, \quad E = E_1 + E_2,$$

$$E = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{q_1}{\pi \cdot 10^{-2}}, \quad E_2 = \frac{|q_2|}{\pi \cdot 10^{-2}}$$

$$E = \frac{q_1 + |q_2|}{\pi \cdot 10^{-2}} = 613 \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Yechilishi: 1) $E = 3$ KV/m; 2) $E = 613$ V/m.

6. masala. Ikkinchi $q = 9q$ va $q_2 = q$ nuqtaviy musbat zaryadlar o'zaro masofasi $d = 8$ mm. Zaryadlar maydonning kuchlanganligi o'zaro teng bo'lgan nuqta birinchi zaryadidan qanday masofada bo'lgan? Agar ikkinchi zaryad manfiy bo'lganda bu nuqta qanday bo'lardi?

Berilgan: $q_1 = 9q$; $q_2 = -q$; $d = 8$ sm = $8 \cdot 10^{-2}$ m; $E = 0$.

Yechilishi kerak: x_1 ; $x_2 = ?$

Yechilishi.

$$1) \quad E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad E_1 = E_2, \quad \sqrt{3} = \frac{y_1}{d-x_1}$$

$$3(d-x_1) = x_1, \quad 3d - 4x_1 = 0, \quad x_1 = \frac{3}{4}d = 6 \text{ sm};$$

$$2) \quad \sqrt{9} = \frac{y_2}{d-x_2}, \quad 3(d-x_2) = x_2,$$

$$3d + 2x_2 = 4x_2, \quad x_2 = \frac{3}{2}d = 12 \text{ sm}.$$

Javob: $x_1 = 6$ sm, $x_2 = 12$ sm.

7-masala. Elektr maydon zaryadlari yuzi bo'lib bir tekis taqsimlangan, sirt zichliklari $\rho = 1 \text{ nKl/m}^2$ va $\rho_2 = 3 \text{ nKl/m}^2$ bo'lgan ikkita parallel cheksiz plastinka tomonidan hosil qilingan.

1) plastinlar orasidagi 2) plastinlardan tashqaridagi maydon kuchlanganligi E aniqlansin.

$$\text{Berilgan: } \rho_1 = 1 \text{ nKl/m}^2 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Kl/m}^2; \rho_2 = 3 \text{ nKl/m}^2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Kl/m}^2.$$

Topish kerak: E_1, E_2, E_3 ?

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 $d = 1$ 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.

$$\text{Berilgan: } d = 1 \text{ sm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \rho = 100 \text{ nKl/m}^3 = 10^{-7} \text{ Kl/m}^3.$$

Topish kerak: E_1 ?

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 ($\rho = 10 \text{ nKl/m}^2$). Plastinadan uzoq bo'lmagan masofada $q = 100 \text{ nKl}$ neqtraviy zaryad turibdi. Zaryadga ta'sir etuvchi kuchlarni topilsin.

$$\text{Berilgan: } \rho = 10 \text{ nKl/m}^2 = 10^{-8} \text{ Kl/m}^2; q = 100 \text{ nKl} = 10^{-7} \text{ Kl}.$$

Topish kerak: F ?

Yechilishi.

$$F = q \cdot E, \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}.$$

$$F = \frac{q \cdot \rho}{2\epsilon_0} = \frac{10^{-7} \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 56,4 \text{ mKl}.$$

Javob: $F = 56,4 \text{ mKl}$.

10-masala. Har birining radiasi 1 mm bo'lgan uchta zaryadlangan suv tomchisi bitta tomchiga birlashtirilgan. Har bir tomchining zaryadi 10^{-10} Kl ga teng. Katta tomchining potentsiali topilsin.

$$\text{Berilgan: } n = 3; r = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}; q = 10^{-10} \text{ Kl}.$$

Topish kerak: ϕ ?

Yechilishi. Katta tomchining zaryadi quyidagiga teng:

$$\phi = \frac{Q}{C}, \quad (1)$$

bu yerda Q — katta tomchining zaryadi; C — uning sig'imi. Bu parametrlar quyidagilarga teng:

$$Q = nq, \quad (2)$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 r R. \quad (3)$$

(2) va (3) formulalarni (1) formulaga qo'yamiz:

$$\phi = \frac{nq}{4\pi\epsilon_0 r R}. \quad (4)$$

Katta to'rtchining radiusini quyidagi ifoda orqali aniqlaymiz:
 bu yerda m — bitta kichik to'rtchi massasi bo'lib, u quyidagiga teng:

$$M = nm, \quad (5)$$

$$m = \rho V = \frac{4}{3} \rho \pi r^3, \quad (6)$$

Katta to'rtchi massasi:

$$M = \rho V_1 = \frac{4}{3} \rho \pi R^3, \quad (7)$$

(6) va (7) ifodalarni (5) ga qo'yamiz va katta to'rtchining radiusini topamiz:

$$R^3 = nr^3,$$

bundan

$$R = r\sqrt[3]{n}. \quad (8)$$

Bu ifodani (4) ifodaga qo'yamiz va katta to'rtchi potensialini topamiz:

$$\varphi = \frac{10}{4\pi \epsilon_0 r \sqrt[3]{n}} \approx 1870 \text{ V}.$$

Javob: 1870 V.

11-masala. Har birining sig'imi 1 mkF bo'lgan uchta kondensatoridan iborat bo'lgan batareyaning imkonli 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: $C_b = ?$

Yechilishi. Kondensatorlar batareyasining sig'imi quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi: parallel ulanganda

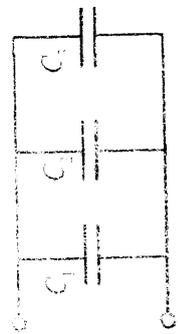
$$C_b = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n,$$

ketma-ket ulanganda

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Bir xil sig'imli uchta kondensator mavjud bo'lganda ularni quyidagi sxemalar bo'yicha ulash mumkin:

1) parallel:



$$C_b = C_1 + C_2 + C_3 = 3 \text{ mkF};$$

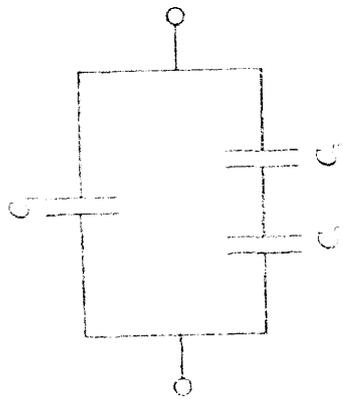
2) ketma-ket:



$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = 3 \text{ mkF}^{-1},$$

$$C_b = \frac{1}{3} \text{ mkF};$$

3) aralash ulanganda kondensatorlar batareyasining sig'imi:



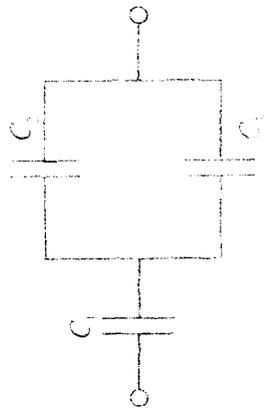
$$C_{23} = C_2 + C_3 = 2 \text{ mkF},$$

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} = 1,5 \text{ mkF}^{-1}.$$

Bundan,

$$C_k = 0,67 \text{ mkF};$$

4) ikkinchi turdagi aralash ulanganda kondensatorlar batareyasining sig'imi:



$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_0 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = 0,5 \text{ mkF};$$

$$C_k = C_1 + C_2 = 1,5 \text{ mkF}.$$

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: $U_1, U_2, U_3 \dots ?$

Yechilishi. Kondensatorlar ketma-ket ulanganida 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 quyidagicha 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 $v = 2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ bo'lgan elektron uchib kiradi. Elektron kondensator qoplamalariga parallel holda ular orasidagi tuzilish markaziga to'rtinchi Agat kondensator uzunligi 10 sm va qoplamalari orasidagi masofa 1 sm bo'lsa, uning qoplamalar orasidagi minimal potensial 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: $U \dots ?$

Yechilishi. Yassi kondensator

qoplamalari orasidagi fazoga uchib

ketgan elektronning elektr maydoni

U maydonidan quyidagi kuch ta'sir

qiladi:

$$F = eE. \quad (1)$$

bu yerda e — elektron zaryadi; U — potentsiallar farqi; d — qoplamalar orasidagi masofa; E — kondensator maydonining kuchlanish bo'lib, u quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E = \frac{U}{d}. \quad (2)$$

Elektronning elektr maydonidan kuch ta'sir qilishi natijasida uning harakatini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (3)$$

Elektron tekis tezlanuvchan harakat qilgani va boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lgan uchun uning bosib o'tgan yo'li quyidagicha teng:

$$\frac{d}{2} = \frac{qU}{2e}$$

Elektron kondensatorning tasqi qoplamasig ixtisab kennadlik uchun uning qoplamalar orasidagi uchlar o'rtasidagi $U = 2e \cdot \frac{d}{2}$ o'rtasidagi qanoatlantirishi shart. Bu shartni hisobga olib (1) va (2) ifodalardan quyidagi ko'rinishdagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{d}{2} = \frac{qU}{2e} = \frac{1}{n} \cdot \frac{U}{2e} = \frac{qE \cdot d}{2eU}$$

Bu yerdan potentsiallar farqini topamiz:

$$U = \frac{q \cdot m v^2}{qU} = 22,75 \text{ V}$$

Javob: 22,75 V.

14-masala. Massasi 1 g va zaryadi 10^{-8} Kl bo'lgan sharcha B 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: $m = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$; $q_A = 600 \text{ V}$; $q_B = 0$; $q = 10^{-8} \text{ Kl}$; $v = 20 \text{ sm/s} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$.

Topish kerak: $v_B = ?$

Yechilishi. Elektr maydon kuchlarining zaryadlangan sharchani ko'chirishda bajarilgan ishi kinetik energiyasining o'zgarishiga teng

$$A = \Delta W_k \quad (1)$$

Bajarilgan ish va kinetik energiya o'zgarishi quyidagiga teng

$$A = q(\varphi_A - \varphi_B) = q\varphi_A \quad (2)$$

$$\Delta W_k = \frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv^2}{2} \quad (3)$$

(2) va (3) ifodalarni (1) ifodaga qo'yamiz:

$$q\varphi_A = \frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv^2}{2}$$

Bundan sharchaning B nuqtadagi tezligini topamiz:

$$v_B = \sqrt{\frac{2q\varphi_A}{m} + v^2} \quad (4)$$

(1) va (2) formulalarga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, bundan v ni baharamiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$v = 0,2 \text{ m/s}$$

$$v_B = 0,2 \text{ m/s}$$

1.2-§. O'zgaruvchan tok qonunlari

1.1. Ohm qonuni. I — o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan vaqt birligi t ichida o'tayotgan zaryadga miqdori, jihatida t teng bo'lgan fizik kuch ta'sirida.

$$I = q/t, \quad [I]_I = 1 \text{ A}$$

Ohm qonuni o'tkazgichdan t vaqtda o'tgan zaryad miqdori.

1.2. Ohm qonunining shakli. — o'tkazgichning bir birlik ko'ndalang kesimidan o'tayotgan tok kuchiga miqdori jihatidan teng bo'lgan fizik kuch ta'sirida.

$$I = I/S = em, \quad [I]_K = 1 \text{ A/m}^2$$

Ohm qonunini $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ — elektronning zaryadi, n — erkin elektronlarning konsentratsiyasi; v — elektronlarning maydon bo'ylab o'tayotgan tezligi.

1.3. Ohm qonunining bir qismi uchun Ohm qonuni. Zanjirdan o'tayotgan tokning kuchining uchlari dagi kuchlanishiga to'g'ri qarshiligi ta'sirida proporsionaldir:

$$I = U/R, \quad R = U/I, \quad U = IR$$

Ohm qonunini $(\varphi_1 - \varphi_2)$ — o'tkazgich uchlari dagi potentsiallar ayirmasi ta'sirida ifodalash: R — o'tkazgichning qarshiligi.

Ohm qonunini shakli dagi o'tkazgichning qarshiligi R o'tkazgichning uzunligi l ga to'g'ri proporsional bo'lib, ko'ndalang kesim yuzasi S ta'sirida proporsionaldir:

$$R = \rho l/S$$

Ohm qonunini ρ — o'tkazgichning qarshiligi bo'lib, uning son qiymati materiallar jadvalida berilgan bo'ladi.

Ohm qonunini o'tkazgichning qarshiligi R uning 0° C haroratidagi uzunligi R_0 ning termik qarshilik koeffitsienti $(1 + \alpha t)$ ga ko'paytmasiga

Agar bu batareya R qarshilikli tashqi zanjirga ulansa, berklardan o'tayotgan tok kuchi I Om qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_0 / (R + r_0) = nE_0 / (R + nr)$$

• EYuK E_0 va ichki qarshiligi r bo'lgan m tok manbayidan o'tirib parallel ulanib, hosil qilingan batareyaning EYuK E_{par} va ichki qarshiligi r_{par} quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{par} = E_0$$

$$r_{par} = r/m$$

bunda R — manbaning tashqi qarshiligi; r — ichki qarshiligi. Agar bu batareya R qarshilikli tashqi zanjirga ulansa, berklardan o'tayotgan I tok kuchi Om qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_{par} / (R + r_{par}) = E_0 / (R + r/m)$$

• EYuK E_0 va ichki qarshiligi r bo'lgan elementlardan n tasi ketma-ket va m tasi o'zaro parallel ulanib, aralash ulangan elementlar batareyasining EYuK E va ichki qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E = nE_0$$

$$r = r/m$$

Bu elementlar batareyasi R qarshilikli tashqi zanjirga ulanganida, berklardan o'tayotgan tokning kuchi I quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = E_{par} / (R + r_{par}) = nE_0 / (R + n/m)r$$

• *Tarmoqlangan elektr zanjiri uchun Kirxgofning birinchi qoidasi:* zanjirning har qanday tugunida uchrashgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\sum I_i = 0$$

• *Kirxgofning ikkinchi qoidasi:* tarmoqlangan zanjirning ixtiyoriy yopiq konturidagi toklarning mos ravishda shu konturda qarshiliklariga ko'paytmalarining algebraik yig'indisi konturdagi barcha EYuKlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\sum IR = \sum E_i$$

$$R_0 = R_0(1 + \alpha t)$$

yoki

$$R_0 = R_0 T / T_0$$

bunda α — o'tkazgich qarshiligining termik koeffitsiyenti,

$$T_0 = 273 K T = (t + 273) K$$

• O'zaro ketma-ket ulangan o'tkazgichlarning umumiy qarshiligi $R_{k,k}$ barcha o'tkazgichlar qarshiliklari $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ning algebraik yig'indisiga teng:

$$R_{k,k} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum R_i$$

• Xususiy holda, R_0 qarshilikli n ta bir xil o'tkazgich o'zaro ketma-ket ulanganida, ularning umumiy qarshiligi $R_{k,k}$ quyidagiga teng bo'ladi:

$$R_{k,k} = nR_0$$

• O'zaro parallel ulangan o'tkazgichlarning umumiy qarshiligining teskari ifodasi $1/R_{par}$ har bir o'tkazgich qarshiliklarining teskari ifodalari $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3, \dots, 1/R_n$ ning algebraik yig'indisiga teng:

$$1/R_{par} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n = \sum 1/R_i$$

Xususiy holda, R_0 qarshilikli m ta bir xil o'tkazgich o'zaro parallel ulanganida, ularning umumiy qarshiligi R_{par} quyidagiga teng bo'ladi:

$$1/R_{par} = m/R_0$$

• *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 $E_{k,k}$ va ichki qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{k,k} = nE_0, \quad r_{k,k} = nr$$

• Zanjirning bir qismida tokning bajaragan foydali ishi A_f quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A_f = IUt = I^2 Rt = U^2 / R; \quad (A_f / Ut) = 1 \text{ J.}$$

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 elektrodda maydon tomonidan qanday kuch ta'sir qilishini aniqlang.

Berilgan: $S = 0,17 \text{ mm}^2 = 0,17 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2$; $I = 0,025 \text{ A}$.

Topish kerak: $F = ?$

Yechilishi. Zanjirning bir qismi uchun 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:

$$I = \frac{US}{\rho l} = \frac{ES}{\rho l}. \quad (4)$$

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 elektrodlarning 2500° C gacha qizdirilgan holatdagi qarshiligi 10° C temperaturadagi qarshiligidan 15 marta katta. Ushbu temperaturalardagi 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: $\alpha = ?$; $R_1 = ?$; $R_2 = ?$

1-masala. O'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'lanishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

bu yerda $R_0 = 0^\circ \text{ C}$ temperaturadagi o'tkazgich qarshiligi; R — t temperaturadagi qarshilik; α — 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

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} = n.$$

Demak,

$$\alpha = \frac{n-1}{t_2-t_1} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$$

$$R_2 = \frac{U^2}{P} = 484 \text{ Om},$$

$$R_1 = \frac{R_2}{n} = \frac{U^2}{Pn} = 32,3 \text{ Om}.$$

3-masala. Mis simdan bo'lgan g'altakning qarshiligi R ga teng. Simning massasi m ga teng. Simning uzunligi va ko'ndalang kesim yuzini toping.

Berilgan: R ; m .

Topish kerak: $l = ?$; $S = ?$

Yechilishi. O'tkazgichning qarshiligi

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (1)$$

bu yerda ρ — o'tkazgichning solishtirma qarshiligi; l — uzunligi; S — ko'ndalang kesim yuzasi.

Simning massasi

$$m = \rho_m V = \rho_m Sl, \quad (2)$$

bu yerda ρ_m — modda zichligi (2)dan l ni topamiz va (1) ifodaga qo'yamiz:

$$R = \rho \frac{l}{S \Delta T} = \rho \frac{l}{S^2 \Delta T} \quad (1)$$

(3) ifodadan S handa l topamiz:

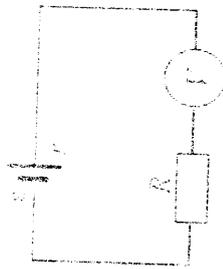
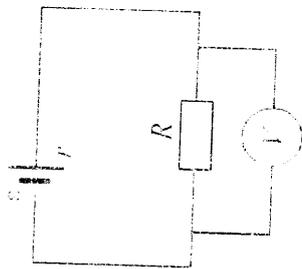
$$S = \sqrt{\frac{\rho l}{\Delta T R}}$$

$$l = \sqrt{\frac{R \rho}{\Delta T}}$$

4-masala. Akkumulator va 20 Om qarshilikdan iborat bo'lgan elektr zanjiriga voltmetr qarshilikka oldin ketma-ket, keyin esa parallel ulandir (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 o'rnini o'tayotgan tok zanjirdagi tokka va voltmetrdagi kuchlanish quyidagicha teng:

$$U = \frac{E R_V}{r + R + R_V} \quad (1)$$

Ikkinchi holda voltmetrdagi kuchlanish parallel ulangan voltmetr va qarshilikdan iborat bo'lgan va quyidagi ekvivalent qarshilikka ega bo'lgan zanjirning qisnidagi kuchlanishga teng:

$$R_0 = \frac{R R_V}{R + R_V} \quad U = I R_0$$

$$U = \frac{E R_0}{r + R + R_0} = \frac{E R R_V}{R + R_V} \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalarni tenglashtiramiz va birini birinchi oddiylashtirib, keyin quyidagi ifodani olamiz:

$$R^2 = r R_V$$

bu ifodaning qarshiligi ni topamiz:

$$R_V = \frac{R^2}{r} = 4000 \text{ Om}$$

Javab. Masala. Rasmga ko'rsatilgan sxemadagi voltmetr va voltmeter qarshiliklari toping. Voltmetr qarshiligi $R_V = 1000 \text{ Om}$, $r = 0,1 \text{ Om}$, $R_0 = 600 \text{ Ohm}$. Kuchlanish $U = 110 \text{ V}$. Ampermetr ko'rsatkichiga olinmasin.

Yechilish: $R_1 = 1000 \text{ Ohm}$, $R_2 = 400 \text{ Ohm}$, $R_3 = 600 \text{ Ohm}$; $I = 0,1 \text{ A}$.

Yechilish: $I = ?$, $U = ?$

Yechilishi. Uchta qarshilik parallel ulangan bo'lgan uchun,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1)$$

bu yerda R ni topamiz:

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \quad (2)$$

Yerimmetrdan o'tayotgan tok:

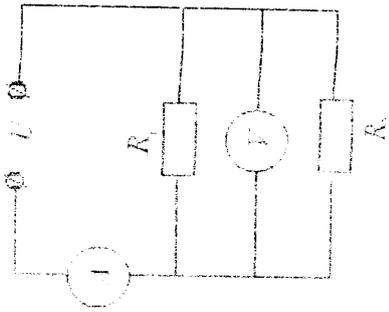
$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

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

$$I = \frac{U (R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)}{R_1 R_2 R_3} = 0,75 \text{ A}$$

R_1 , R_2 va R_3 voltmeter parallel ulangan uchun:

$$U = I R = 110 \text{ V}$$



6-masala. Akkumulyatorning ichki qarshiligi 1 Om ga teng. Tok kuchi 2 A bo'lganda uning FIKI $0,8$ ga teng bo'lsa, akkumulyatorning EYuKni 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

$$R = \frac{\eta}{1-\eta} \cdot r \quad (2)$$

Om qonunidan

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (3)$$

Bu yerdan EYuKni topamiz:

$$\varepsilon = I(R+r) = I \left(\frac{\eta}{1-\eta} + r \right) = \frac{10}{1-0,8} = 10 \text{ V}.$$

7-masala. Akkumulyator batareyasining qisqa tutashuv toki 10 A bo'lib, unga qarshiligi 9 Om ga teng bo'lgan rezistor ulan-ganda zanjirdagi to'x 1 A ga teng bo'ladi. Akkumulyator bata-reyasining EYuKini aniqlang.

Berilgan: $I_{sc} = 10 \text{ A}; R = 9 \text{ Om}; I = 1 \text{ A}$.

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:

$$r = \frac{\varepsilon}{I_{sc}}.$$

bu ifodadan akkumulyator batareyasining EYuKni topamiz:

$$\varepsilon = I \left(R + \frac{\varepsilon}{I_{sc}} \right)$$

$$\varepsilon = \frac{IR}{1 - \frac{r}{I_{sc}}} = 10 \text{ V}.$$

8-masala. Tok manbayiga oldin qarshiligi 1 Om bo'lgan, keyin 1 Om bo'lgan rezistorlar ulangan. Ikkala holda ham bir xil vaqt ichida bir xil issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Tok manbayining oldin 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:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1+r} \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2+r} \quad (3)$$

Om-Lens qonuniga asosan o'tkazgichdan tok o'tganda t vaqt ichida 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) formulalarini qo'yamiz:

$$\frac{\varepsilon^2}{(R_1+r)^2} R_1 t = \frac{\varepsilon^2}{(R_2+r)^2} R_2 t.$$

$$\frac{R_1}{R_1 + r} = \frac{R_2}{R_2 + r}$$

$$R_2(R_1 + r) = R_1(R_2 + r) \quad (7)$$

(7) ifodaga $R_1 = 1$ Ohm va $R_2 = 4$ Ohm qo'yishda quyidagilarni qo'yamiz va hosil bo'lgan tenglamadan tok manbavining ichki qarshiligini aniqlaymiz:

$$r = 2 \text{ Ohm.}$$

9-masala. Akkumulyator ichki qarshiligi 2 Ohm ga teng. Tok manbaviga oldin bir rezistor ulanganda tok kuchi 1 A, ikkinchi rezistorga ulanganda esa 2 A bo'lgan. Ikkala holda ham tashqi zanjirda quvvat bir xil. Akkumulyator EYuKi va tashqi qarshilikni aniqlang.

Berilgan: $r = 2$ Ohm; $I_1 = 4$ A; $I_2 = 2$ 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) nuqtasiga qo'yamiz va quyidagi tenglamani olamiz:

$$I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2 \quad (4)$$

(1) va (2) tenglamalarni birligikda yechamiz va tashqi qarshiliklarni va EYuKni topamiz:

$$R_1 = \frac{I_2^2}{I_1^2} = 1 \text{ Ohm.}$$

$$R_2 = \frac{I_1^2}{I_2^2} = 4 \text{ Ohm.}$$

$$\varepsilon = I_1 r \left(\frac{I_2}{I_1} + 1 \right) = 12 \text{ V.}$$

10-masala. Elektr plitkasi EYuK, ε va ichki qarshiligi r bo'lgan tok manbaviga ulangan. Plitkaga ketma-ket ulangan ampermetr I tokni o'lchaydi. Agar ushbu plitkada massasi m bo'lgan suv τ vaqt davomida qaynatilsa, plitkani FIKI nimaga teng? Suvning boshlang'ich temperaturasi t_0 ga teng.

Berilgan: ε ; r ; I ; τ .

Topish kerak: FIKI q — ?

Yechilishi. Joule-Lens qonuniga asoslan tokli o'lkazgich ajratib olinayotgan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$Q = I^2 R t \quad (1)$$

Tok kuchini to'liq zanjir uchun Om qonunidan topamiz:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (2)$$

Shundan tashqi qarshilikni topamiz:

$$R = \frac{\varepsilon - Ir}{I} \quad (3)$$

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

$$Q = I^2 (r + R) \tau \quad (4)$$

Suvni qizdirish uchun sarflangan issiqlik miqdori:

$$Q_1 = mc(t - t_0) \quad (5)$$

bu yerda m — suv massasi; c — suvning so'ishtirma issiqlik sig'imi;

t_0 — suvning boshlang'ich temperaturasi.

Plitkani FIKI quyidagicha teng bo'ladi:

$$q = \frac{Q_1}{I \tau} \quad (6)$$

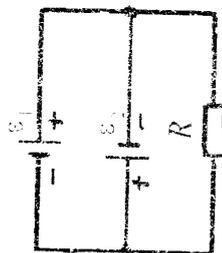
(4) va (5) ifodalarni (6) ga qo'yamiz va quyidagi ifodani olamiz.

$$\eta = \frac{mc(U_{\text{max}})}{I(e - I)r}$$

11-masala. Ikkita tok manbavi ($\varepsilon_1 = 8 \text{ V}$, $r_1 = 2 \text{ Ohm}$, $\varepsilon_2 = 6 \text{ V}$, $r_2 = 1.5 \text{ Ohm}$) va reostat ($R = 16 \text{ Ohm}$) ramda ko'rsatilgandek qilib ulangan. Reostat orqali oquvchi tok kuchi I hisoblanin.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 8 \text{ V}$; $r_1 = 2 \text{ Ohm}$; $\varepsilon_2 = 6 \text{ V}$; $r_2 = 1.5 \text{ Ohm}$; $R = 16 \text{ Ohm}$
Topish kerak: $I = ?$

Yechilishi.



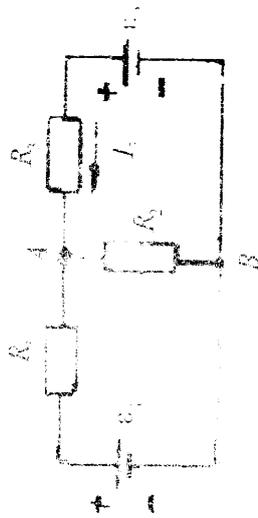
$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I = 0, \\ I_1 r_1 - I_2 r_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_1 r_1 + IR = \varepsilon_2, \\ -I_1 - I_2 + I = 0, \\ 2I_1 - 1.5I_2 = 2, \\ 1.5I_2 + 16I = 6, \\ -I_1 - I_2 + I = 0, \\ -3.5I_1 + 2I = 2, \\ 1.5I_2 + 16I = 6. \end{cases}$$

$$I_2 = -\frac{4}{19} \text{ A} = -0.21 \text{ A},$$

$$I = -\frac{1}{2}(2 + 3.5I_2) = \frac{1}{2}(2 - 3.5 \cdot 0.21) = 0.63 \text{ A}.$$

Javob: $I = 0.63 \text{ A}$.

12-masala. Agar $\varepsilon_1 = +5 \text{ V}$, $r_1 = 3 \text{ Ohm}$, $R = 6 \text{ Ohm}$, $R_3 = 1 \text{ Ohm}$ bo'lsa, R_3 qarshilik rezistoridagi I_3 tok kuchi va rezistor uchlaridagi kuchlanish U_3 aniqlansin. Tok manbalarining ichki qarshiliklari hisobga olinsin.



Berilgan: $\varepsilon_1 = 4 \text{ V}$; $\varepsilon_2 = 3 \text{ V}$; $R_1 = 6 \text{ Ohm}$; $R_2 = 1 \text{ Ohm}$.
Topish kerak: $I_1 = ?$; $U_3 = ?$
Yechilishi.

$$\begin{cases} I_1 + I_3 - I_2 = 0, \\ I_1 + I_3 - I_2 = 0, \\ I_2 R_2 + I_1 R_1 = \varepsilon_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2, \\ I_2 = I_1 + I_3, \\ 6I_2 + 2I_1 = 4, \\ 6I_2 + I_3 = 3, \end{cases}$$

$$I_3 = 0 \text{ A}, \quad U_3 = 0 \text{ V}.$$

Javob: $I_3 = 0 \text{ A}$; $U_3 = 0 \text{ V}$.

13-masala. EYuKlari $\varepsilon_1 = 12 \text{ V}$, $\varepsilon_2 = 5 \text{ V}$, $\varepsilon_3 = 10 \text{ V}$ va $r = 1 \text{ Ohm}$ 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: $\varepsilon_1 = 12 \text{ V}$; $\varepsilon_2 = 5 \text{ V}$; $r = 1 \text{ Ohm}$.

Topish kerak: I_1 , I_2 , I_3 .

Yechilishi.

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 + I_2 - I = 0, \\ I_1 r + I_2 r = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_3 + I r = \varepsilon_3 - \varepsilon_2, \end{cases}$$

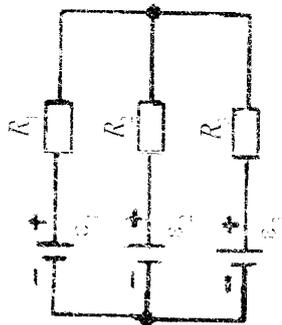
$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I, \\ I_1 - I_2 = 7, \\ I_3 + I = 5. \end{cases}$$

$$I_1 = 3 \text{ A}; \quad I_2 = 4 \text{ A}; \quad I = 1 \text{ A}, \\ I_1 = 3 \text{ A}; \quad I_2 = 4 \text{ A}; \quad I = 1 \text{ A}.$$

14-masala. EYuKlari $\varepsilon_1 = 11 \text{ V}$, $\varepsilon_2 = 4 \text{ V}$ va $\varepsilon_3 = 6 \text{ V}$ bo'lgan uchta tok manbai va $R_1 = 5 \text{ Ohm}$, $R_2 = 10 \text{ Ohm}$ va $R_3 = 2 \text{ Ohm}$ qarshilikli uchta reostat tashida ko'rsatilgandek qilib ulangan. Reostatlardagi tok kuchlari I_1 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 - ?
Yechitishi.



$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3, \\ I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_2 - \varepsilon_3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3, \\ 5I_1 - 10I_2 = 11 - 4, \\ 10I_2 + 2I_3 = 4 - 6. \end{cases}$$

$$I_1 = 0,8 \text{ A}; \quad I_2 = -0,3 \text{ A}; \quad I_3 = 0,5 \text{ A}, \\ \text{Javob: } I_1 = 0,8 \text{ A}; \quad I_2 = -0,3 \text{ A}; \quad I_3 = 0,5 \text{ A}.$$

3.3-§. Elektromagnitizimning fizik asoslari

• Parallel toklarning o'zaro ta'sir kuchi F o'tkazgichlardan o'tayotgan toklarning kuchlari I_1 , I_2 va o'tkazgichning uzunligi l ga to'g'ri proporsional bo'lib, ular orasidagi masofa r_0 ga teskari proporsionaldir, ya'ni:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r_0}.$$

Ushbu μ_0 — muhitning nisbiy magnit singdirovchanligi; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$ — magnit doimiy bo'lib, uning SI sistemasiidagi ifodasi quyidagisiga teng:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ GH/m}.$$

• Toklarning magnit momenti M , konundan o'tayotgan tok I va uning ko'kurl yuzasi ko'paytirilishiga teng:

$$M = IS.$$

• Induksiyasi B bo'lgan magnit maydonidagi tokli konturiga ta'sir qiluvchi juft kuchning momenti M quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M = p_m B \sin \alpha.$$

bu yerda p_m — tokli konturning magnit momenti, α — magnit maydon nuqtasiga vektori B niqiy yo'nalishi bilan kontur tekisligiga tushirilgan normal n orasidagi burchak.

• Bir jinsli ($B = \text{const}$) magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi Amper kuchi F_l o'tkazgichdan o'tayotgan tokning kuchi I ga, o'tkazgichning uzunligi l ga, magnit maydonning induksiyasi B ga va o'tkazgich bilan induksiya chiziqi orasidagi burchak α ning kosinusiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni:

$$F_l = IlB \sin \alpha.$$

• Bir jinsli ($B = \text{const}$) magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarra uchaga ta'sir qiluvchi Lorens kuchi F_l zaryadning zaryadi ta'sir kuchi F_e tezligi v ga, magnit maydonning induksiya B ga va b bilan vektorlar orasidagi burchak α ning sinusiga to'g'ri proporsional:

$$F_l = qvB \sin \alpha.$$

• Magnit maydonning induksiya B magnit maydonning chiqarilganligi H bilan quyidagicha bog'langan:

$$B = \mu_0 \mu H.$$

• Cheksiz uzun, to'g'ri tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydonning induksiya B va kuchlanganligi H quyidagi formuladan aniqlanadi:

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 o'rtasiga qo'yilgan. Burchak 30° burchak ostida joylashganida unga maydon tomonidan $F = 5$ N kuch ta'sir qiladi. Ushbu magnit maydonning ta'sir kuchi va kuchlanganligi topilsin.

Berilgan: $l = 2$ m; $I = 50$ A; $\alpha = 30^\circ$; $F = 5$ N.

Topish kerak: $B = ?$; $H = ?$

Yechilishi. Magnit maydonga joylashirilgan tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch

$$F = IB \sin \alpha.$$

Bu yerdan magnit maydon induksiya-sini topamiz:

$$B = \frac{F}{I \sin \alpha} = 0,1 \text{ T}$$

Magnit maydon kuchlanganligi (havodda)

$$H = \frac{B}{\mu_0} \approx 79,6 \cdot 10^3 \text{ A/m.} \quad (1)$$

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 ettuvchi kuch:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}.$$

Bundan,

$$r = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2F} = 0,02 \text{ m.}$$

3-masala. Magnit qutblari orasiga joylashtirilgan radiusi 10 sm bo'lgan sim o'rtasiga 6,5 mN bo'lgan maksimal mexanik moment ta'sir qilmoqda. O'tandan o'tayotgan tok kuchi 2 A ga teng bo'lsa, qutblar orasidagi magnit maydon induksiya-si nimaga teng bo'ladi?

Berilgan: $r = 10$ sm = 0,1 m; $M_m = 6,5$ mN = $6,5 \cdot 10^{-3}$ N; $I = 2$ A.

Topish kerak: $B = ?$

Yechilishi. Tokli o'ranga magnit maydoni tomonidan ta'sir ettiruvchi kuchning momenti quyidagicha teng:

$$M = p_m B \sin \alpha \quad (1)$$

bu yerda

$$M = ISB \sin \alpha.$$

Agar $\alpha = 90^\circ$ bo'lsa, magnit maydoni tomonidan ta'sir ettiruvchi kuchning momenti maksimal qiymatga erishadi, ya'ni:

$$M_m = ISB. \quad (2)$$

Sim o'rangining 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 induksiya-si qiymatini aniqlovchi:

$$B = \frac{M_m}{I \pi r^2} = 104 \text{ mT.}$$

4-masala. Kinetik energiyasi 3 MeV bo'lgan proton induksiya o'zisi 0,5 T bo'lgan bir jinsli magnit maydon induksiya vektoriga perpendikular ravishda harakatlanmoqda. Maydonda protonning harakat traektoriyasi egrilik radiusi topilsin.

Berilgan: $B = 0,5$ T; $E = 3$ MeV; $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.

Topish kerak: $r = ?$

Yechilishi. Protonning kinetik energiyasi quyidagicha 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 Lorents kuchi ta'sir qiladi, ya'ni:

$$F_L = qvB.$$

Bu kuch protonga markazga intilma tezlanish beradi va bu kuch markazga intilma kuchni yuzaga keltiradi.

$$F_m = \frac{mv^2}{r}.$$

Demak,

$$F_L = F_m,$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}.$$

Bu tenglamadan protonning harakat trayektoriyasi egriklk 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 induksiya 2 mH 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: $l = 140 \text{ sm} = 1.4 \text{ m}$; $B = 2 \text{ mT} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$; $I = 10 \text{ A}$.

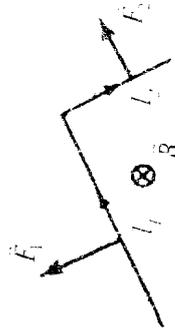
Topish kerak: $F = ?$

Yechilishi. Burchakning har bir tomoniga induksiya vektoriga perpendikular bo'lgan tekislikda yotgan Amper kuchi ta'sir qiladi. Tok yo'nalishi bilan induksiya vektor o'rtasidagi burchak 90° 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:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = IB\sqrt{l_1^2 + l_2^2} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$$



6-masala. Maydon kuchlanganligi 5000 A/m bo'lgan bir jinsli maydon maydonga radiusi 5 sm bo'lgan o'ram joylashtirilgan bo'lib, o'ramni normal maydon yo'natishi bilan 60° burchakni tashkil qiladi. O'ramdagi tok kuchi 1 A ga teng. O'ramni turg'un holatga keltirish 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 maydon maydon oqimining o'zgarishi; $F_1 = BS \cos \alpha$ — boshlang'ich holatdagi o'ramni kesib o'tuvchi magnit maydon oqimi bo'lib, bu yerda $\alpha = \pi$ 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, $\Delta F = B\pi r^2(1 - \cos \alpha)$.

$B = \mu_0 H$ ekanligini e'tiborga olsak, (2) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\Delta F = \mu_0 H r^2 (1 - \cos \alpha) \cdot \pi. \quad (3)$$

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

$$A = I\mu_0 H \pi r^2 (1 - \cos \alpha).$$

Ushbu ifodaga kattalikdar 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: e_{otz} — ?

Yechilishi. O'zinduksiya EYuK quyidagiga teng:

$$e_{\text{otz}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Solenoid induktivligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$L = \mu \mu_0 n^2 I S, \quad S = \frac{\pi D^2}{4}.$$

$$L \approx 24 \text{ Gn}, \quad e_{\text{otz}} \approx -240 \text{ V}.$$

8-masala. Bir jinsli magnit maydon induksiya chiziqlariga perpendikular ravishda, bir xil potentsiallar farqida tezlantilgan proton va bir zaryadli gelyiy ion uchib kiradi. Ion harakatlanayotgan aylana radiusi proton harakatlanayotgan aylana radiusidan necha marta katta?

Berilgan: $q_1 = q_2 = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kt}$; $m_2 = 4m_1$.

Topish kerak: R_2/R_1 — ?

Yechilishi. Lorens kuchi ta'sirida protonning ham, gelyiy ionining ham harakat trayektoriyalari ma'lum bir radiusli aylananan iborat bo'ladi. Proton va ionning harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$e q_1 B = m_1 \frac{v_1^2}{R_1}, \quad (1)$$

$$e q_2 B = m_2 \frac{v_2^2}{R_2}. \quad (2)$$

Bir zaryadli gelyiy ion proton zaryadiga teng zaryadga ega bo'ladi. Bir zaryadli ion bir elektronini yo'qotgan atom bo'ladi. Gelyiy 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:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2 v_1}{m_1 v_2}. \quad (3)$$

L saba tenglamadagi tezliklar nisbatini topish uchun ular bo'lgan 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:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}. \quad (6)$$

(4) 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 1 A gacha o'zgarishi tufayli 15 V o'zinduksiya EYuK vujudga keladi. Solenoidning induktivligi aniqlansin.

Berilgan: $I_1 = 5 \text{ A}$; $I_2 = 15 \text{ A}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $e_{\text{otz}} = 15 \text{ V}$.

Topish kerak: L — ?

Yechilishi. Solenoiddagi tokning o'zgarishi tufayli vujudga keladigan o'zinduksiya EYuK elektromagnit induksiya qonuniga asosan quyidagiga teng:

$$e_{\text{otz}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (1)$$

bu yerda $\Delta \Phi = I_2 \Phi_2 - I_1 \Phi_1$ — solenoiddagi tok kuchining o'zgarishi;

$\Phi = I \Phi_0$ — vaqt o'zgarishi; L — induktivlik.

(1) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$|e_{\text{otz}}| = L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t}.$$

Bundan,

$$L = \frac{|e_{\text{otz}}| \Delta t}{I_2 - I_1} = 0,15 \text{ Gn}.$$

10-masala. Uzunligi 0,25 m va o'qimlar soni 500 ta bo'lgan solenoiddan 1 A tok o'tirildi. Solenoidning ko'ndalang kesim yuzini 15 sm² ga teng. Soleoidning nurgun maydon energiyasi topilsin

Berilgan: $I = 1 \text{ A}$; $l = 0,25 \text{ m}$; $n = 1$; $S = 15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
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 quyidagicha teng:

$$L = \mu_0 n^2 l S, \quad (2)$$

Agar $n = N/l$ formulani hisobga olib, (2) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} S, \quad (3)$$

(3) ifodani (1) ga qo'yamiz va solenoid magnit maydon energiyasini topamiz:

$$W = \mu_0 \frac{N^2}{l} S \frac{l^2}{2} \approx 9,4 \cdot 10^{-4} \text{ J}.$$

3.4-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Bir-biridan qanday masofada 1 μC va 10 nC zaryadlar 9 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 o'rtish shunchalik katta bo'lishini isbot qiling.

3. 10 va 16 nC zaryadlar bir-biridan 7 mm masofada joylashgan. Kichik zaryaddan 3 mm va katta zaryaddan 4 mm masofada bo'lgan nuqtaga joylashtirilgan 2 nC zaryadga qancha kuch ta'sir qiladi?

1. Tomoni a bo'lgan muntazam otiburchakning neblariga 10^{-9} C , $4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $-9 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ zaryadlar joylashtirilgan. Otiburchakning markazida joylashgan 4 zaryadga ta'sir qiluvchi kuchni toping.

2. Bir-biridan 24 sm masofada joylashgan har biri 25 nC dan iborat ikkinchi zaryad elektrostatik maydon hosil qiladi. Har qaysi maydonda 15 sm naridagi nuqtaga joylashtirilgan 2nC zaryadga ta'sir qiluvchi qanday kuch bilan ta'sir qiladi? (Masalani maydonni hisobga olmay zaryadlar bir xil ishorali) har xil ishorali bo'lgan zaryadlar uchun yeching.)

3. 24 nC zaryadning undan 9 va 18 sm masofada yotgan nuqtalaridagi maydon kuchlanganligini toping.

4. Metall bo'yicha bir ikkita hisobdan 4 marta katta bo'lgan ikkita zaryad bir-biridan a masofada joylashgan. Agar zaryadlar ta'sir ishorali bo'lsa, maydonning qaysi nuqtasida kuchlanganlik nol bo'ladi? Har xil ishorali bo'lsa-chi?

5. Izotatsiyalovchi tanga ostilgan zaryadlangan metall sharcha gorizontal yo'nalgan bir jinsi maydonga kiritilganda ip vertikal bo'lib 45° burchak hosil qildi. Sharchadagi zaryadning o'ndan bir qismini yo'qolganda ipning og'ish burchagi qancha kamayadi? Kuchlanganlik chizig'i gorizontal yo'nalgan.

6. Radiusi 8 sm bo'lgan metall sharga 16 nC zaryad berildi. Zaryadning sirt zichligini va shar markazidan 2 sm va 4 sm naridagi nuqtalarda maydon kuchlanganligini toping.

7. Cheksiz uzunlikdagi plastikada zaryadning sirt zichligi 10^{-4} nC/m^2 bo'lsa, shu plastikaning maydon kuchlanganligini toping.

8. Moy bilan to'ldirilgan aluminiy idish kuchlanganligi 10 kV/m bo'lgan bir jinsi maydonga kiritildi. Moydagi maydon kuchlanganligi qanday? Aluminiy devorda-chi?

9. Suyuq dielektrikda turgan 4 nC zaryaddan 3 sm masofada maydonning kuchlanganligi 20 kV/m ga teng. Dielektrikning dielektrik singdini toping.

10. Zaryadlangan shar suv qatlami qoplanib «terfadi». Bunda shar qatlami ichida va undan tashqarida maydon kuchlanganligi qanday o'zgaradi?

14. Kuchlanganlik chiziqlari gorizontal yo'nalgan bir jinsli maydondagi ingichka, vazirsiz, uzunligi $l = 35$ sm bo'lgan cho'zilmaydigan ip uchiga massasi $m = 15$ g, $q = 5$ nKl zaryadga ega bo'lgan sharcha osilgan. Agar elektr maydoni kuchlanganligi $E = 4$ kV/m bo'lsa, sharchaning yuksak tebranishlar o'zini toping.

15. Cho'zilmaydigan, vazirsiz, tek o'tkazmaydigan ipga osilgan $m = 1$ g massali $q = 1$ nKl zaryadga ega bo'lgan sharcha kuchlanganlik chiziqlari gorizontal bo'ylab chapdan o'ngga yo'nalgan bir jinsli elektr maydonda joylashgan. Sharcha ip vertikal bilan $\alpha = 45^\circ$ burchak hosil qiladigan vaziyatgacha cheklangib, 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, $q = 8$ nKl zaryadga ega bo'lgan sharcha uzunligi $l = 1,2$ m bo'lgan vazirsiz, cho'zilmaydigan va tek o'tkazmaydigan ipga osilgan bo'lib, vertikal o'q atrofida ip vertikal bilan $\alpha = 20^\circ$ burchak hosil qiladigan holda avlanma harakat qilmoqda. Agar kuchlanganligi $E = 1,4$ kV/m bo'lgan elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari vertikal va yuqorilarga yo'nalgan bo'lsa, sharchaning aylanish davri T ni toping.

18. $q_1 = 20$ nKl va $q_2 = -10$ nKl nuqtaviy 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. O'ralaridagi 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 $l/4$ masofada yotgan; b) dipol markazida yotgan; d) zaryadlarning biri o'rtali dipol o'qiga o'tkazilgan perpendikullarda, o'qdan $l/2$ masofada yotgan; e) dipol o'qining o'rtasiga o'tkazilgan perpendikullarda, o'qdan $l/2$ masofada yotgan nuqtalar uchun maydon kuchlanganligini toping. Zaryadlar orasidagi maydon taqsimotining $E = f(b)$ 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'chganida maydon qancha ish bajar-

gan? Potentsiali -100 V bo'lgan nuqtadan potentsiali 400 V bo'lgan nuqtaga ko'chganida-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 kinetik energiyasiga o'zgarishi va elektron olgan tezlikni toping. Elektronning bahang'ich tezligini no'ga teng deb hisoblang.

23. Bir jinsli maydon kuchlanganligining bitta ehtizig'ida yotgan ikki nuqta orasidagi kuchlanganlik 2 kV ga teng. Nuqtalar orasidagi masofa 10 sm. Maydon kuchlanganligi qanday?

24. Vakuunda bir-biridan $4,8$ mm masofada gorizontal joylashgan ikki plastinka orasida massasi 10 ng manfiy zaryadlangan zaryadli muvozanatda turibdi. Agar plastinkalarga 1 kV kuchlanganlik berilgan bo'lsa, tomchi qancha «ortiqcha» elektronga ega?

25. 25 va -4 nC li zaryadlar orasidagi masofa 10 sm dan 10 sm gacha o'zraganda, shu zaryadlarning o'zaro ta'sir potentsial energiyasi qanchaga o'zgaradi?

26. Birinchi kondensatorning sig'imi $0,5$ μ F, ikkinchi kondensatorniki 5000 pF. Ikkala kondensatorida bir xil zaryad to'plash uchun kondensatorlarga berish lozim bo'ladigan kuchlanishlarni toping.

27. Agar kondensator $1,4$ kV kuchlanishgacha zaryadlanganda $q = 28$ 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 20 sm² ga teng. Kondensatorning sig'imi 46 pF ga teng bo'lishi uchun plastinkalarni havoda bir-biridan qancha masofada joylash-tritish lozim?

30. Yassi kondensator ikki plastinkadan tashkil topgan bo'lib, ulardan har qaysisining yuzi 50 sm². Plastinkalar orasida shisha qatlama bor. Maydon kuchlanganligi 10 MV/m bo'lganda shisha va uni kondensator «teshish» ro'y bersa, ana shu kondensator-ning ko'pi bilan qancha zaryad to'plash mumkin?

39. 120 V kuchlanishga mo'ljallangan qarshiligi 240 Om bo'lgan elektr lampani 220 V kuchlanishli tarmoqqa ulash lozim. Buning uchun kesimi 0,55 mm² bo'lgan mixrom o'tkazgichdan o'zgaruvchi metr olib lampochkaga ketma-ket qilib ulash kerak?

41. Galvanometr 200 Om qarshilikka ega bo'lib, tok kuchi 100 mA bo'lganda shtetka shkalaning oxirigacha og'adi. Asbobdan voltmetr sifatida foydalanish uchun qanday qo'shimcha qarshilik qo'yish lozim? Bu galvanometrdan 10 mA gacha tok kuchini o'lchaydigan mili-ampmetr sifatida foydalanish uchun unga qanday kerak ulash lozim?

31. Zaryadlangan yassi kondensatorning plastinkalari orasiga dielektrik singdiruvchanligi e bo'lgan dielektrik shunday kiritildi,ki, u plastinkalar yuzlarining yarimlari orasidagi hajmi 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 sm², ular orasidagi masofa esa 1 sm. Agar maydon kuchlanish-ganligi 500 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'zgarmas kuchlanish manbayiga ulangan hollarni qarab chiqing.

34. Sig'imi 100 μF bo'lgan kondensator 0,5 s vaqt ichida 500 V gacha zaryadlandi. Zaryad tok kuchining o'rtacha qiymati qancha?

35. Tok kuchi 10 A bo'lganda kesimi 5 mm² bo'lgan simda elektronlarning tartibli harakatining tezligini toping. O'tkazuvchanlik elektronlarining konsentratsiyasi $5 \cdot 10^{28}$ m⁻³.

36. Har bir atomga bittadan o'tkazuvcchanlik elektroni to'g'ri keladi, deb hisoblab, tok kuchi 50 A bo'lganda elektronlarning kesimi 25 mm² bo'lgan mis simdagi batartib harakatlanish tezligini toping.

37. Kesimi 1,4 mm² bo'lgan aluminiy o'tkazgichdagi maydon kuchlanganligini toping. Tok kuchi 1 A.

38. Volfram tolali lampani yoqish paytidagi tok kuchi uning ish holatidagi tok kuchidan necha marta katta? Cho'g'lanish temperaturasi 2400° C ga yaqin.

39. Zanjir ketma-ket ulangan uchta simdan iborat bo'lib, 24 V kuchlanishli manbaga ulangan. Birinchi o'tkazgichning qarshiligi 4 Om, ikkinchisining 6 Om, uchinchi o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish 4 V. Zanjirdagi tok kuchi, uchinchi o'tkazgichning qarshiligi va birinchi hamda ikkinchi o'tkazgich uchlaridagi kuchlanishlarni toping.

IV BOB

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 tebranish* — harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin(2\pi \nu t + \varphi_0),$$

bunda x — tebranayotgan nuqtaning muvozanat vaziyatidan siljishi, A — tebranish amplitudasi; ω — siklik chastota ($\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu$), T — tebranish davri; ν — tebranish chastotasi; φ_0 — boshlang'ich faza $\omega t + \varphi_0$ — tebranishning t vaqtidagi fazasi.

• *Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezligi* siljishidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga tengdir:

$$v = dx/dt = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0),$$

bunda v_0 — tezlikning maksimal (amplituda) ifodasi:

$$v_0 = A\omega = A(2\pi/T) = 2\pi A\nu.$$

• *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 yutqan keltiruvchi kuch* F Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan quyidagi ko'rinishga ega:

$$F = ma = -4\pi^2 m/T^2 A \sin(\omega t + \varphi_0) = -(4\pi^2 m/T^2) x = -kx,$$

bo'lib, k — kvadratlash kuchiing deformatsiya koeffitsiyenti bo'lib, u qat'iylikka tengdir:

$$k = 4\pi^2 m/T^2.$$

• Tebranayotgan nuqtaning *kinetik energiyasi*:

$$W_k = mv^2/2 = (2\pi^2 A^2 m/T^2) \cos^2(2\pi \nu t + \varphi_0).$$

• Tebranayotgan nuqtaning *potensial energiyasi*:

$$W_p = kx^2/2 = (2\pi^2 A^2 m/T^2) \sin^2(2\pi \nu t + \varphi_0).$$

• Tebranayotgan nuqtaning *to'liq energiyasi*:

$$W_T = W_k + W_p = W_T = (2\pi^2 A^2 m/T^2).$$

• Kichik burchak ostida tebranayotgan matematik mayatnikning tebranish davri quyidagiga teng:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g},$$

bu yerda T — mayatnikning tebranish davri; g — erkin tushish tezlashishi.

• *Prinjaga osilgan massali jismlarning tebranish davri* quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$T = 2\pi \sqrt{m/k}.$$

bu yerda k — prinjaning qattqlik koeffitsiyenti bo'lib, uni bir birlikka cho'zish uchun zarur bo'lgan kuchga miqdor jihatdan aniqlaymiz.

$$k = \Delta F/\Delta l.$$

• To'lqinning tezligi v to'lqin uzunligi λ , davri T va chastotasi ν o'zaro quyidagi bog'lanishga ega:

$$v = \lambda/T = \lambda\nu.$$

• To'lqin manbaidan r masofada fazo nuqtasining siljishi, to'lqin yuguruvchi to'lqinning tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(\omega t - 2\pi r/\lambda) = A \sin(2\pi \nu/T)(t - r/v).$$

• To'liqin manbaidan l_1 va l_2 masofada yotuvchi ikki nuqtaning fazalari farqi $\varphi_2 - \varphi_1$ quyidagiga tengdir:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2(l_2 - l_1)/\lambda.$$

• Bo'ylama to'liqinning elastik muhitda tarqalish tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

bunda E — bo'ylama elastiklik moduli (Yang moduli), ρ — muhitning zichligi.

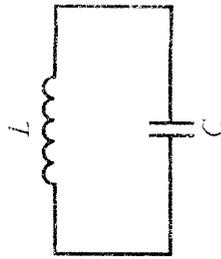
• Ko'ndalang to'liqin elastik muhitda tarqalish tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}},$$

bunda G — moddaning siljish moduli.

4.2-§. Elektromagnit tebranishlar va to'liqlar

• Kondensator va g'altakdan tashkil topgan elektr zanjiriga *tebranish konturi* deyiladi.



• Tebranish konturining *tebranish davri* (T) quyidagi formuladan 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:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} - (R/2L)^2.$$

• Konturning sochilish qonuniga binoan tebranish konturidagi kondensator qavatlarini o'rasidagi maksimal *elektr maydon* va maksimal *CE* g'altakdagi maksimal *magnit maydon energiyasi* (W) aniqlanadi, ya'ni

$$\frac{CC^2 - LI^2}{2}$$

• Buningda C — kondensatorning sig'imi; L — g'altakning induktivligi; U_0 — kondensator qavatlaridagi maksimal kuch-sim; I_0 — konturdagi to'liqning maksimal qiymati.

• Elektromagnit to'liqning tezligi quyidagi munosabatlardan aniqlanadi:

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu},$$

bunda T — elektromagnit to'liqning davri; ν — chastotasi; c — to'liqning tarqalish tezligi bo'lib, u $c = 3 \cdot 10^8$ m/s ga teng.

• Elektromagnit to'liqning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi nisbiy magnit singdiruvchanligi bo'lgan muhitdagi *tarqalish tezligi* quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}},$$

MASALA YECHISHIGA NAMUNALAR

1-masala. Vassasi 10 g bo'lgan moddiy nuqta $x = 0,05 \sin(0,6t + 0,8)$ tenglamasi bilan nuqtaga ta'sir qiluvchi maksimal kuch va tebrangan nuqtaning to'liq energiyasi topilsin.

Berilgan: $m = 10$ g; $x = 0,01$ kg; $x = 0,05 \sin(0,6t + 0,8)$.

Topish kerak: F_{max} va $E_{to'liq}$.

Yechilishi: Garmolik tebrama harakat tenglamasi, ya'ni $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ bilan masala shartida berilgan tenglamani solishimiz 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:

$$F = ma = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -mAc\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Demak,

$$F_{\max} = mA\omega^2 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ N}.$$

Tebralayotgan nuqtaning to'liq energiyasi

$$E_t = \frac{mAv^2}{2} = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ J}.$$

2-masala. Massasi 20 g bo'lgan moddiy nuqta 9 s tebranish davri bilan garmonik tebralmayotgan. Tebranishning boshlang'ich fazasi 10° ga teng. Harakat boshlanishidan qancha vaqt o'tgandan keyin nuqta siljishi tebranish amplitudasi yarmiga tenglashadi? Agar nuqtaning to'liq energiyasi 10^{-3} J bo'lsa, uning tebranish amplitudasi, maksimal tezligi va tezlanishi topilsin.

Berilgan: $m = 20 \text{ g}$; $\omega = 0,02 \text{ kg}$; $T = 9 \text{ s}$; $\varphi_0 = 10^\circ = \pi/18$; $x = 0,5 \text{ A}$; $E = 10^{-3} \text{ J}$.

Topish kerak: $t = ?$; $A = ?$; $v_{\max} = ?$; $a_{\max} = ?$

Yechilishi. Garmonik tebratma harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0). \quad (1)$$

Ushbu tenglamadan t vaqtini aniqlaymiz:

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right).$$

$$\frac{x}{A} = \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right),$$

$$\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 = \arcsin \frac{x}{A},$$

$$t = \frac{\left[\arcsin \frac{x}{A} - \varphi_0\right] T}{2\pi}.$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz: $t = 0,5 \text{ s}$.

Garmonik tebralayotgan nuqtaning tezligi siljishidan vaqt o'tishi bilan olingan birinchi amplitudasi v_0 holatiga 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 quyidagicha quyidagi ifodani olamiz:

$$v_{\max} = Av_0 = A\omega \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Nuqta tezlanishi quyidagicha 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 10 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. Pруjinali mayatnikning tebranish davri quyidagicha ifodalanadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Tebranishlar davri bilan tebranishlar soni quyidagicha bog'langan:

$$T = \frac{t}{n}.$$

Bu ifodani e'tiborga olib, prujinali mayatnikning tebranish davri quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{t}{n} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Bu yerdan yukning massasini topamiz:

$$m = \frac{kr^2}{4\pi^2 N^2} = 4 \text{ kg.}$$

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 jisim 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 manbaidan 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. (1) nuqtda, ko'rsatilgan nuqtaning $t = 2,2$ s vaqt momentidagi qo'sh topilsin.

Berilgan: $v = 20$ m/s; $l_1 = 12$ m; $l_2 = 15$ m; $A = 0,1$ m; $\alpha = 135^\circ$; $t = 1,2$ 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 manbaidan x_1 va x_2 masofada joylashgan ikki nuqtaning fazalar ayrimasi bilan to'lqin uzunligi quyidagicha bog'lanadi:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi(x_2 - x_1)}{\lambda}.$$

Ushbu ifodadan to'lqin uzunligini topamiz:

$$\lambda = \frac{2\pi(x_2 - x_1)}{\Delta\varphi}.$$

Bu formulaga kattaliklarining 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:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \frac{1}{\text{s}}.$$

(3) formulani e'tiborga olib, (2) formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$W = \frac{H_0^2 \omega_0}{4\pi}$$

Mazkur ifodaga koeffitsientlarning son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$W = 10^{-5} \text{ J.}$$

Javob: 10^{-5} J.

9-masala. Dielektrik sig'iruvchiligi 2 ga va nuqut simyidiruvchiligi 1 ga teng bo'lgan bir jinsli izotrop muhitda yassi elektron magnit to'lqin tarqalmoqda. Elektr maydon kuchlanganligi amplitudasi 50 V/m ga teng. Magnit maydon kuchlanganligi amplitudasi topilsin.

Berilgan: $\varepsilon = 2$; $\mu = 1$; $E_0 = 50 \text{ V/m.}$

Topish kerak: $E_0 = ?$; $v = ?$

Yechilishi. Elektromagnit to'lqinning c fazaviy tezligi:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu\varepsilon}} \approx 2,12 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Elektromagnit to'lqindagi elektr va magnit maydon kuchlanganligi bir xil fazada tebranadi va bular uchun quyidagi munosabat o'rinni bo'ladi:

$$H_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} E_0 \approx 0,19 \text{ A/m.}$$

10-masala. Tebranish konturining induktivligi 0,5 Gn. Konturining simi qanday bo'lganda u to'lqin uzunligi 300 m bo'lgan elektromagnit to'lqin 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:

$$\frac{\lambda}{c} = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Ushbu konturning sig'imini aniqlaymiz:

$$C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 L c^2} = 51 \text{ pF.}$$

4.3-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

- 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 to'xtalishining proyeksiyalari qanday?
- Torning so'nmas tebranmo harakat qilayotgan nuqtasining amplitudasi 1 mm, chastotasi 1 kHz. Nuqta 0,2 s ichida qancha siljidi?
- Harakat tenglamasi $x = 0,06\cos(60\pi t)$ ko'rinishiga ega. Tebranish amplitudasi, chastotasi va davri qanday?
- Garmolik tebranish tenglamasi $x = 0,02\cos\pi t$ ko'rinishiga ega. $x(t)$ bog'lanish grafigini yasang. 0,25 s dan keyingi siljishni; 0,5 s dan keyingi siljishni toping. Javoblarni grafik yordamida ko'rsatib.
- Ostankino teleminorasining xususiy tebranish davri 11,4 s. Antena ta'sirida tebranganda kuzatilgan maksimal og'ishi 3,5 m. Qanday tebranishlardagi maksimal tezlik va tezlanishni toping.
- 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?
- Birligi 250 N/m bo'lgan prujinaga bog'lab qo'yilganda 0,5 s ichida 20 marta tebrangan yuqning massasini toping.

8. Uzun rezina asosiga oliban yuk Z davri bilan tebranmoqda. Agar arqonning $3/4$ qismini uzunligini ko'rib o'stib, to'lgan qismini yana o'sha yuk osib o'tkazish davri necha marta o'zgaradi? Iloji bo'lsa, javobni ajratib ko'rsatib.

9. Bir xil vaqt ichida o'nta merematik nayafan 10 marta, ikkinchisi 30 marta tebrandi. Agar ularning birinchi uchisidan 32 sm katta bo'lsa, ularning uzurliklarini toping.

10. Yerdan yuqoriga vertikal ravishda 10 m/s² tezlanish bilan ko'tarilayotgan ruketda nayafanlarning tebranish davri necha marta o'zgaradi?

11. Ipga osilgan m massali shartcha tebranmoqda. Agar shartchaga q mushat zaryad berib, o'lich chiqqan pasiga qarab vertikal yo'nalgan, kuchlanganligi E bo'lgan bir jinsli elektr maydonni joylashtirsa, tebranish chastotasi qanday o'zgaradi?

12. 400 g massali yuk birligi 250 N/m bo'lgan prujinaga bog'langan holda tebranmoqda. Tebranish amplitudasi 15 sm. Tebranishning to'la mexanik energiyasi va yuk harakatining eng katta tezligini toping.

13. Prujinali mayatrik muvozanat vaziyatdan chiqarib turlib qo'yib yuborildi. Qancha vaqtdan keyin (davr ulashlarida) tebramayotgan jismlarning kinetik energiyasi prujinaning potensial energiyasiga teng bo'ladi?

14. Bola obkashda suvli chelaklarni ko'tarib bormoqda. Xususiy tebranish davri 1,6 s. Agar bola qadamning uzunligi 60 sm bo'lsa, harakat tezligi qanday bo'lganda chelaklardagi suv juda kuchli chayqalib to'kila boshlaydi?

15. Tebranish konturida sig'imi 800 pF bo'lgan kondensator va induktivligi 2 μ H bo'lgan g'altak bor. Konturning xususiy tebranishlar davri qanday?

16. Agar konturning induktivligini 0,1 dan 10 μ H gacha, sig'imini esa 50 dan 5000 pF gacha o'zgartirish mumkin bo'lsa, konturdagi xususiy tebranishlar chastotasi diapazoni qanday bo'ladi?

17. Sig'imi $C = 10 \mu$ F bo'lgan kondensator $U = 400$ V kuchlanishgacha zaryadlandi va g'altakka ulandi. Shundan keyin konturda

necha o'navchi tebranishlar paydo bo'ldi. Kuchlanish amplitudasi va davri kamaygunga qadar konturda qancha miqdorda issiqlik Q chiqadi?

18. Tebranish kontori sig'imi $C = 400$ pF bo'lgan kondensator bilan va induktivligi $L = 10$ mH bo'lgan g'altakdan iborat. Vazir kuchlanish amplitudasi $U_m = 500$ V bo'lsa, tok kuchi amplitudasi I_m ni toping.

19. Sura ranka bir jinsli magnit maydonda aylantirilganda ranka kesib o'tuvchi induksiya oqim vaqt o'tishi bilan $I = 0,61 \cos \pi t$ qonunga asosan o'zgaradi. Hosila F' ni hisoblab, EYuKning vaqt o'zgarishi bilan o'zgarishini ifodalovchi $e = e(t)$ fortdalam yozing. U qonunlarni boshlanganda ranka qanday vaziyatda bo'lgan? Rankaning aylanish chastotasi qanday? Magnit oqimining vaqt o'zgarishining maksimal qiymatlari nimaga teng?

20. Agar yuzi 500 sm² bo'lgan ranka induksiya 0,1 T bo'lgan magnit maydonda 20 s⁻¹ chastota bilan aylanganda urca hosil bo'lgan EYuKning amplitudasi qiyamati 63 V bo'lsa, shu ranka-magnit nechta chulg'ami bor?

OPTIKA

5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalar
 5.2-§. Fotometriya

5.3-§. Yorug'lik interferensiyasi

5.4-§. Yorug'lik difraksiyasi

5.5-§. Yorug'likning qutblanishi

5.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

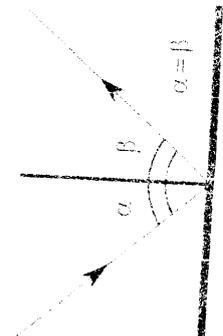
5.1-§. Optikaning umumiy va asosiy qonun-qoidalar

• Bir jinsli muhitda yorug'lik nuri to'g'ri chiziqi tarqaladi, ya'ni:

$$S = ct,$$

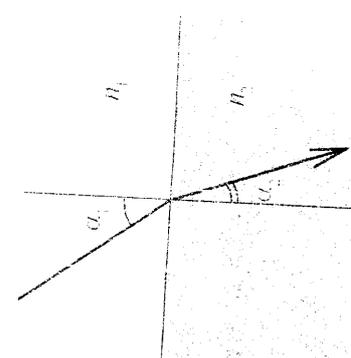
bunda S — yorug'likning tarqalish masofasi; c — yorug'likning tarqalish tezligi; t — yorug'likning tarqalish vaqti.

• *Yorug'lik narining qaytish qonuni.* Ikki muhit chegarasiga *tasavvufchi* va undan *qaytuvchi* nurlar bilan tushish nuqtasiga o'tkazilgan normal bitta tekislikda yotib, nurning tushish burchagi α qaytish burchagi β ga tengdir:



$\alpha = \beta$.

• Yorug'likning sinishi nurlar ikki muhit chegarasiga tushganda kuzatiladi va quyidagi ikki qonunga bo'ysonadi:



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 o'zgarish nisbatiga nisbatan o'zgarish kattalik bo'lib, ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi deb ataladi:

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$$

• Buyumning yassi ko'zgudagi tasviri ham mavhum, to'g'ri, bitta teng va ko'zga tekisligiga nisbatan simmetrik joylashgan bo'ladi.

• Egizlik radiusi R ga teng bo'lgan sferik ko'zguning fokus masofasi F va optik kuchi D quyidagiga teng:

$$F = \pm \frac{R}{2}, \quad D = \frac{1}{F} = \pm \frac{2}{R}$$

bu yerda «+» ishora yig'uvchi (botiq) ko'zga, «-» ishora esa ochuvchi (qavariq) ko'zga tegishlidir.

SI sistemasida sferik ko'zguning fokus masofasi metr (m)larda, optik kuchi esa dioptriya (dptr)larda o'lchanadi, ya'ni:

$$|F|_{SI} = 1 \text{ m}; \quad |D|_{SI} = |1/F|_{SI} = 1/\text{m} = 1 \text{ dptr}$$

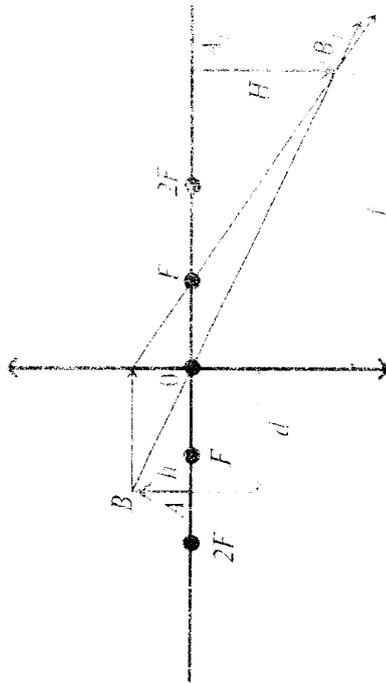
• Buyumdan sferik ko'zguna bo'lgan masofa d va ko'zguning tasvirigacha bo'lgan masofa f bo'lsa, ko'zgu fokusini topish formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$$

Agar botiq ko'zga haqiqiy tasvir hosil bo'lsa formulada F , kattaliklar «musbat» ishora bilan, mavhum tasvirda esa «manfiy» ishora bilan olinadi.

• Ko'zguning chiziqi 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 muhitga nisbatan absolyut sindirish ko'rsatkichlari nisbatiga teng:

$$n_{21} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

bunda n_1 va n_2 birinchi va ikkinchi muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichlari. Agar $n_2 > 1$ bo'lsa, ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan optik zichligi kattaroq bo'lgan deyiladi.

• Linzaning fokus masofasi F ga teskari kattalik — linzaning optik kuchi D linza moddasining sindirish ko'rsatkichi n va uning sirtlarining egrlik radiuslari R_1 va R_2 orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$D = 1/F = \pm(n-1)(1/R_1 - 1/R_2)$$

Bunda musbat («+») ishora yig'uvchi (qavariq) linzaga, manfiy («-») ishora esa sochuvchi (botiq) linzaga tashiqilidir.

• Linza fokusini topish formulasi buyundan linzagacha bo'lgan masofa d va uning linzadan tasvrigacha bo'lgan masofa f orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{F}$$

Agar yig'uvchi linzada chin tasvir hosil bo'lsa, F, f kattaliklar musbat («+») ishora bilan, manfiy tasvir hosil bo'lganda esa manfiy («-») ishora bilan olinadi. Sochuvchi linzada faqat mavhum tasvir hosil bo'lganligi uchun F, f kattaliklar manfiy («-») ishoralar bilan olinadi.

• Linzaning chiziqli kattalashishi K A, B tasvirning o'qlarini F ning buyum AB ning o'qlarini f ga nisbati hamda linzadan o'qirigacha bo'lgan masofa f ning d ga nisbatiga teng:

$$K = \frac{A'B'}{AB} = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

• Lupa ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi ($L_0 = 25$ sm) dagi tasvirni kattaroq ko'rib beradigan turkum beradigan yig'uvchi linza ko'zning chiziqli kattalashishi quyidagicha tengdir:

$$K = D/h = L_0/d$$

bunda F — linzaning fokus masofasi.

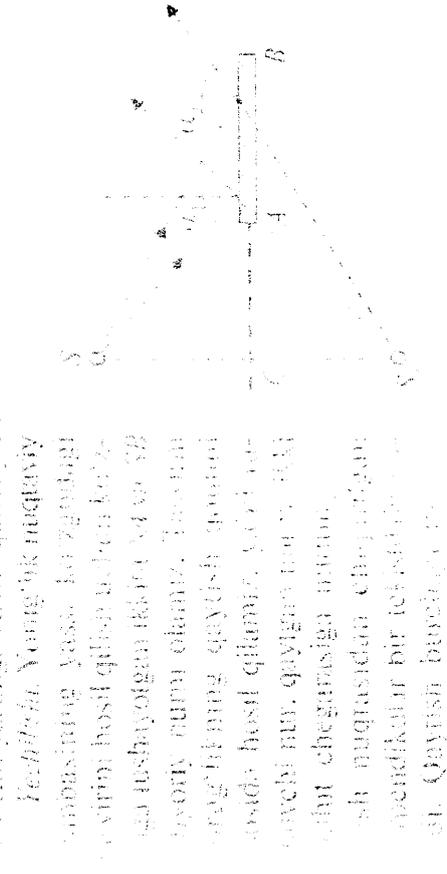
• Mikroskopning kattalashishi K obyektning kattalashirishi $K_1 = y/F_1$ ni okular qurpaning kattalashirishi $K_2 = y'/F_2$ ga ko'paytirishga tengdir, ya'ni:

$$K = K_1 \cdot K_2 = (\sigma/F_1)(L_0/F_2)$$

bunda y — mikroskop imlabastanig uzunligi; F_1 — obyektning fokus masofasi; L_0 — ko'zning eng yaxshi ko'rib masofasi; F_2 — okularning fokus masofasi.

MASALALAR VA YECHISHIGAS NAMI LAMAR

1-masala. Yeng'lik nuqtiaviy ma'basining yusali ko'zidagi tasvirni yasang. Tasvir qanday bo'ladi?



burchagi α ga teng. Ushbu qonungga asosan biz tanlagan ikkita nur ko'zguga tushadi va tushish burchigiga teng bo'lgan burchak ostida qaytadi. Tasvirni ikkita nurni quram-qasbi to'rtonga kesish-guncha davom etturish yo'li bilan topish mumkin. Bu β_1 nuqta bo'lib, u S nuqtaning yassi ko'zgudagi tasviri bo'ladi. Bu tasvir mavhum tasvir deb ataladi, chunki S nuqtda qaytgan nurlarning o'zi emas, balki ularning davomlari kesiladi; bu nuqtaga yorug'lik energiyasi tushmaydi.

2-masala. Gorizontal yo'naltirilgan yorug'lik nuqta va vertikal joy-lashgan ekranga tushadi. Yorug'lik nuri yo'lga ucha kata bo'l-magan ko'zgu joylashirilganda, 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'rinishda, nurning α tushish burchagi bilan ko'zguning gori-zonga nisbatan β og'ish burchagi quyidagicha bog'langan:

$$\beta = 180^\circ - 2\alpha. \quad (1)$$

Ko'zguning gorizontalga nisbatan β 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 α tushish burchagini topamiz:
 $\alpha = 87,30^\circ$.

3-masala. Biron muhitdagi yorug'likning tarqalishi tezligi 3000 km/s. Havodan shu muhit siriga yorug'lik 30° burchak ostida tushmoqda. Mazkur nurning sinish burchagi aniqlansin.

Berilgan: $v = 24000$ km/s; $v' = 3400$ m/s; $\alpha = 30^\circ$.

Topish kerak: $\beta = ?$

Yechilishi. Muhtabing havoga nisbatan sinirish ko'rsatkichi:

$$n = \frac{v}{v'}. \quad (1)$$

Bunda v va v' mos ravishda yorug'likning havodagi va muhit-dagi tezliklari sinish qonuniga asosan

$$n_{\text{av}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (2)$$

(1) va (2) ni moslashib quyidagi natijaga kelamiz:

$$\frac{v}{v'} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Bundan,

$$\sin \beta = \frac{v'}{v} \sin \alpha.$$

Demak,

$$\beta = \arcsin \left(\frac{v'}{v} \sin \alpha \right).$$

Hisoblaymiz:

$$\beta = 14^\circ.$$

4-masala. Shisha ning sinigra nisbatan sinirish ko'rsatkichi $n = 1,6$. Shishaning absolut sinirish ko'rsatkichi esa $1,54$. Yorug'-likning suvdagi tezligi aniqlansin.

Berilgan: $n = 1,6$; $n_0 = 1,54$; $v = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Topish kerak: $v = ?$

Yechilishi. Shishaning sinigra nisbatan sinirish ko'rsatkichi (n) shishaning absolut sinirish ko'rsatkichi (n_0) va suvning absolut sinirish ko'rsatkichi n_0 o'rtasidagi bog'lanish:

$$n = \frac{c}{v_0}$$

Bundan,

$$v_0 = \frac{c}{n}$$

Ikkinchi tomondan, suvning absoliut sinish ko'rsatkichi yorug'likning vakuumdagi tezligi (c) va suvdagi tezligi (v_0) o'rtasida

$$n_1 = \frac{c}{v_0}$$

munosabat o'rinli. (1) va (2) ni taqqoslab quyidagi natijaga kelamiz

$$\frac{n_0}{n_1} = \frac{c}{v_0}$$

Bundan,

$$v_0 = \frac{c}{n_0}$$

Hisoblaymiz:

$$v_0 = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

5-masala. Shisha—havo sirtidan yorug'lik to'la qaytishining chegaraviy burchagi 41° . Yorug'likning shisha—havo sirtidagi 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,

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{c}{v} \quad (2)$$

(1) va (2) formulalardan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\sin \alpha_0 = \frac{c}{v}$$

bundan yorug'likning tarqalish tezligini topamiz:

$$v = c \sin \alpha_0$$

Ushbu ifodaga koeffitsientlarni 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'lgan chegaraviy burchakni quyidagi shart bo'yicha topamiz:

$$\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

Bundan,

$$\sin i_0 = \frac{1,33}{1,5}$$

$$i_0 = \arcsin \left(\frac{1,33}{1,5} \right) \approx 1,08 \text{ rad.}$$

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 tarqalish ko'rsatkichi $4/3$.

Berilgan: $b = 2$ sm; $\sin \alpha = 0,8$; $n = 4/3$.

Topish kerak: $x = ?$

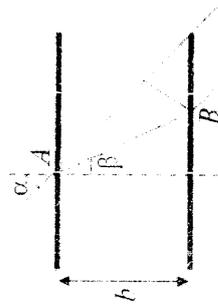
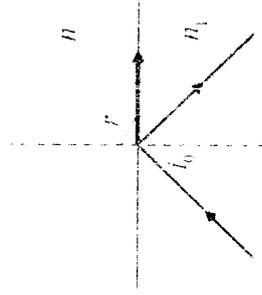
Yechilishi. Yorug'likning sinish qonuni

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Ushbu qonun bo'yicha sinish sinusini topamiz:

$$\sin \beta = n \sin \alpha = 0,6$$

Nurning siljishi quyidagiga teng (shundan):



Yechilishi. Ushbu holat mumkin bo'ladimi, agar manbalardan birinchi va ikkinchisi esa mavjud bo'lsa. Mazkur holat uchun bu tenglamalarni yozamiz:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$$

$$\frac{1}{d_2} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

Bu yerda $d_1 = 18$ sm; $d_2 = 6$ 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:

$$F = \frac{2d_1d_2}{d_1+d_2} = 9 \text{ sm.}$$

10-masala. Daraxt 10 m masofada suratga olingan. Fotoapparat obyektivining optik kuchi 12,6 dptga teng. Fotoapparatda daraxt poyasining tasviri 2 mm. Poyaning diametri topilsin.

Berilgan: $d = 10$ m; $D = 12,6$ dpt; $l = 0,75$ 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:

$$h = \frac{H}{K} = H(dD-1) = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ sm.}$$

$$x = |AB| \sin(\alpha - \beta) = \frac{b}{\cos \beta} \sin(\alpha - \beta). \quad (1)$$

$\sin(\alpha - \beta)$ 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 siflash 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 manbaiyi bir-biridan 24 sm masofada joylashgan. Ular orasiga, yorug'lik manbalarning biridan 6 sm masofada yig'uvchi linza joylashtirilgan. Bunda ikkita manbaining tasviri aynan bir nuqtada hosil bo'ladi. Linzaning fokus masofasini toping.

Berilgan: $d_1 = 18$ sm; $d_2 = 6$ sm.

Topish kerak: $F = ?$

5.2-§. Fotometriya

- **Yorug'lik oqimi.** Berilgan yorug'lik manbaidan 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:

$$F = \frac{W}{T},$$

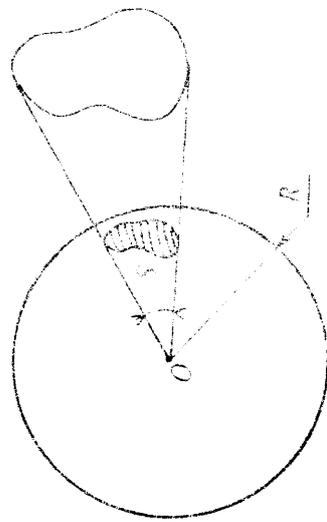
bu yerda W — yorug'lik energiyasi; T — vaqt.

- Yorug'lik manbaidan vaqt birligi ichida hamma yo'nalishda tarqalayotgan yorug'lik energiyasining miqdori manbaning *to'la yorug'lik oqimi* deyiladi va F_0 harfi bilan belgilaniladi.
- **Fazoviy burchak.** Yorug'lik manbaidan har xil yo'nalish bo'ylab tarqaladigan yorug'lik oqimining taqsimlanishini tavsiflash uchun *fazoviy burchak* degan tushunchadan foydalaniladi. Sferal sirtidan yuzasi S bo'lgan sferik segment ajratib olsak, fazoviy burchak Ω ushbu yuzaning sfera radiusi kvadratiga nisbatiga teng bo'ladi:

$$\Omega = \frac{S}{R^2}.$$

Nuqta atrofidagi butun fazom qamrovchi to'liq fazoviy burchak quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi.$$



- **Yorug'lik kuchi.** Yorug'lik manbaidan tavsiflash uchun umumiy tekislikda yorug'lik kuchi deb ataladigan kattalik qo'llaniladi. Yorug'lik oqimi F ning bu oqim tarqaladigan fazoviy burchak Ω ga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik *manbaning yorug'lik kuchi* deb ataladi va I harfi bilan belgilanadi:

$$I = \frac{F}{\Omega}$$

- **Yoritqichlik.** Har qanday tushayotgan yorug'lik oqimi F ning har qanday yuzasi S ga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadigan kattalik *yoritqichlik* 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'rnatilgan bo'lsa, bu sirtning yoritqichligi 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:

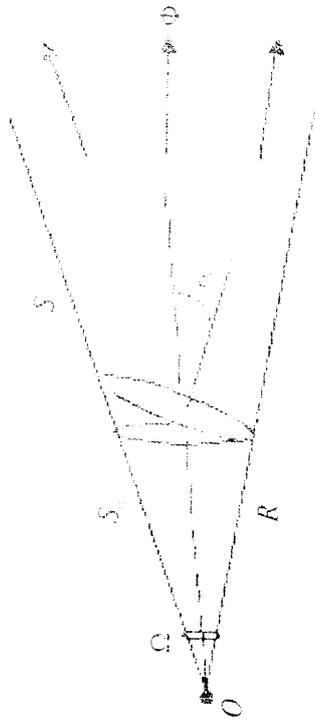
$$F_0 = 4\pi I.$$

- Yuzaning yoritqichligi yuzadan manbagacha bo'lgan masofa r ning 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 tushirilgan bo'lsin. Birinchi maydoncha yuzasi S_1 bo'lib, u yorug'lik oqimiga perpendikular joylashgan (rasmga qarang). Ikkinchi maydonchaga yuzasi S_2 bo'lib, u ma'lum bir burchak ostida joylashgan. Birinchi maydoncha yuzasiga tushirilgan normal bilan yorug'lik oqimining yo'nalishi orasidagi burchak α bo'lsin. Ushbu holda yorug'lik oqimi bir xil, ammo ikkala maydoncha uchun yoritqichligi har xil bo'ladi:

$$I = \frac{F}{S_1}, \quad E_2 = \frac{F}{S_2}.$$



Bu formulardan quyidagi munosabatni hosil qilamiz:

$$\frac{E}{E_0} = \frac{S_0}{S} = \cos \alpha, \quad \text{hundan} \quad E = E_0 \cos \alpha.$$

Demak, yuzaning yoritilganligi shu yuzaga tushirilgan normal bilan yorug'lik oqimining yo'nalishi o'rtasidagi 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 manbaidan 2 m uzoqlikda joylashgan va yuzasi 10 sm² bo'lgan sirtning yoritilganligi aniqlansin.

Berilgan: $I = 200$ kd; $r = 2$ m; $S = 10$ sm² = 10^{-3} m².

Topish kerak: $F = ?$

Yechilishi. Yorug'lik manbaidan radiusi r bo'lgan sferaning markazida joylashgan, deb faraz qilamiz. Biz yoritilganligini aniqlash uchun moqchi bo'lgan S yuza mazkur sferaning bir qismini 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 munosabatni olishimiz

$$\frac{I}{r^2} = \frac{F}{S}$$

hundan F ni aniqlaymiz:

$$F = \frac{IS}{r^2} = 0,05 \text{ im}.$$

2-masala. Stol markazidan $h = 2$ m masofada yorug'lik kuchi $I = 100$ kd bo'lgan elektr lampochka o'stilib turibdi. Agar stol yuzasining radiusi $b = 0,5$ m bo'lsa, stol markazida va uning atrofidagi yoritilganlik aniqlansin.

Berilgan: $I = 100$ kd; $b = 0,5$; $h = 2$ m.

Topish kerak: $E_1 = ?$; $E = ?$

Yechilishi. Yorug'lik kuchi yorug'lik manbasiga bog'liq emas. Stol markazidagi yoritilganlik:

$$E = \frac{IF}{AS}, \quad (1)$$

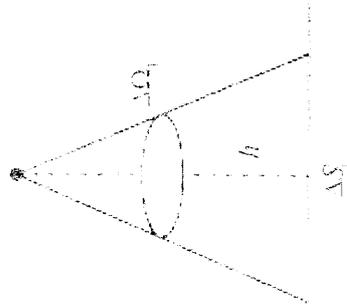
bu yerda ΔS stol sirti markazining barcha katta bo'lmagan qismini ΔF — ushbu yuzaga tushayotgan yorug'lik oqimini

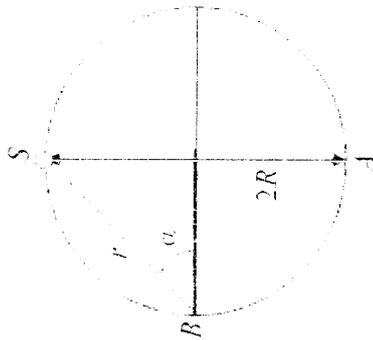
Yorug'lik oqimi ΔF bilan $\Delta \Omega$ — ushbu yorug'lik kuchi deb ataladi va ΔF ni $\Delta \Omega$ bilan belgilanadi:

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta \Omega}. \quad (2)$$

Ushbu formuladan F ni aniqlaymiz:

$$\Delta F = I \Delta \Omega. \quad (3)$$





Rasmdan ko'rinadiki, $R^2 = 2R^2 \cdot \cos^2 \alpha$, binobarin,

$$E_B = \frac{I \sqrt{2}}{2R^2} = \frac{I \sqrt{2}}{4R^2}.$$

Shuning o'rtacha yoritilganligi:

$$E_0 = \frac{I}{S},$$

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:

$$F = \Omega I = 2\pi I, \quad E_0 = \frac{2\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{2R^2}.$$

$$\text{Javob: } E_A = \frac{I}{4R^2}; \quad E_B = \frac{I \sqrt{2}}{4R^2}; \quad E_0 = \frac{I}{4R^2} \sqrt{2}.$$

5.3-§. Yorug'lik interferensiyasi

Ikki kogerent to'liqin interferensiyalanishida ekranda hosil bo'ladigan ikki qo'shni interferensiyon 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'liqlarining optik yo'llari farqi:

$$\Delta = 2h n \cos \beta + \frac{\lambda}{2},$$

bu yerda h — plastinka qalindigi; β — sinish burchagi; n — plastinkaning sindirish ko'rsatkichi.

Interferensiya paytida yorug'lik to'liqlarini intensivligining maksimumiga erishish sharti:

$$\Delta = \pm k \lambda,$$

bu yerda $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Minimum sharti:

$$\Delta = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Nyuuton 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 jafi m lariga yorug', toqlariga esa qorong'u halqalarning radiuslari mos keladi, o'tgan yorug'likda buning aksisi bo'ladi.

MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

1-masala. Yung tajribasida to'liqin uzunligi $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ sm bilan yoritilgan teshiklar o'rtasidagi masofa 1 mm teshikdan ekranga bo'lgan masofa 3 m. Uchta birinchi yorug'lik yo'llarining vaziyati topilsin.

Berilgan: $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ sm; $d = 1$ mm; $l = 1 \cdot 10^{-3}$ m; $l = 3$ m.

Topish kerak: $x_1, x_2, x_3 = ?$

Yechilishi. Masala shartiga ko'ra, yorug'lik yo'llar vaziyati quyilganiga ko'ra, biz yo'llar farqining maksimum holatini topamiz. Bunga ko'ra,

$$x_k = k \frac{L\lambda}{d}$$

shu orqali aniqlanadi.

$$x_1 = \frac{L\lambda}{d}, \quad x_2 = 2x_1, \quad x_3 = 3x_1$$

bu teng bo'lishini aniqlab olamiz va hisoblash amalinii bajaramiz.

U holda birinchi uchta yorug' yo'llar vaziyati

$$x_1 = 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_2 = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_3 = 5.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

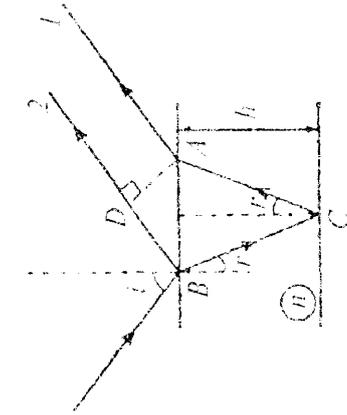
teng bo'ladi.

$$\text{Javob: } x_1 = 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_2 = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}; \quad x_3 = 5.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

2-masala. Sovun pufagiga ($n = 1,33$) 45° burchak bilan oq yorug'lik tushmoqda. Pufak pardasi qanchalik yupqa bo'lganda qaytgan nurlar sariq rangga ($\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ sm) bo'yaladi?

Berilgan: $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ sm; $n = 1,33$; $i = 45^\circ$.

Topish kerak: $h = ?$



Yechilishi. Bu masalani ye-

chisida yupqa parda interferen-

siyasining maksimumlik sharti

qonunlaridan foydalanamiz.

Chizmadan l va 2 nurlar yo'llar

farqi butun sonli k — butun sonli k — butun sonli to'liq uzun-

ligi.

Bu yerda l — nurning optik zichligi kattaroq bo'lgan muhitdan

qaytganda elektromagnit maydon fazasi qatama-qatamga o'zgarib,

$\lambda/2$ qo'shiluvchiga o'zgaradi, n ko'paytiruvchi muhitdagi yorug'lik

tezligining n yo'lladagi shu muhitdagi tezlikka o'zgarishi $\Delta\varphi$ vakuumdagi

$n\lambda$ yo'lladagi kabi bo'ladi:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{2h \cos r}{n}.$$

$$AC - BC = \frac{h}{\cos r}, \quad AD = 2h \sin i \cdot \text{tgr}$$

Xuddi shunday sinish qonunini qo'llab, quyidagi tenglikka

$$\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2h \sqrt{n^2 - \sin^2 i}.$$

$$h = \frac{\left(k - \frac{1}{2}\right) \lambda}{2 \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}.$$

Eng kichik yupqa parda uchun $k = 1$ bo'ladi. U holda oxirgi

te'nglikdan $h = 0,13 \cdot 10^{-5}$ m ni hisoblab topamiz.

Bu masalaning yechimidan quyidagi fikr kelib chiqadi: yupqa

pardaning qandagi hamda nurning o'zgarish burchagining o'zgarishi ni

bilan qaytgan nurlar rangi ham o'zgarishi mumkin ekan.

Javob: $h = 0,13 \cdot 10^{-5}$ m.

3-masala. Uzunligi $l = 1,2$ mm bo'lgan yo'lga to'rtta nisbatan e'bas-

larasi $\nu = 5 \cdot 10^8$ Hz bo'lgan mikroto'ntalik yorug'likning nechta

to'liq uzunligi joylashadi? 1) vakuumda, 2) shishada?

Berilgan: $l = 1,2$ mm; $\nu = 5 \cdot 10^8$ Hz.

Topish kerak: $N_1, N_2 = ?$

Yechilishi.

$$L = \lambda N_1, \quad L = l \cdot n, \quad \lambda N = l \cdot n,$$

$$N = \frac{l \cdot n}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{c}{\nu},$$

$$N_1 = \frac{l \cdot n_1 \cdot \nu}{c} = 2 \cdot 10^3, \quad N_2 = \frac{l \cdot n_2 \cdot \nu}{c} = 3 \cdot 10^3.$$

Javob: $N_1 = 2 \cdot 10^3$; $N_2 = 3 \cdot 10^3$.

4-masala. Mikroto'ntalik yorug'likning interferensiyalanuvchi

skkita 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'liq uzunli $L = 6,0$ mm. Interferensiyalar yo'llarining kengligi

$\beta = 2$ mm bo'lishi uchun ekranni tirqishdan qanday l masofada

joylashirish kerak?

Berilgan: $d = 0,8$ mm; $\beta = 0,8 \cdot 10^{-3}$ 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'liqni doiraviy tirqish orqali o'tganda Frenel k -zona-sining radiusi:

$$R_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}} k \lambda.$$

bu yerda a — nuqtaviy yorug'lik manbaidan doiraviy tirqishli diafragnagacha bo'lgan masofa; b — difraksion manzara kuzatilayotgan ekrandan diafragnagacha bo'lgan masofa; k — Frenel zonasining nomeri.

Difraksion 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; ϕ — difraksiya burchagi.

Difraksion panjaraning burchak dispersiyasi:

$$D_a = \frac{\delta \phi}{\delta \nu} = \frac{k}{d \cos \phi},$$

bu yerda $\delta \phi$ — to'liqni uzunligi bo'yicha $\delta \lambda$ ga farq qiladigan spektral chiziqlar orasidagi burchakli masofa.

Difraksion panjaraning chiziqli dispersiyasi:

$$D_l = \frac{\delta l}{\delta \lambda},$$

bu yerda δl — to'liqni uzunligi bo'yicha $\delta \lambda$ ga farq qiladigan spektral chiziqlar orasidagi chiziqli masofa.

Kichik difraksiya burchaklari uchun:

$$D_l \approx F D_a.$$

Teleskop obyektivining a'ratish koeffitsienti:

$$R = \frac{D}{1,22 \lambda}.$$

bu yerda D — obyektiv kuzatish diametri.

Rulf-Bregg formulasi:

$$2d \sin \theta = k \lambda.$$

bu yerda d — kristalning atom tekisliklari orasidagi masofa; θ — tapanish burchagi; k — spektr tartibi.

MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

1-masala. $d = 4 \text{ mm}$ diametri dumaloq tirqishli diafragnaga monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 0,5 \text{ mkm}$) nurlarning parallel dastasi tik ravishda tushadi. Kuzatish nuqtasi tirqish o'qida va undan $l = 1 \text{ m}$ masofada joylashgan. Tirqishda nechta Frenel zonasini ko'rishadi?

Berilgan: $d = 4 \text{ mm} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $\lambda = 0,5 \text{ mkm}$; $b = 1 \text{ m}$.

Topish kerak: $k = ?$

Yechilishi.

$$d = 2 \cdot p,$$

$$p^2 = b \cdot k \cdot \lambda.$$

$$k = \frac{p^2}{b \cdot \lambda} = 8.$$

Javob: $k = 8$.

2-masala. Yassi yorug'lik to'liqini ($\lambda = 0,5 \text{ mkm}$) $d = 1 \text{ sm}$ diametri dumaloq tirqishli diafragnaga tik ravishda tushadi. Tirqish: 1) Frenelning bita zonasini; 2) Frenelning ikkita zonasini ko'rish uchun kuzatish nuqtasi tirqishdan qanday b masofada bo'lishi 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.

$$d = 2 \cdot p,$$

Berilgan: $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-3}$ m; $\varphi = 18^\circ$.

Topish kerak: $N = ?$

Yechilishi:

$$d \cdot \sin \phi = k \cdot \lambda, \quad k = 5,$$

$$d = \frac{l}{N}, \quad \frac{l}{N} \cdot \sin \phi = k \cdot \lambda, \quad N = \frac{l \cdot \sin \phi}{k \cdot \lambda} = 103.$$

Javob: $N = 103$.

5.5-§. Yorug'likning qutblanishi

Tabiiy yorug'lik dielektrikdan qaytganda Frenel formulalari o'rinni bo'ladi:

$$I_{\perp} = 0,5 I_0 \left[\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right]^2,$$

$$I_{\parallel} = 0,5 I_0 \left[\frac{\operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \right]^2,$$

bu yerda I_0 — tushayotgan tabiiy yorug'lik intensivligi; I_{\perp} — yorug'lik to'liqni kuchlanganligi vektori E ning tebranishlari o'zlash tekisligiga perpendikular bo'lgan qaytgan yorug'lik intensivligi; I_{\parallel} — yorug'lik to'liqni kuchlanganligi vektori E ning tebranishlari tushish tekisligiga parallel bo'lgan qaytgan yorug'lik intensivligi; α — tushish burchagi; β — sinish burchagi.

Berilgan sirning 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):

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n,$$

bu yerda α_B — nurning tushish burchagi; n — nisbiy sindirish ko'rsatkichi.

$$v^2 = b \cdot k \cdot \lambda,$$

$$b = \frac{v^2}{k \cdot \lambda} = \frac{l^2}{4 \cdot k \cdot \lambda}.$$

1) $k = 1, \quad b_1 = \frac{v^2}{4 \cdot \lambda} = 50$ m;

2) $k = 2, \quad b_2 = \frac{l^2}{8 \cdot \lambda} = 25$ m.

Javob: $b_1 = 50$ m; $b_2 = 25$ m.

3-masala. Kengligi $a = 0,05$ mm bo'lgan tashqi monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 0,6$ mikrom) tik tushadi. Yorug'lik dastasining dastlabki yo'nalishi va to'rtinchi qatorug'a diffraksiya yo'qilishi yo'nalishi orasidagi burchak φ aniqlansin.

Berilgan: $a = 0,05 \cdot 10^{-3}$ m; $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-6}$ m.

Topish kerak: $\varphi = ?$

Yechilishi.

$$a \cdot \sin \phi = k \cdot \lambda,$$

$$\phi = \arcsin \frac{k \cdot \lambda}{a} = 2,45^\circ.$$

Javob: $\lambda = 2,45^\circ$.

4-masala. Tor tirgishga monoxromatik yorug'lik tik ravishda tushadi. Ikkinchi yorug' diffraksiya yo'qilgan mas keluvchi yorug'lik dastasining og'ish burchagi $\varphi = 1^\circ$. Tirgish kengligi tushayotgan yorug'lik to'liq uzunligining nechtasiga teng?

Berilgan: $\varphi = 1^\circ$.

Topish kerak: $N = ?$

Yechilishi.

$$a \cdot \sin \phi = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad k = 2,$$

$$a \cdot \sin \phi = \frac{5}{2} \cdot \lambda, \quad a = \frac{5 \cdot \lambda}{2 \cdot \sin \phi} = 143 \lambda, \quad N = 143.$$

Javob: $N = 143$.

5-masala. Agar monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 0,6$ mikrom) holida kuzatilganda beshinchi tartibli maksimum $\varphi = 18^\circ$ burchakka og'gan bo'lsa, diffraksiya panjaraning har bir millimetrida nechtadan shtrix bor?

Polarizator (qutblagich) va analizatoridan o'tgan yorug'likning intensivligi (Malyus qonuni):

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

bu yerda φ — 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 α — moddaning tabiatiga va yorug'likning to'liq uzunligiga bog'liq bo'lgan burilish doimiysi; l — yorug'likning modda ichida o'tgan yo'li.

Eritmalar uchun $\varphi = \alpha' S$, bu yerda S — moddaning eritmadagi konsentratsiyasi; α' — solishtirma burilish.

MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

1-masala. Suvda tarqalayotgan tabiiy yorug'lik dastasi suvga botirilgan yoqutning yuzasidan qaytadi. Tushish burchagi ε_r ning qanday qiymatida qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'ladi?

Berilgan: $n_{\text{suvi}} = 1,33$.

Topish kerak: ε_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 $\varepsilon_1 = 43^\circ$. Nuning havo-dan shu suyuqlik sirtiga tushishi uchun Bryuster burchagi ε_B qanday bo'lishi lozimligi aniqlansin.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 43^\circ$.

Topish kerak: ε_B — ?

Yechilishi.

$$\sin \varepsilon_1 = \frac{1}{n}, \quad n = \frac{1}{\sin \varepsilon_1},$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n = \frac{1}{\sin \varepsilon_1}, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} \frac{1}{\sin \varepsilon_1} = 55^\circ 45'.$$

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 γ burchak topilsin.

Berilgan: $n = 1,54$.

Topish kerak: γ — ?

Yechilishi.

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} n,$$

$$\frac{\sin \varepsilon_B}{\sin \beta} = n, \quad \sin \beta = \frac{\sin \varepsilon_B}{n},$$

$$\beta = \operatorname{arcsin} \frac{\sin \varepsilon_B}{n},$$

$$\gamma = 180^\circ + \beta - \varepsilon_B = 156^\circ.$$

Javob: $\gamma = 156^\circ$.

4-masala. Tabiiy yorug'lik dastasi suvda turgan shisha sharga tushadi. A nuqtadagi qaytayotgan va tushayotgan dastalar orasidagi φ burchak topilsin. Shishaning sindirish ko'rsatkichini $n = 1,58$ deb qabul qilinsin.

Berilgan: $n = 1,58$.

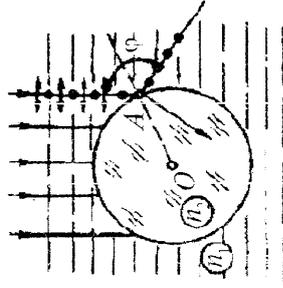
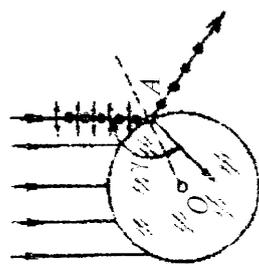
Topish kerak: φ — ?

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 α burchak aniqlansin. Analizatorda yorug'lik intensivligining yo'qotilishi hisobga olinmasin.



Polarizator (qutblagich) va analizatoridan o'tgan yorug'likning intensivligi (Malus qonuni):

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

bu yerda φ — 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 α — moddaning tabiatiga va yorug'likning to'liq 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 eritmadagi konsentratsiyasi; α' — solishtirma burilish.

MASALA YECHISHGA NAMUNALAR

1-masala. Suvda tarqalayotgan tabiiy yorug'lik dastasi suvga botirilgan yoqutning yuzasidan qaytadi. Tushish burchagi ε_B ning qanday qiymatida qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'ladi?

Berilgan: $n_{\text{su}} = 1,33$.

Topish kerak: ε_B — ?

Yechilishi.

$$\operatorname{tge} \varepsilon_B = \frac{n_2}{n_1}, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1} = 61^\circ 12'.$$

Javob: $\varepsilon_B = 61^\circ 12'$.

2-masala. Yorug'lik dastasining suyuqlik bilan havo chegarasidagi to'la qaytgan chegaraviy burchagi $\varepsilon_1 = 43^\circ$. Nurning havodan shu suyuqlik sirtiga tushishi uchun Bryuster burchagi ε_B qanday bo'lishi lozimligi aniqlansin.

Berilgan: $\varepsilon_1 = 43^\circ$.

Topish kerak: ε_B — ?

Yechilishi.

$$\sin \varepsilon_1 = \frac{1}{n}, \quad n = \frac{1}{\sin \varepsilon_1},$$

$$\operatorname{tge} \varepsilon_B = n = \frac{1}{\sin \varepsilon_1}, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} \frac{1}{\sin \varepsilon_1} = 55^\circ 45'.$$

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 γ burchak topilsin.

Berilgan: $n = 1,54$.

Topish kerak: γ — ?

Yechilishi.

$$\operatorname{tge} \varepsilon_B = n, \quad \varepsilon_B = \operatorname{arctg} n,$$

$$\frac{\sin \varepsilon_B}{\sin \beta} = n, \quad \sin \beta = \frac{\sin \varepsilon_B}{n},$$

$$\beta = \operatorname{arcsin} \frac{\sin \varepsilon_B}{n},$$

$$\gamma = 180^\circ + \beta - \varepsilon_B = 156^\circ.$$

Javob: $\gamma = 156^\circ$.

4-masala. Tabiiy yorug'lik dastasi suvda turgan shisha sharga tushadi. A nuqtadagi qaytayotgan va tushayotgan dastalar orasidagi φ burchak topilsin. Shishaning sindirish ko'rsatkichini $n = 1,58$ deb qabul qilinsin.

Berilgan: $n = 1,58$.

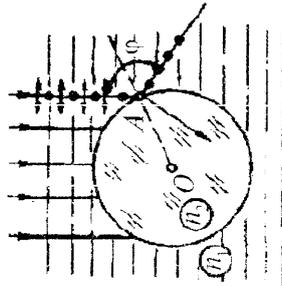
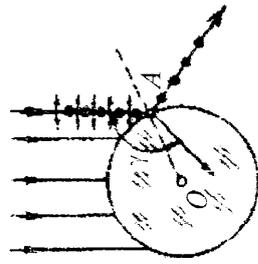
Topish kerak: φ — ?

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 α burchak aniqlansin. Analizator 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 manbaiyning diametri 20 sm, ekranga cha 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 joylashirish lozim? Yorug'lik manbani va ko'ptok markazlari orqali o'tuvchi to'g'ri chiziq ekran tekisligiga perpendikular.

2. Balandligi 0,9 m bo'lib, vertikal qo'yilgan tayovqdan tusha yotgan soyaning uzunligi 1,2 m. Tayovq fonardan soya yo'nalishi bo'yicha 1 m ga siljilganda soyaning uzunligi 1,5 m ga teng bo'lib qoldi. Ko'cha fenari qanday balandlikka osilgan? Shu usul bilan biror yorug'lik manbani qanday balandlikda joylashganmi aniqlang. Bunda manbagacha masofani (gorizontal bo'yicha) bevosita o'tchashning 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 zeminida turganda planetalarning gorizontal sirtlarining yoritilganligi bir-biridan necha marta farq qiladi?

5. Etra tongda Quyoshning gorizontal balandligi 5° , peshimda 50° bo'ldi. Bunda gorizontal joylashgan maydonchani yoritilganligi necha marta o'zgaradi?

6. Yuza yon yoritilganligi nurlar yuzaga perpendikular tushirilganda yoritilganlikka qaraganda 2 marta kamayishi uchun nurlar qanday burchakka og'dirish lozim?

7. Yorug'lik kuchi 50 cd bo'lgan lampadan stol o'rtasidan 1,2 m balandda nuri. Stofning o'lchamlari 1x2 m. Stofning qaysi nuqtalarida yoritilganlik eng katta, qaysi nuqtalarida eng kichik? Bu nuqtalaridagi yoritilganlikni aniqlang.

8. Gorizontal joylashgan qog'oz varoq ichi bosil qilgan magnit maydon manzarasini stofdagi o'quvchilarga vertikal tekislikda ko'rsatish uchun yassi ko'zguni qanday qo'yish kerak?

9. Odam vertikal osilgan ko'zga prizma qanday odam ko'zidan uzoqlasgan sari uning tashvining ko'zida ko'rinadigan qismi kattaligi qanday o'zgaradi? Javobni chizma chizib tashvining va tajribada tekshirib ko'ring.

10. Suv ostida turgan g'ayrovga quyosh nurlari suv sirtiga burchak ostida tushayotgandek tuyuladi. Quyoshning gorizontal burchak balandligi qanday?

11. Nurlar suv sirtiga 40° burchak ostida tushmoqda. Sinish burchagi nuqda shunday bo'lishi uchun nurlar shisha sirtiga qanday burchak ostida tushishi lozim?

12. Nurning suv sirtiga tushish burchagi sinish burchagidan 10° katta. Tushish burchagini toping.

13. Bola suv ostida 40 sm chuqurlikda yotgan buyumga tayovqni tekklashga harakat qilmoqda. Agar bola aniq mo'ljalga olib, tayovqni suv sirtida 45° burchak ostida harakatlantirsa, tayovq 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° burchak ostida tashvanda hovuz tubiga qoziqdan tushayotgan soyaning uzunligini toping.

15. Agar yorug'lik nuri shisha plastinka sirtiga havoda 45° burchak ostida tushsa, nurning havoda sinish burchagi qanday bo'ladi? Suvda qanday bo'ladi? Uglevod sulfidida qanday bo'ladi?

16. Sindirish burchagi 60° bo'lgan to'g'ri burchakli uchburchak shaklidagi shisha prizma 50° burchak ostida nurlashmoqda. Nurning prizmadan chiqqan nurlar sinish burchagini toping.

17. Fokus masofasi 20 sm bo'lgan linzaning optik kuchi qancha? Fokus masofasi -10 sm bo'lgan linzani-ki-chi?

18. Optik kuchi $10 D$ (dptr) ga teng bo'lgan yig'uvchi linzadan $12,5$ sm masofada sham turibdi. Tasvir linzadan qanday masofada hosil bo'ladi va u qanday?

19. Buyumning haqiqiy tasviri uning o'zidan uch marta katta bo'lishi uchun fokus masofasi 12 sm bo'lgan bu linzadan buyumini 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. Ekranda bolalar filmokopi yordamida kadrlarning 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'z-dagi 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 koherent yorug'lik manbaki ($\alpha = 0$) orasidagi masofa $0,1$ mm. Interferensiyalar manzara burchagida interferensiyalar maksimumlar orasidagi masofa $0,5$ mm bo'lgan. Manbalardan ekrangacha bo'lgan masofa 1 m.

27. Frenel biprizmasiga manbadan yorug'lik to'pligi 500 nm tushmoqda. Agar manbadan prizmagacha bo'lgan masofa 1 m, prizmadan ekrangacha bo'lgan masofa esa 4 m bo'lsa, interferensiyalar natijasida ekranda hosil bo'lgan maksimumlar orasidagi maksimumlar orasidagi masofani toping. Prizma burchagi $2 \cdot 10^{-3}$ rad, uning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$.

28. Agar manbadan tushayotgan yorug'likning uzunligi λ bo'lsa, sindirish ko'rsatkichi n va sindirish burchagini toping. Biprizma hosil qilgan interferensiyalar orasidagi maksimumlar orasidagi masofani toping. Yorug'lik manbaidan biprizmagacha bo'lgan masofa a , biprizmadan ekrangacha esa b .

29. Ekrandagi interferensiya maksimumlar orasidagi masofa $x = 1$ mm, ko'zgular kesishish chizig'idan ekranga bo'lgan masofa 1 m, manbagacha esa $r = 10$ sm bo'lsa, ko'zgular orasidagi burchakni toping. Monoxromatik yorug'lik to'liq uzunligi $\lambda = 0,486$ mkm. Interferensiyalar manbaidan ekranga normal tushadi.

30. Bir-biridan $d = 2,5$ mm masofada ikki al tushadi. joylashgan diafragmaga monoxromatik yorug'lik orada joylashgan interferensiyalar manzara diafragmadan $l = 100$ sm masofada joylashgan ekranda hosil bo'ladi. Agar uqurish burchagida interferensiyalar ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lgan qavatli plastinka bilan to'silsa, interferensiyalar qanday o'zgaradi? Plastinka qalinligi qaysi to'rt masofaga silliydi?

31. Ikki koherent yorug'lik ($\lambda = 480$ nm) orasidagi interferensiyalar manzara hosil qiladi. Nurlardan birinchi maksimum manzara $m = 69$ yo'lga silliydi. Plastinka qalinligi d bo'lgan interferensiyalar manzara hosil qiladi.

32. Sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lgan yorug'lik to'liq uzunligi $\lambda = 600$ nm bo'lgan yorug'lik manbaidan ekranga tushmoqda. Agar manbadan ekrangacha bo'lgan masofa 1 m, prizmadan ekrangacha bo'lgan masofa esa 4 m bo'lsa, interferensiyalar natijasida ekranda hosil bo'lgan maksimumlar orasidagi maksimumlar orasidagi masofani toping. Prizma burchagi $2 \cdot 10^{-3}$ rad, uning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$.

42. Eini 4 sm bo'lgan, 1 sm uzunligida 10000 chiziq joylashgan difraksiyon panjaraga normal tushayotgan monoxromatik yorug'lik chastasi difraksiyalanishi mumkin bo'lgan eng katta burchakni toping. Tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi 546 nm.
43. Spektrometrga o'rnatilgan difraksiyon panjara doimiyi 2 mkm. To'lqin uzunligi 410 nm bo'lgan spektral chiziqni kuzatish uchun ko'rish trubasini kollimator o'qiga nisbatan qanday burchak ostida joylashtirish kerak?
44. Davi 4 mkm bo'lgan difraksiyon panjara yordamida olingan birinchi tartibli spektrda to'lqin uzunliklari 577 nm va 579 nm bo'lgan sariq spektral chiziqdani ekranda bir-biridan qancha masofada bo'ladi? Spektrni ekranga proyeksiyalaydigan linzaning fokus masofasi 60 sm. Nurlar panjaraga tik tushadi.
45. Difraksiyon panjara doimiyi 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° bo'lgan moddaning to'la qutblanish burchagi qanday bo'ladi?
47. Tabiiy yorug'lik yassi-parallel shisha plastinkaga tushadi. Fushish 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 say bilan to'ldirilgan shisha idishning yassi tubidan qaytadi. Qaytgan nurlar maksimal qutblangan bo'lishi uchun tushish burchagi qanday bo'lishi kerak? Shishaning sindirish ko'rsatkichi 1.52; suvniki esa 1.33.
49. Eritma sitiga tushgan yorug'lik qisman qaytadi va qisman o'tadi. Shish burchagi 35° bo'lgan qaytgan nurlar to'la qutblangan bo'lsa, eritmaning sindirish ko'rsatkichi qancha?
50. Agar sindirish ko'rsatkichi $n = 1.5$ bo'lgan shisha sirtiga tabiiy yorug'lik Bryuster burchagi ostida tushayotgan bo'lsa, shishaning qaytishi ko'rsatkichi qancha?

33. Sirtga o'tkazilgan nurlarning nisbatan 60° burchak ostida kuzatganda qaytgan yorug'lik spektrida to'lqin uzunligi $\lambda = 0.589$ mkm bo'lgan nurlar burchaksan sariq chiziq ko'rinadi. Suv yuzasidagi moy qatlamning qalinligi qanchaga teng bo'ladi?
34. To'lqin uzunligi 450 nm bo'lgan nurlar perpendikulyar tushganda qaytgan yorug'likda yupqa rezinimon plastinkada bir-biridan 1.5 mm masofada bo'lgan qorong'u interferensiya yo'llari kuzatiladi. Agar plastinkaning sindirish ko'rsatkichi 1.5 bo'lsa, plastinka yo'llari orasidagi burchagini toping.
35. To'lqin uzunligi $\lambda = 500$ nm bo'lgan yorug'lik uchun 10-tartibli interferensiya maksimumi 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'ldigani kuzatish nuqtasidan diafragma gacha bo'lgan b masofani toping. Yorug'lik manbaidan diafragma gacha bo'lgan masofa $a = 1$ m.
37. Yassi to'lqin fronti uchun to'rtinchi Frenel zonasining radiusi $r = 3$ mm. Shu kuzatish nuqtasida uchun o'n ikkinchi zonaning radiusini toping.
38. To'lqin uzunligi λ bo'lgan yassi to'lqin eini α bo'lgan tirqishga unga o'tkazilgan normal bilan α burchak hosil qiladigan yo'nalishda tushayotgan bo'lsa, Fraunhofer difraksiyasidagi minimumlar o'rnini belgilaydigan φ burchaklarni toping.
39. Eini $\alpha = 0.1$ mm bo'lgan tirqishga monoxromatik yorug'lik ($\lambda = 500$ nm) normal tushmoqda. Difraksiyon manzara optik kuchi $D = 5$ dpr bo'lgan linzaning fokal tekisligida joylashgan ekranda kuzatiladi. Ikkinchi tartibli minimumlar orasidagi masofani toping.
40. Difraksiyon panjaraning 1 mm uzunligida 100 ta chiziq joylashgan. Agar ikkita birinchi tartibli Fraunhofer maksimumlari orasidagi burchak 8° bo'lsa, panjaraga normal tushayotgan monoxromatik yorug'likning uzunligini toping.
41. Difraksiyon panjaraning 1 mm uzunligida 500 ta chiziq joylashgan. Yorug'lik panjaraga 30° burchak ostida tushganda bu panjara yordamida natriy spektrining ($\lambda = 590$ nm) eng ko'pi bilan nechanchi tartibini kuzatish mumkin?

• Qaytarish koeffitsiyenti ρ bo'lgan sirga normal tushayotgan yorug'lik bosimi:

$$\rho = \frac{E_f}{c} (1 + \rho), \quad (5)$$

bunda E_f — sirt birligiga vaqt birligi ichida tushayotgan energiya miqdori bilan o'lanadigan katalik, energetik yoritilganlik.

• Rentgen nurlar spektri qisqa to'lqin chegarasi λ_{\min}

$$\lambda_{\min} = \frac{2\pi hc}{eU}, \quad (6)$$

bu yerda e — elektron zaryadi; U — rentgen trubkasiga qo'yilgan potentsiallar farqi; h — Plank doimiysi.

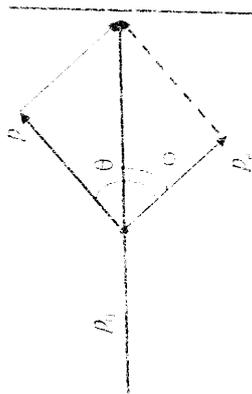
• Fotoeffekt uchun *Eynshteyn tenglamasi*:

$$h\nu = A + T, \quad (7)$$

bunda $h\nu$ — yutilgan foton energiyasi; A — elektronning chiqish ishi; T — uchib chiqayotgan elektronning maksimal kinetik energiyasi.

• **Kompton effekti.** Erkin elektronlarda rentgen nurlarining to'lqin uzunligi o'zgarishi (tasviri):

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\theta), \quad (8)$$



bunda θ — sochilish burchagi; $\theta_e = \varphi/(m_0c)$ — Kompton to'lqin uzunligi ($\theta = 0,00242$ 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 λ_c — metall sirtiga tushayotgan nurlarining to'lqin uzunligi; $\lambda_c = \frac{h}{m_0c}$ — 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 kichik 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 ($\lambda_c = 0,00242$ E) o'la qisqa rentgen nurlariga, shuningdek, gamma nurlariga 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 YECHISHIGA NAMUNALAR

1-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 qatlarga kelib tushmoqda. Fotosezgir qatlarning sezgirligi $k = 4,5$ mA/Vt. Ushbu yorug'lik impulsi ta'sirida ajralib chiqqan fotoelektronlar soni topilsin.

Yechilishi. Fotoelement sezgirligi deb, quyidagi kattalikka aytiladi:

$$k = \frac{J_f}{P}. \quad (1)$$

bu yerda J_f — foton; R — yorug'lik oqimining quvvati, n ta kvantdan iborat bo'lgan yorug'lik impulsi energiyasi

$$E = n h \nu = nh2\pi \frac{c}{\lambda}. \quad (2)$$

Ushbu impulsning fojilatod bergan quvvati:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nh2\pi c}{t} \quad (3)$$

bu yerda t — nurlanish vaqti.

Yorug'lik impulsi katoddan ajratib chiqilgan elektronlar zaryadi:

$$q = eN.$$

Bu zaryad quyidagi tokni hosil qiladi:

$$J_f = \frac{Ne}{t} \quad (4)$$

bu yerda t — nurlanish vaqti; e — elektron zaryadi.

(3) va (4) dan fotoelement sezgirligini aniqlaymiz, ya'ni

$$K = \frac{Ne/t}{nhc/2\pi} = \frac{Ne^2}{nhc \cdot 2\pi}.$$

Bundan,

$$N = \frac{hnh \cdot 2\pi c}{e^2}.$$

$$N = 930.$$

Bu formulaga kattaliklar son qiymatlarini qo'ysak:

2-masala. Quyosh nurlining quyidagi hollardagi bosimini hisob lansin: a) Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofada joylashgan qora jism sirtiga; b) hamma nurlarni qaytaruvchi jism sirtiga; d) energiyaning 4% qaytaruvchi va 6% yutuvchi shisha sirtiga. Hamma hollarda nurning tushish burchagi nolga teng va Quyosh radiatsiyasining intensivligi $I_0 = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Yechilishi. Qaytarish koeffitsiyenti ρ bo'lgan sirtga yorug'lik beradigan bosim:

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

bu yerda I — yorug'lik oqimining intensivligi; c — yorug'lik tezligi.

a)
$$P_a = \frac{I_0}{c};$$

b)
$$P_b = 2 \frac{I_0}{c};$$

d) Shisha sirtga bosimni qaytgan va yutilgan nur beradi. Foydalanadigan o'rib ketgan nur bosim berilmaydi.

Binobarin,

$$P_1 = P_2 + P_3.$$

bu yerda P_1 — qaytgan yorug'lik bosimi; P_2 — yutilgan yorug'lik bosimi.

$$P_1 = 2 \frac{I_0}{c}, \quad I_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

$$P_2 = \frac{I_0}{c}, \quad I_2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

Bu kattaliklarni formulaga qo'yamiz va hisoblashlarni bajaramiz:

$$P_1 = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ Pa}.$$

3-masala. Rentgen trubkasidagi kuchlarish 2 marta oshganidan keyin uzilksiz rentgen spektrining qisqa to'liq chegarasining uzunligi $0,50 \text{ \AA}$ ga o'zgarsa, ushbu to'liq uzunligi topilsin.

Yechilishi. Uzilksiz rentgen spektri rentgen trubkasida elektr maydon ta'siriga ta'sirlanган elektronlarning anodik to'da urilishi natijasida hosil bo'ladi. Uzilksiz rentgen spektrining qisqa to'liq chegarasi maydonning nurlanishining kvant xususidan kelib chiqadi. Haqiqatan ham, anodik to'da yetib borgan elektron elektr maydonidagi zaryadga ustida bajarilgan ishiga sonidan teng bo'lgan kinetik energiyaga ega bo'ladi, ya'ni:

$$(1)$$

$$T = eU.$$

bu yerda e — elektron zaryadi; U — elektron anodik to'da (anod) bilan katod o'rtasidagi kinetik energiyasi qisman yoki to'liq $h\nu$ kvant energiyasiga aylanadi. Elektron kinetik energiyasi T to'liq $h\nu$ kvant energiyasiga aylangan hollarda ma'lum mastron (eng kichik to'liq uzunligi) hosil bo'ladi. U hokida

$$(2)$$

$$T = h\nu = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

(1) va (2) dan

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{hc}{eU_1}$$

masala shartidan

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{hc}{eU_1}$$

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{hc}{eU_1}$$

(1) va (4) dan

$$\frac{\lambda_{\text{min}}}{\lambda_{\text{min}}} = \frac{U_1}{U_1}$$

ikkinchi tomonidan

$$\frac{U_1}{U_1} = 2$$

Ushbu shartni hisobga olsak, (5) tenglamani quyidagi ko'rinishida yozamiz:

$$\frac{\lambda_{\text{min}}''}{\lambda_{\text{min}}} = 2$$

yoki

$$\lambda_{\text{min}}'' = \frac{\lambda_{\text{min}}}{2}$$

To'lqin uzunligi o'zgarishi:

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{min}}'' - \lambda_{\text{min}}$$

(6) ni (7) ga qo'yamiz:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_{\text{min}}}{2} - \lambda_{\text{min}} = -\frac{\lambda_{\text{min}}}{2}$$

yoki

$$\lambda_{\text{min}}' = -2\Delta\lambda = -2 \cdot 0,5 \text{ \AA} = -1 \text{ \AA}$$

Javob: $\lambda_{\text{min}}' = -1 \text{ \AA}$.

5-masala. Metall sariq o'lchin uzunligi $l = 350$ nm bo'lgan to'lqin uzunligi bilan nurlantiriladi. To'lqin uzunligini 50 nm ga o'zgartirishga to'g'ri keladi. Plank doimiyi va yorug'lik tezligini hisoblab, elektron zaryadini aniqlang.

Yechilishi. Bitta foton va elektron uchun Eynshteyn tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

Elektron kinetik energiyasini, ya'ni $mv^2/2$ ni eU_1 ifoda bilan ifodalash mumkin. Bu yerda U_1 — fototokni to'liq ushlab qoladigan katod va anod orasidagi potentsiallar farqi. Masala sharti asosida Eynshteyn tenglamasini 2 marta qo'llaymiz:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + eU_1$$

$$h \frac{c}{\lambda - \Delta\lambda} = A + e(U_1 + \Delta U)$$

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: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl.

5-masala. Vakuumda harakatlanayotgan erkin elektron fotonni to'liq yutishi va energiya nurlanishi mumkin emasligini ko'rsatib berish. 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:

$$\frac{h\nu_0}{c} = \Delta m v = \Delta \frac{m_0 v^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

$$\frac{h\nu_0}{c} = \Delta \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Ushbu impulslar vektorlarini qo'yishlari antiparallel bo'lgani uchun biz oxirgi ifodani tanlaymiz. Oxirgi ifodani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{h\nu_0}{c} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

$$\frac{h\nu_0}{c} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalarni birgalikda 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 energiyaning saqlanish qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$m_0 c^2 = mc^2 + h\nu_0.$$

Bundan

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} = m_0 \gamma$$

bo'lgani uchun erkin elektronning energiya nurlanishi mumkinligi haqidagi farazning ma'noga ega emasligi kelib chiqadi.

6-masala. Agar fotoeffektning qizil chegarasi 5000 Å ga teng bo'lsa, natriydan elektronlarning chiqish ishini aniqlang.
Yechilishi. Fotoeffekt yuz berishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\omega \geq \omega_0 = \frac{A}{h} \quad (1)$$

bu mas holda to'liq uzunligi uchun yozsak:

$$\lambda \leq \lambda_0 = \frac{2\pi hc}{A} \quad (2)$$

bu yerda ω_0 — chastota yoki λ_0 to'liq uzunligi fotoeffektning qizil chegarasi. (2) tenglamadan chiqish ishini aniqlaymiz:

$$A = \frac{2\pi hc}{\lambda_0}$$

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. Lityi sirtiga to'liq 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 Eynshreyn 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; $\lambda = 3100$ Å = $3,1 \cdot 10^{-7}$ m. Hisoblashlarni bajarimiz va quyidagini olamiz:

$$A = 2,67 \cdot 10^{-19}$$

yoki

$$A = 2,3 \text{ eV}.$$

Fotoeffekt qizil chegarasini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0},$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 5,4 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5400 \text{ Å}.$$

8-masala. To'liq uzunligi $0,03 \text{ \AA}$ bo'lgan γ -nurlanish ta'sirida me-talldan chiqayotgan elektronlarning maksimal tezligi aniqlansin. *Yechilishi.* Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + T. \quad (1)$$

Ushbu holda $A < T$ 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:

$$\frac{hc}{\lambda} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right); \quad \lambda_0 = \frac{h}{m_0 v}$$

yoki

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1. \quad (4)$$

Bu yerda λ_0 - elektron uchun Kompton to'liq uzunligi bo'lib,

$$\lambda_0 = 0,0242 \text{ Å}; \quad \beta = \frac{\sqrt{v^2 (c^2 - v^2)}}{c^2 + v^2} = 0,86.$$

Bu yerdan v ni aniqlaymiz:

$$v = \beta c = 0,86 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 2,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Javab: $v = 2,5 \cdot 10^8$ 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° burchak ostida sochilsa, Kompton tepki elektronlari qanday energiya oladi?

Yechilishi. Energiya saqlanishi qonuniga asosan:

$$E_1 = h \cdot 2\pi \frac{c}{\lambda_0} = h \cdot 2\pi \frac{c}{\lambda_0 + \Delta\lambda},$$

$$E_2 = hc \left[\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda_0 + \Delta\lambda} \right] = hc \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0 (\lambda_0 + \Delta\lambda)},$$

Kompton effektlarida to'liq uzunligining o'zgarishi:

$$\Delta\lambda = \lambda_0 (1 - \cos\theta),$$

bu yerda $\Delta\lambda$ ni topamiz va (1) ga qo'yamiz:

$$\Delta\lambda = 0,0027 \cdot 2 \cdot \sin^2 \frac{60^\circ}{2} = 0,0012 \text{ nm},$$

$$E_2 = 1,04 \text{ eV}.$$

6.2 §. Liy atomi

Asosiy formulalar

- Qo'zg'almas yadroning Kuli on maydonida zarrahdangan zarrachalarning sochilish burchagi

$$\left(\frac{\theta}{2}\right)^2 = \frac{q_1 q_2}{2bV} \quad (1)$$

yoki

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{2kV}{q_1 q_2} \quad (2)$$

bu yerda q_1 va q_2 — zarrachalar va yadro zaryadi; b — nishon parametri; V — uchib kelayotgan zarrachalarning kinetik energiyasi.

- **Rezerford formulasi.** Boshtang ich harakat yo'nalishiga nisbatan θ burchak ostida, va $d\Omega$ elementar kuzoviy 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; $d\Omega = \sin\theta d\theta d\varphi$.

- Borming 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.

- Borming ikkinchi postulati:

$$v = \frac{E_n - E_m}{h}, \quad (5)$$

bunda v — 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.

- Vodород spektriga mos keluvchi chiziqlarning ν chastotasi

toki Z to'liq uzumliklarni topishga imkon beruvchi formula:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (6)$$

bunda c — yong'likning vakuumda tarqalish tezligi; R — Ridberg doimiysi; m va n — orbitalar tartibi.

- Vodородshimon atomlarning nurlanish chastotasi:

$$\nu = RZ^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (7)$$

bu yerda Z — element tartib nomeri.

MASALA YECHISHIGA NAMUNALAR

- 1-masala.** Peshona to'qnashishda tinch tungan ${}^7\text{Li}$ yadrosiga kinetik energiyasi T bo'lgan α -zarra qanday minimal masofaga yaqinlashadi?

Yechilishi. Alfa-zarra va yadro tizimi berk tizim deb qabul qilinsa, zarrachaning yaqinlashish jarayonida impuls va energiya saqlanish qonunlari bajariladi. Muzkar hol uchun saqlanish qonunlarini yozamiz:

$$P_\alpha = P_{\alpha+L}, \quad (1)$$

$$T_\alpha = T_{\alpha+L} + k \frac{q_1 q_2}{r_{\text{min}}}, \quad (2)$$

bu yerda q va q_2 — alfa-zarra va liy atomining zaryadlari. Morelativistik holda, kinetik energiya bilan impuls orasidagi bog'lanish:

$$T = \frac{p^2}{2m}$$

yoki

$$p = \sqrt{2mT} \quad (3)$$

(3) formulani hisoblab, r_{min} ni T ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$m_1 T = (m_1 + m_2) T_{\text{cm}}$$

Bu ifodadan T_{kin} kinetik energiyani topamiz va (2) ga qo'yamiz:

$$T_{\text{kin}} = \frac{mv^2}{2} = k \frac{q_1 q_2}{r_{\text{min}}} \quad (4)$$

(4) ifodadan r_{min} kaitalikni aniqlaymiz:

$$r_{\text{min}} = \frac{q_1 q_2}{T_{\text{kin}}} \left[1 - \frac{m_0 v^2}{2T_{\text{kin}}} \right]$$

2-masala. Vodород atomi to'la uzunligi $4,30 \cdot 10^{-7}$ m bo'lgan foton chiqardi. Atomdagi elektron energiyasi qanchaga o'zgaragan?

Yechilishi. Bor postulatiga asosan atom E_n energiyavi holatdan energisi E_m bo'lgan holatga o'tganda chiquvchi foton energiyasi:

$$h\nu = E_p - E_n = \Delta E \quad (1)$$

$\nu = c/\lambda$ ifodani e'tiboga olib, (1) ifodadan atomdagi elektron energiyasi qanchaga o'zgarishini topamiz:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \approx 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 2,56 \text{ eV}$$

3-masala. Vodород atomidagi birinchi Bor elektron orbitasining radiusi va undagi elektron tezligini toping.

Yechilishi. Yadro atrofida doiraviy orbita bo'ylab harakat qilayotgan elektronga yadro tomonidan Kulon tortishish kuchi ta'sir qilib, u elektronga markazga intilma tezlantish beradi. Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Ze^2}{r_n^2} = m \cdot \frac{v_n^2}{r_n} \quad (1)$$

bu yerda m — elektron massasi; v_n — elektronning n -orbitadagi tezligi; r_n — orbita radiusi. Z — element tartib nomeri bo'lib, u vodород uchun birga teng. Borning birinchi postulatiga ko'ra, elektron yadro atrofida radiuslari (4) munosabatini qanoqlantiradigan muayyan orbitalar bo'yicha harakat qilishi mumkin. (1) va (4) tenglamalarni birgalikda yechib, quyidagi ifodalarni olamiz:

$$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi m e^2} \quad (2)$$

$$v_n = \frac{Ze^2}{2n\hbar} \quad (3)$$

Bor birinchi orbitasi uchun $n = 1$ ekanligin e'tiborga olib, (2) va (3) ifodalarga qo'yib, hisoblashlarni bajarimiz va quyidagi ifodalarni olamiz:

$$r = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}; \quad v = 2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

4-masala. Balmer seriyasi vodород spektr chizig'ining eng katta to'lqin uzunligi 656,3 nm. Bu to'lqin uzunligi bo'yicha Layman seriyasidagi eng katta to'lqin uzunligini aniqlang.

Yechilishi. Vodород atomning nurlanish chatorasi (6) ifoda orqali aniqlanadi. Balmer seriyasi uchun $m = 2$. Layman seriyasi uchun esa $m = 1$. Har bir seriyadagi eng katta to'lqin uzunlikka $n = m+1$ mos keladi. Balmer va Layman seriyasidagi eng katta to'lqin uzunligi uchun quyidagi ifodalarni yozamiz:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \quad (2)$$

(1) ni (2) ga bo'lamiz va quyidagini olamiz:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{5,4}{36,3}$$

bu yerdan

$$\lambda_2 = 1215 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

5-masala. Vodород atomi monoenergetik elektronlar dastasi bilan nurlantiriganda, u to'lqin uzunligi 0,1221 mkm bo'lgan yorug'lik chiqaradi. Elektronlar energiyasini hamda elektron bilan to'qnashganda atom qaysi bo'yicha o'zgan holatga o'tishini aniqlang.

Yechilishi. Chastotalar savatidan

$$I_n - I_k = E_k$$

bu yerda E_k — vodород atomini n -uyg'ongan holatga o'tkazuvchi elektronlar dastasining energiyasi.

6.3-§. Atom yadrosining xususiyatlari

Asosiy formulalar va asosiy 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 sonini 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; ΔM — massa defekti.

Massa defekti quyidagiga teng:

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\text{yad}} \quad (3)$$

yoki

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\text{yad}}, \quad (4)$$

bu yerda m_p , m_n , M_{yad} va M_{at} — mos ravishda proton, neytron, vodород atomi, yadro va atom massalari.

Bog'lanish energiyasining massa soniga nisbati solishtirma bog'lanish energiyasi deyiladi.

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{bog}}}{A} \quad (5)$$

yoki

$$\varepsilon = \frac{c^2 \Delta M}{A}. \quad (6)$$

Hisoblashlar uchun quyidagi formuladan foydalanish qulaydir:

$$E_{\text{bog}} = Z \Delta_H + (A - Z) \Delta_n - \Delta, \quad (7)$$

bu yerda Δ_H , Δ_n , Δ — vodород atomi, neytron va ushbu yadroga mos keluvchi atom massa defektlari. Massa defekti, atom massasi

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

ifodani qo'llab, uchib kelayotgan elektronlar energiyasini aniqlaymiz:

$$E_{k, \text{min}} = \frac{hc}{\lambda} = 10,2 \text{ eV}.$$

Ikkinchi savolga javob berish uchun n kvant sonini hisoblab topishimiz zarur. Asosiy holat energiyasi $E_1 = -E_{\text{yad}} = -13,6 \text{ eV}$ bo'lgan uchun n -yug'ongan holat energiyasi: $E_n = E_1 + E_{k, \text{min}} = -3,4 \text{ eV}$. Vodород atomi uchun Bor nazariyasidan:

$$E_1 = -\frac{me^4}{4\varepsilon_0^2 h^2}, \quad E_n = -\frac{me^4}{4\varepsilon_0^2 h^2 n^2}.$$

Bu ifodalarning nisbatidan: $E_1/E_n = n^2 = 4$. Demak, $n = 2$, ya'ni birinchi uyug'ongan holat.

6-masala. Vodород atomi spektri chiziqlarining qanchasi ko'rinadigan nurlar sohasida ($\lambda = 0,4-0,7 \text{ mikm}$) joylashgan bo'ladi? Ushbu chiziqlarning to'liq uzunligi aniqlansin. Bular qanday ranglarga mos keladi?

Yechilishi. Vodород atomi spektrining to'liq uzunligi quyidagi formula bo'yicha aniqlaniladi:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

bu yerda $m = 1, 2, 3, \dots$; $n = m + 1$; $m + 2$; ...

Ko'rinadigan nurlar sohasida Balmer seriyasining to'rtta chizig'i ($m = 2$, $n = 3, 4, 5, 6$) joylashgan bo'ladi. Ushbu chiziqlar to'liq uzunliklarini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$\lambda = \frac{1}{R} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)^{-1}.$$

$m = 2$, $n = 3, 4, 5, 6$:

$$\lambda_1 \approx 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ -- qizil};$$

$$\lambda_2 \approx 4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ -- zangori};$$

$$\lambda_3 \approx 4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ -- binafsha};$$

$$\lambda_4 \approx 4,1 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ -- binafsha}.$$

(m.a.b. laridagi) 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 yuqum empirik formula yoki *Veyszekker formulasi*dan foydalanamiz:

$$E_{bog'} = \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \delta \left(\frac{A-Z}{2} \right) + \epsilon \frac{Z}{A^{3/4}},$$

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 ko'effitsiyentlar qiymati quyidagiga teng: $\alpha = 15.75$ MeV; $\beta = 17.8$ MeV; $\gamma = 0.71$ MeV; $\epsilon = 94.8$ MeV; $\delta = 34$ MeV.

(5) ni hisobga olib, (3) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$E_{bog'} = [Zm_p + (A-Z)m_n - M_{yad}]c^2, \quad (9)$$

bu yerda m_p , m_n va M_{yad} — proton, neytron va yadro massalari.

Massalar to'plami va o'ralimsozlikda yadro massalari emas, balki neytral atomlarning massasi kiritiladi. Shuning uchun yadro bog'lanish energiyasining (6) formulasiidan foydalanish o'r-niga, quyidagi formuladan foydalanish qulaydir:

$$E_{bog'} = [Zm(H^1) + (A-Z)m_n - M_{yad}]c^2, \quad (10)$$

bu yerda $m(H^1)$ — vodorod atomi massasi, M_{yad} — berilgan atom massasi. Yuqoridagi (10) va (11) formulalar ekvivalent bo'lganligi uchun elektron massasini m_e deb belgilab, quyidagini yozish mumkin:

$$Zm({}_1H) - M_{yad} = Z(m_p + m_e) - (M_{yad} + Zm_e) = Zm_n - M_{yad}.$$

236

Yuqorida keltirilgan (9) va (10) formulalar yordamida bog'lanish energiyasini MeV larda topish uchun ushbu formulalarga javiddan olingan m.a.s.larning m.a.b. qiymatlarida olinadi va quyidagi ko'effitsiyentga ko'paytiriladi:

$$1 \text{ m.a.b.} = 931 \text{ MeV/m.a.b.}$$

MASALA YECHISHIGA NAMUNALAR

1-masala. Ushbu yadrolar tarkibidagi nuklonlar, proton va neytronlar sonini aniqlang.

$$1) {}^1_1\text{H}; 2) {}^{12}_6\text{C}; 3) {}^{23}_{11}\text{Na}; 4) {}^{60}_{27}\text{Cu}; 5) {}^{89}_{39}\text{Y}; 6) {}^{112}_{50}\text{Sn}; 7) {}^{238}_{92}\text{U}$$

Yechilishi. Yadrodagi nuklonlar soni:

$$A = Z + N, \quad (1)$$

bu yerda Z — protonlar soni; N — neytronlar soni.

Yadro belgisi

$${}_Z^AX.$$

Demak, ${}^1_1\text{He}$ 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) $A = 60$; $Z = 29$; $N = 34$;
- 4) $A = 89$; $Z = 39$; $N = 50$;
- 5) $A = 112$; $Z = 50$; $N = 62$;
- 6) $A = 238$; $Z = 92$; $N = 146$.

2-masala. ${}^{16}_8\text{O}$ izotop yadrosining massasi hisoblanсин.

Yechilishi. Quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$m_{yad} = Zm_p + Zm_e.$$

Jadvalga asosan:

$$m_p = 1.007276 \text{ m.a.b.},$$

237

$$Zm_c = 8 \cdot 5, 4366 \cdot 10^{-1} \text{ m.a.b.} = 43,889 \cdot 10^{-1} \text{ m.a.b.},$$

$$m_{\text{od}} = 15,9949 - 0,0044 = 15,9905 \text{ m.a.b.}$$

Bundan atomning barcha og'irligi amalda yadroga yig'ilganligini ko'rishimiz mumkin.

3-masala. Massasi 4 g bo'lgan tabiiy uranda ^{238}U izotopining yadrolar soni qancha?

Yechilishi. Uran ^{238}U va ^{235}U izotoplari tabiiy aldash masining 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) $N_A = mN_A/\bar{M}$ ni tashkil etadi. Bu yerda N_A — Avogadro soni.

Massasi m kg bo'lgan tabiiy urandagi ^{238}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:

$$N = \frac{mN_A a \cdot 10^{-2}}{aM_{238} + bM_{235} + cM_{234}} \approx 7,3 \cdot 10^{19}$$

4-masala. Yadrodagi nuklonlar konsentratsiyasi, yadro moddasining zichligi va yadrodagi elektr zaryadlarining hajmiy zichligi topilsin.

Yechilishi. Atom yadrosining radiusi:

$$R = 1,4 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m}$$

ekanligidan yadroning massasi uning hajmiga to'g'ri proporsional, ya'ni ($A \sim R^3$). Binobarin hamma yadrolar bir xil nuklonlar konsentratsiyasi

$$n = \frac{A}{V} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{A}{(4/3)\pi(1,4 \cdot 10^{-15})^3 A} = 10^{28} \text{ nuklon/m}^3 = 10^{28} \text{ nuklon/sm}^3$$

bu bir xil zichlikka ega, ya'ni:

$$\rho = n \cdot m = 10^{28} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 16,6 \text{ kg/m}^3$$

bu yerda m — nuklon massasi.

5-masala. Tabiiy Bor atom massasi 10,811 ga teng. Uning massasi ^{10}B va ^{11}B bo'lgan ikkita izotopdan tarkib topgan. Uning foiz miqdori topilsin.

Yechilishi. Tenglamalar sistemamni tuzamiz:

$$10,013x + 11,009y = 10,811,$$

$$x + y = 1.$$

bu yerda x va y — mos holda vengil va og'ir izotoplar ulushi. Ushbu tenglamalar sistemasi ni yechib, quyidagi qiymatlarni olamiz:

$$x = 20\% \text{ (vengil izotop),}$$

$$y = 80\% \text{ (og'ir izotop).}$$

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_2He) hosil bo'lganda qancha energiya ajraladi?

Yechilishi. Geliy atom yadrosi ikkita proton va ikkita neytrondan tashkil topganligi uchun uning atom massasi $M_{\text{He}} = 4,00337 \text{ m.a.b.}$

Neytronning tinchlikdagi massasi $m_n = 1,00897 \text{ m.a.b.}$

Protonning tinchlikdagi massasi esa $m_p = 1,00758 \text{ m.a.b.}$

Geliy atomi hosil bo'lishda qancha massa defekti:

$$\Delta m = 2(m_p + m_n) - M_{\text{He}} = 0,2923 \text{ m.a.b.}$$

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 yuliydagi atomlar soni esa:

$$N = \frac{m}{A_{\text{g}}e} N_A = \frac{6.02 \cdot 10^{23}}{4} = 1.504 \cdot 10^{23} \text{ (atom)},$$

Binobarin 1 g gelly hosil bo'lganda ajraladigan vaqtigiyani

$$E = \lambda E N$$

formula bo'yicha hisoblash natijasida

$$E = 40,797 \cdot 10^{13} \text{ MeV} = 65,275 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

ekanligi kelib chiqadi.

6.4-§. Radioaktivlik

Asosiy formulalar va ustubiy 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; λ — radioaktiv parchalanish doimiyi.

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:

$$N = N_0 2^{-t/T_{1/2}}.$$

Radioaktiv element aktivligi (vaqt birligi ichida parchalangan yadrolar soni):

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N. \quad (4)$$

Radioaktiv element (preparat)ning aktivligining eksponial kamayish qonuni:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}, \quad (5)$$

bu yerda A_0 — radioaktiv elementning boshlang'ich aktivligi.

Xalqaro birliklar sistemada 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:

$$1 \text{ Kur} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ parcha./s} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bk}.$$

Parchalanish doimiyi λ_1 bo'lgan A_1 radioizotopning parchalanish doimiyi λ_2 bo'lgan A_2 radioizotopga aylanishida A_1 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 helni farqlash kerak:

a) izlotsiyalangan radioaktiv moddada radioaktiv parchalanish yuz berishini. Bu holda radioaktiv parchalanish qonuni formulasi (1)dan foydalaniladi.

Agar masala shartidan radioizotopning Δt 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 Δt vaqt davomida deyarli o'zgarmaydi va uni boshlang'ich yadrolar soni N_0 ga teng deb hisoblash mumkin. U holda parchalanmagan yadrolar soni ΔN ni ushbu $\Delta N = \lambda N_0 \Delta t$ formula yordamida topish mumkin.

b) biror hosilaviy radioaktiv modda bilan uni hosil qiluvchi boshlang'ich boshqa bir radioaktiv modda bilan aralashmasida parchalanish yuz berayotgan hol. Bu holda 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, birov 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 yadrolarining soniga teng bo'ladi. Natijada har ikkala modda aktivligi bir xil bo'lib qoladi. U holda (4) va (2) ifodalardan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

yoki

$$N_1 \lambda_1 = N_2 \lambda_2 \quad (7)$$

Ayrim masalalarni yechishda massa m bo'lgan radioaktiv modda tarkibidagi atomlar soni N ni topish talab qilinadi. Buning uchun quyidagi munosabatdan foydalanamiz:

$$N = N_A \nu = N_A \left(\frac{m}{\mu} \right), \quad (8)$$

bu yerda N_A — Avogadro soni; ν — preparatdagi modda miqdori; 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 doimiy λ bo'lgan radioaktiv yadroning t vaqt oralig'ida parchalanish ehtimolligi topilsin.

Yechilishi. Radioaktiv parchalanish jarayoni statistik xarakterga ega, ya'ni teng vaqt ichida ma'lumiy 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}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:

$$A = \frac{m \lambda}{M} N_A. \quad (3)$$

λ 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:

$$A = \frac{m \lambda}{M} N_A = \frac{m \ln 2}{M T_{1/2}} N_A.$$

va m ni topamiz:

$$m = \frac{AMT_{1/2}}{N_A \cdot 0,593} \quad (5)$$

Formulaga masala shartidagi qiymatlarni qo'yib, hisoblashlarni bajarimiz:

$$A = 1 \text{ kKu} = 10^3 \text{ Ku} = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 10^3 \text{ parcha./s} = 3,7 \cdot 10^{13} \text{ Bk},$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}, M = 60 \cdot 10^3 \text{ kg/mol},$$

$$T_{1/2} = 5,25 \text{ yil} = 16556,4 \cdot 10^3 \text{ s}.$$

Ushbu kattaliklarning qiymatlarini (5) ifodaga qo'yamiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$m = 0,882 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \text{ yoki } m = 0,882 \text{ g}.$$

Endi $t = 10,5$ yilda aktivlikning qancha marta kamayishini aniqlash uchun $N = N_0 e^{-\lambda t}$ formuladan foydalanamiz:

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t},$$

bandan 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 izotopsiyalangan ^{226}Ra radioizotopining aktivligi hamda uning aktivligi 10% ga kamayadigan vaqt aniqlansin.

Yechilishi. Aktivlikni quyidagi formula bilan aniqlaymiz:

$$A = \lambda N, \quad (1)$$

radioizotopdagi yadrolar soni:

$$N = \frac{m}{M} N_A, \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yamiz va

$$A = \lambda \frac{m}{M} N_A.$$

Bu formulaga son qiymatlarini qo'yib, $\lambda = \ln(1 + \lambda t) / t$ (^{226}Ra) = 1620 yil) ni aniqlaymiz:

$$\lambda = \frac{0,693}{5,25} = 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}.$$

$N_0 = 6,022 \cdot 10^{23} \cdot (1 \text{ g}) / (226 \text{ g/mol})$, $M = 226 \text{ g/mol}$ ko'rsatkichlarini qo'yib, N_0 ni topamiz.

$$A = 3,61 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1} N_0 = 0,99 \cdot 10^{11} \text{ Bk},$$

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

$$\frac{A}{N} = e^{\lambda t}$$

$$\frac{A_0}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

ya'ni

Bu ifodani logarifmlasak:

$$\ln \frac{A}{N} = \ln e^{\lambda t},$$

bundan

$$\lambda t = \ln \frac{A}{N}$$

ya'ni

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A}{N} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{0,9 N_0} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{1}{0,9} = \frac{1}{1,354 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}} \ln \frac{1}{0,9} \approx 243 \text{ yil}.$$

4-masala. Beril idishida massasi $m = 0,1$ g bo'lgan radiy bor. Ushbu idishda 24 soatdan keyin qancha miqdorda radon yig'ildi? Radiyning yarim parchalanish davri 1600 yil, radonniki esa 3,8 kun.

Yechilishi. Masalani quyidagi formuladan foydalanib yechamiz:

$$N_{\text{Rn}} = N_0 (e^{-\lambda_{\text{Rn}} t} - e^{-\lambda_{\text{Ra}} t}),$$

Radiy atomlari miqdori

$$N_{\text{Ra}} = \frac{m}{M_{\text{Ra}}} N_A,$$

bu yerda $N_{\text{Ra}} = N_{\text{Rn}}$ bo'ladi.

Radioaktiv parchalanish doimiyliklari:

$$\lambda_{R_1} = \frac{\ln 2}{T_1}, \quad \lambda_{R_2} = \frac{\ln 2}{T_2}$$

Binobarin,

$$N_{R_1} = \frac{mN_A}{4R_1} \left[(e^{\lambda_1 t})^{\frac{1}{2}} - (e^{\lambda_2 t})^{\frac{1}{2}} \right] \left[\frac{T_1}{T_1 - T_2} \right]$$

Bu formulaga masala shartidagi quyidagi qiymatlarni qo'yamiz:

$$m = 0,1 \text{ g} = 10^{-4} \text{ kg}, \quad t = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}, \quad R_{R_1} = 226 \cdot 10^3 \text{ kg/mol},$$

$$N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad T_1 = 5,05 \cdot 10^4 \text{ s}, \quad T_2 = 3,3 \cdot 10^4 \text{ s}.$$

Hisoblash natijasida quyidagi javobni olamiz:

$$N_{R_1} \approx 32 \cdot 10^{14} \text{ (atom)}.$$

5-masala. Massasi 1 mg bo'lgan seriy-144 radioizotopining qancha yadrosi: a) 1 s va b) 1 yil vaqt oralig'ida 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 ΔN ni topish uchun radioaktiv parchalanish qonunining quyidagi ifodasidan foydalanamiz:

$$-dN = \lambda N dt, \quad (1)$$

buni quyidagicha yozamiz.

$$\Delta N = \lambda N_0 \Delta t. \quad (2)$$

λ bilan $T_{1/2}$ orasidagi bog'lanish $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ ni hisobga olib (2) ni quyidagicha yozamiz:

$$\Delta N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N_0 \Delta t. \quad (3)$$

Boshlang'ich yadrolar (atomlar) sonini quyidagi formula bilan topamiz:

$$N_0 = \frac{m}{M} N_A. \quad (4)$$

(4) va (3) dan quyidagi javobni olamiz.

$$\Delta N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \frac{m}{M} N_A. \quad (5)$$

Bu formulaga masala shartidagi $N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $m = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$, $M = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$, $T_{1/2} = 285,24 \cdot 3600 \text{ s}$, $M = 0,144 \text{ kg/mol}$, $\ln 2 = 0,693$ kiritib yarim yemirilish davri Xalqaro birliklar sistemasida ifodalab, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi qiymatni olamiz:

$$\Delta N = 1,2 \cdot 10^{11}$$

(b) holda Δt 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 quyidagilarni olamiz:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t}). \quad (7)$$

(4) ifoda va $T_{1/2} = \ln 2$ ekanligini hisobga olib (7) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\Delta N = \frac{N_0 \ln 2}{M} (1 - e^{-\ln 2 m / M}). \quad (8)$$

va $e^{\ln 2} = 2$ ekanligini hisobga olsak, (8) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\Delta N = \frac{N_0 \ln 2}{M} (1 - e^{-m}). \quad (9)$$

(9) ifodaga kattaliklarni masala shartidagi qiymatini qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagi javobni olamiz:

$$\Delta N = 1,2 \cdot 10^{11}.$$

6-masala. Massasi 1 g bo'lgan radiy bilan muvozanatda bo'lgan radonning massasi va hajmi topilsin.

Yechishi. Masalani yechish uchun muvozanat shartlarining muvozanat shartidan foydalanamiz.

$$\rho_1 N_1 = \rho_2 N_2 V_2$$

Bundan,

$$N_2 = N_1 \frac{\rho_1}{\rho_2 V_2} \quad (1)$$

bu yerda λ_1 va λ_2 — mos ravishda radiy va radonning parchalanish doimiyliklari; N_1 va N_2 — mos ravishda radiy va radon atomlari soni.

Radiy va radon atomlari sonini quyidagicha topamiz:

$$N_1 = \frac{m_1}{V_1} N_A \quad (2)$$

$$N_2 = \frac{m_2}{M_2} N_A \quad (3)$$

(2) va (3) ni (1) ga qo'yamiz va quyidagilar olamiz:

$$m_2 = \frac{M_2 \rho_1}{M_1 \rho_2} m_1 \quad (4)$$

(4) formulaga Xalqaro birliklar sistemasida ifodalangan $M_1 = 226 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $M_2 = 222 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $m_1 = 10^{-3} \text{ kg}$, $\lambda_1 = 1,39 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$, $\lambda_2 = 2,1 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$ kattaliklarni qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz va quyidagini olamiz: $m_2 = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$. Normal sharoitda $222 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ radon $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ hajmini egallaydi. U holda izlanayotgan hajm

$$V = V_0 \frac{m_2}{M_2}$$

Bu formulaga kattaliklar qiymatlarini qo'yamiz va $V = 6,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3$ ga teng ekanligini topamiz.

6.5-§. Yadro reaksiyalari

Asosiy formulalar va asosiy ko'rsatkichlar

Yadro reaksiyalarning eng ko'p tarqalgan turiga yengil a zarra (ya'ni A yadro) zarra ta'sirlanish 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), α -zarra (α), deytron (d) va gamma-kvant (γ) ni olish mumkin.

Barcha yadroviy reaksiyalarda quyidagi saqlanish qonunlari bajariladi:

- a) massa (yoki energiya)ning saqlanish qonuni;
- b) elektr va barion zaryadning (massa soni) saqlanish qonuni;
- c) impulsning saqlanish qonuni;
- d) spinning saqlanish qonuni.

Reaksiya energiyasi Q harfi bilan belgilanadi va $E_{01} - E_{02}$ qiymatiga son jihatdan teng, ya'ni:

$$Q = E_{01} - E_{02} = T_2 - T_1 \quad (2)$$

Bu yerda $E_{01} - E_{02}$ — zarralar tinchlikdagi energiyasi; T_1 va T_2 — kinetik energiyasi. Bu kattaliklarni $A(a, b)B$ reaksiya uchun quyidagicha yozish mumkin.

$$E_{01} = M_a c^2 + m_a c^2 \quad (3)$$

$$E_{02} = M_B c^2 + m_b c^2 \quad (4)$$

$$T_1 = T_a + T_A \quad (5)$$

$$T_2 = T_B + T_b \quad (6)$$

Agar $Q > 0$ bo'lsa, yadro reaksiyasida energiya ajraladi va ekzoenergetik reaksiya deyiladi. Agar $Q < 0$ bo'lsa, yadro reaksiyasida energiya yutiladi va endoenergetik reaksiya deyiladi.

Masalalar yechishda quyidagi formuladan foydalanish quyidagicha:

$$Q = c^2 (\sum M_i - \sum M_j), \quad (7)$$

bu yerda $\sum M_i$ — yadro reaksiyasiga kirishuvchi zarralar massalari yig'indisi; $\sum M_j$ — hosil bo'lgan zarralar massalari yig'indisi.

Endoenergetik reaksiyalar ostona energiyasi:

$$E_{os} = \frac{m_0 + M_1}{M_1} |Q|, \quad (8)$$

bu yerda m_0 va M_1 — uchib ketayotgan 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 bariyon zaryadining (massa soni A ning) saqlanish qonunlari reaksiyada qatnashuvchilaridan (yoki ular mahsulotlaridan) bittasi noma'lum bo'lgan holda reaksiya tenglamasini to'g'ri yozishga yordam beradi. 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 tushuntiradi, 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:

$$\sum m_0 c^2 + \sum T = \sum m_0 c^2 + \sum T', \quad (9)$$

bu yerda $\sum m_0 c^2$ — reaksiyaga kirgan zarralarning tinchlikdagi energiyalari yig'indisi; $\sum T$ — ularning kinetik energiyalar 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 ^1H (ya'ni, protonning tinchlikdagi energiyasi esa 938 MeV ga teng). Bu yengil zarralar va yadrolar tezligini hisoblanganda, ularni quyidagi ektrostatika norelativistik (klassik) deb hisoblash mumkin.

1) agar ushbu zarralar sekin harakatlانuvchi zarralar to'qnashishi natijasida yuz beradigan yadro reaksiyaning mahsuloti bo'lsa; 2) agar so'z yadro reaksiyalar 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 impulslarini topishda quyidagi relativistik formulalardan foydalanish zarur:

$$p = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} v = m_0 c \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad (10)$$

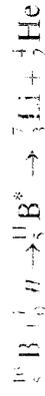
$$T = mc^2 - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right), \quad (11)$$

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 $^{10}\text{B}_3$ yadrosi sekin n_0 neytronlarni yutadi (ya'ni, o'ziga qo'shib oladi) va oraliq $^{11}\text{B}_3$ yadroga aylanadi. Ushbu yadro kuchli qo'zg'algan (uy'ongan) holatda bo'lgani uchun o'zidan α -zarra (^4He) chiqaradi va lity ^7Li yadrosiga aylanadi. Ushbu reaksiya jarayonini yoyib yozsak quyidagicha bo'ladi:



Reaksiya energiyasi Q ni (7) ifoda yordamida topamiz:

$$Q = c^2 [(m_{0B} + m_{0\alpha}) - (m_{0Li} + m_{0He})].$$

Yadrolarning tinchlikdagi massalarini ushbu yadro atomlarining tinchlikdagi massalariga almashiramiz va jadvaldan olingan atom massalarini oxirgi ifodaga qo'yamiz:

$$Q = 931 \cdot (10,01294 + 4,00260 - 7,01601 - 4,00260) \text{ MeV} = 2,80 \text{ MeV}$$

Reaksiya mahsulotlari bo'lgan lity ${}^7\text{Li}$ va α -zarralarning kinetik energiyasini topish uchun (1) shaklda yozilgan relativistik energiyani saqlanish qonunini (7) hisobga olgan holda yozamiz:

$$\sum T^i = \sum T + Q. \quad (1)$$

Masala shartiga ko'ra, $\sum T$ kattalikni hisobga olmasa ham bo'ladi. U holda ${}^7\text{Li}$ va ${}^4\text{He}$ zarralar kinetik energiyalarining yig'indisi:

$$Q = T_{Li} + T_{He}. \quad (2)$$

T_{Li} va T_{He} noma'lumlarni bog'lovchi ikkinchi bir tenglamani tuzish uchun impulsni saqlanish qonunini qo'llaymiz. Zarralar impulslari yig'indisi reaksiyagacha nolga teng desak, u holda reaksiyadan keyin ham u nolga teng bo'ladi:

$$\vec{P}_{Li} + \vec{P}_{He} = 0. \quad (3)$$

Bu yerdan impuls modullari uchun:

$$P_{Li} = P_{He}. \quad (4)$$

Zarralar impulslari tenglamalarida ularning kinetik energiyasi tenglamalariga o'tamiz:

$$T_{Li} = \frac{P_{Li}^2}{2m_{Li}}, \quad T_{He} = \frac{P_{He}^2}{2m_{He}}. \quad (5)$$

(4) va (5) dan

$$m_{Li} T_{Li} = m_{He} T_{He}. \quad (6)$$

ni hosil qilamiz. (2) va (6) tenglamalarni birgalikda yechib,

$$T_{Li} = (m_{He}/m_{Li}) T_{He},$$

$$T_{He} = (m_{Li}/m_{He}) T_{He}$$

tenglamalarni olamiz. m_{He} va m_{Li} yadro massalar qiymatini butun songa yaxlitlab quyidagilarni topamiz:

$$T_{He} = \frac{4Q}{11} = 1,03 \text{ MeV}, \quad T_{Li} = \frac{7Q}{11} = 1,78 \text{ MeV}.$$

2-masala. Proton beriliv yadrosi bilan to'qnashganda quyidagi yadro reaksiyasi yuz beradi:



Reaksiya energiyasi topish.

Yechilishi. Yadro reaksiya energiyasi (7) ifodadan

$$\Delta E = c^2 (\sum M_1 - \sum M_2).$$

Bizning hol uchun yozsak:

$$\Delta E = c^2 [(m_{Be} + m_p) - (m_{Li} + m_n)].$$

Atomlar massalari jadvalidan Be , p , Li , n massalarini topib oxirgi ifodaga qo'yamiz ($c^2 = 931 \text{ MeV/m.a.b}$) va quyidagi qiymatni olamiz: $\Delta E = 8,6 \text{ MeV}$.

3-masala. Quyidagi fotoyadro reaksiyasining ostona energiyasi topilsin:



Yechilishi. Yuqori energiyali γ -kvantlar ta'sirida yuz beradigan yadro reaksiyalariga *fotoyadro reaksiyasi* deyiladi. Ushbu reaksiya endoenergetik reaksiya bo'lgani uchun u ostona energiyasiga egadir. (8) ifodani fotoyadro reaksiyasi uchun yozamiz:

$$T_{\text{ostona}} = [Q].$$

$$Q = c^2 (\sum M_1 - \sum M_2). \quad (1)$$

(7) ifodadan Q ni topamiz:

$$\sum M_1 = m_{He} + m_p = (11,00930 + 1,0078) \text{ m.a.b.}$$

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,

$$E_{\text{ov}}(\gamma, p) = |Q| = 15,96,$$

$$E_{\text{ov}}(\gamma, n) = |Q| = 18,72.$$

4-masala. Quyidagi reaksiyaning ostona energiyasi topilsin:

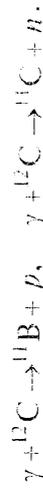


Yechilishi: Atom massalari jadvalidan hamda (7) va (8) ifodalardan foydalanib, $E_{\text{ov}} = 7,8 \text{ MeV}$ ekanligini topamiz.

5-masala. Quyidagi reaksiyaning ostona energiyasi topilsin:



Yechilishi. (7) ifoda va neytral atomlar massalari jadvalidan foydalanib, $E_{\text{ov}}(\gamma, 2n) = 18,2 \text{ MeV}$ topamiz.



6.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar

1. To'liq uzunligi $0,50 \text{ mkm}$, $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ sm}$ 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 molekulasi impulsi bilan taqqoslang. Vodorod molekulasining massasi $m = 2,35 \cdot 10^{-26} \text{ g}$.

5. To'liq uzunligi $0,5 \text{ nm}$ va monoxromatik yorug'likning sirtdan qaytish ko'rsatkisizuvchi qatlamli va u sirtda $1,43$ Pa teng bosim beradi. Sirtda yaqin joyda to'rtinchi konsentratsiyasini toping.

6. Agar rentgen nurlar to'liq $V = 50 \text{ kV}$ kuchlanishda ishlasa, uzluksiz rentgen nurlar spektridagi minimal to'liq uzunligini aniqlang.

7. Rentgen nurlari o'tkazuvchi P suvni kamaytirish uchun zarim kuchsizlaridavchi qatlamdan qanchasi kerak bo'ladi?

8. To'liq uzunligi $0,25 \text{ mkm}$ bo'lgan yorug'lik ta'sirida rux sirtdan chiqayotgan betaelektronlarning maksimal tezligi aniqlansin. Fotofelektr qizil chegarasi qancha bo'ladi?

9. To'liq uzunligi $\lambda = 2,80 \text{ nm}$ bo'lgan monoxromatik nurlar bilan nurlantirilgan mis elektronlari uchib chiquvchi fotoelektronlarning maksimal tezligi topilsin. Mis uchun elektronning chiqish ishi $P = 4,47 \text{ eV}$.

10. To'liq uzunligi $\lambda = 740 \text{ nm}$ bo'lgan foton (spektrning ko'rinuvchi sohasi) erkin elektrondan $\theta = \pi/2$ burchak ostida sochildi. Anjaqang 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 $v = 1,9 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ga teng bo'lgan α -zarrani yaqinlashib kelmoqda. Ushbu zarrani yadroga qancha masofagacha yaqinlashishi mumkin?

15. J. Tomson model 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 harakatini elastofast aniqlansin.

16. Tomson modelda osan vodorod atomining radiusi va undan chiqayotgan yorug'lik bo'lin uzunligi hisoblang. Vodorod atomining ionizatsiya energiyasi $E = 13,6 \text{ eV}$.

31. ^{16}O , ^{28}Si va ^{40}Ca yadrolarining solishtirma bog'lanish energiyalarini Veyzzycker formulasi yordamida empirik formulasidan foydalanib hisoblang.

32. O'rtacha yashash vaqti bo'lgan radioaktiv preparat yadrolarining dastlabki nusdalarining qanchasi: a) $t = 10t$ vaqtidan keyin qoladi; b) $T_{1/2} = t$ vaqt o'taig'ida yemiriladi?

33. Biror radioaktiv moddaning o'rtacha yashash vaqti $t = 1,00$ s. Yadroning T parchalanish 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}I yadrosining birinchi sutkadagi yemirinish ehtimolligi ikkinchi sutkadagi yemirinish ehtimolligidan qancha marta kattar?

36. Parchalanish doimiyi ma'lum deb hisoblab, radioaktiv parchalanish qonunidan kelib chiqqan holda quyidagi kattaliklarni aniqlang: a) radioaktiv yadro parchalanish davri $T_{1/2}$; b) yadroning o'rtacha yashash vaqti τ ; d) $T_{1/2}$ va τ kattaliklar orasidagi bog'lanishlar.

37. Preparat tayyorlangandan keyingi ikkinchi hafta davomida radioaktiv fosfor ^{32}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?

17. Vodorod atomining n -orbitalidagi elektroning harakatiga mos keluvchi tok zichligini aniqlang.

18. Vodorod atomi birinchi Bohr orbitasidagi elektroning magnet momenti aniqlansin.

19. Vodorod atomi uchun Balmerning birinchi uchun seriyasiga mos ketuvchi to'liq uzunliklarini aniqlang. Rydberg doimiyisi $R = 109677,58 \text{ cm}^{-1}$.

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 chiziqni hisoblang.

21. Layman, Paschen, Brekett va Pfundning bittachin uchta seriyasiga mos ketuvchi to'liq uzunligini aniqlang.

22. Alyuminiy ^{27}Al yadrosining bog'lanish energiyasini toping.

23. Kislород ^{16}O yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasini toping.

24. Veyzzycker formulasiidan foydalangan holda ^{238}U va ^{235}U yadrolari uchun solishtirma bog'lanish energiyasini aniqlang.

25. Bir xil proton va neytronlarga ega, radiusi esa ^{27}Al yadrosidan bir yarim marta kichik bo'lgan yadroning bog'lanish energiyasini toping.

26. Neytronning kislород ^{16}O yadrosidagi bog'lanish energiyasini toping.

27. Agar ^{20}Ne , ^4He va ^{12}C yadrolarining bir nukloniga to'g'ri keluvchi energiyalari 8,03, 7,07 va 7,68 MeV ga teng bo'lsa, ^{20}Ne va ^{12}C yadrolari ikkita α -zarraga bo'lish uchun kerak bo'lgan energiyani hisoblang.

28. Yadro moddasining o'rtacha zichligi va yadro hajmining nuklonlar egallagan qismini toping.

29. Ushbu: a) ^7Li yadrosining bog'lanish energiyasi 41,3 MeV; b) ^{12}C yadrosining bir nukloniga to'g'ri ketuvchi bog'lanish energiyasi 6,04 MeV bo'lsa, ularning massalarini m.a.b.larda hisoblang.

30. ^3He , ^4He , ^7Li yadrolarining solishtirma bog'lanish energiyalarini taqqoslang.

MUSTAQILYECHISHGA DOJR MASALALARNING
JAVOBLARI

I BOB

2. $x=86.6t$; $y=400+50t$; $y=400+0.58x$. 3. $v=30$ s; $C=3$ m/s; $S_{af}=45$ m. 4. 12 m/s. 5. 20 s. 6. 54 m. 7. 1) $C_{10}=10+0.8t$ tezlanuvchan; 2) $C_{20}=2-2t$, sekinlanuvchan, 1 s dan keyin tezlanuvchan; 3) $C_{30}=-4+4t$ sekinlanuvchan, 1 s dan keyin tezlanuvchan; 4) $C_{40}=-1-12t$ tezlanuvchan. 8. 360 m/s². 9. $\frac{5}{\pi d t}$; $\frac{2S^2}{d t^2}$. 10. 0,8 s⁻¹. 11. 20 t. 12. 2 m/s. 13. 15 t. 15. 2 m/s². 16. 2 t. 17. Agar qo'ldan chiqarib yuborilsa, unda kosmonavtning kemog' nisbatan vaziyati o'zgarmaydi; agar otib yuborsa, unda kosmonavt ham harakatga keladi. 18. 1 sm. 19. 3,8 m/s². 20. 8,8 m/s². 21. 500 kg. 22. 6 sm. 23. 49 marta. 24. 4 s. 25. Son jihatdan $\frac{2}{2}(2h-1)$ ga teng. 26. $v_0 = \frac{h-b}{2h} \sqrt{2gh}$. 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; gorizontalga 59° burchak osida. 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 perpendikular holda. 34. 3,6 km/s.

II BOB

1. 2 m³, 2 m³. 2. N_A/M ; $N_A c/M$; $N_A p/M$; $N_A cV/M$. 3. $3.9 \cdot 10^{16}$. 4. 10° atrofida. 5. 710 m/s. 6. 10^{20} J. 7. 6 marta ortadi. 8. 127°C. 9. $6 \cdot 10^3$ J; $2 \cdot 10^{26}$ m³. 10. 10^{27} . 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. $m < \frac{M_A V}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = 17,7$ g. 18. 9.5 l. 19. 390 MJ. 20. 677°C. 21. 50 sm³. 22. 210. 23. $\frac{F_{atf} h}{V} \rho_0$. 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. 6,3 kJ. 31. $\frac{c_p M}{c_p M - R} = 1,4$ marta.

108

32. $\Delta U = 12.4$ kJ. 33. 20.7 kJ. 33. 20 min; 700 l. 34. 80 l va 120 l.

III BOB

1. 10 sm. 3. 2 mm. 4. $\frac{1}{2} \rho_0 v_0^2$. 5. a) bir xil; b) ikkinchisining og'ish burchagi katta. 6. 10 kV/m. 10 kV/m. 7. Zaryadlarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziqda $1/\sqrt{a}$ va katta zaryaddan $2/3a$ masofada, o'sha chiziqda hechil zaryaddan a va katta zaryaddan $2a$ masofada. 8. 3 pF. 1.2 pC/m; 0; 90 kV/m. 10. 20 kV/m. 11. 30 kV/m; 0. 12. 2. 13. kamayadi; o'zgarmaydi. 14. 10 pJ; -10 pJ. 15. $1.6 \cdot 10^{-14}$; $1.6 \cdot 10^{-13}$; 5.9 Mm/s. 16. 20 kV/m. 17. 3000; 1800. 18. 4.5 pJ ga ortadi. 19. Ikkinchisida 100 marta ko'p. 20. 2.0 pF. 21. Muhtim emas. 22. 1 sm. 23. 310 nC. 24. $(v+1)/2$ marta ortgan; o'zgaragan; $(v+1)/2$ marta kamaydi. 25. 220 pJ. 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 m/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/s²; 0,2 m/s². 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/s². 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/s². 7. 4 kg. 8. 2 marta kamayadi. 9. 18 sm; 50 sm. 10. 2 marta kamayadi. 11. $\sqrt{1 + \frac{gE}{mg}}$ 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 pS. 16. 710 kHz dan 71 MHz gacha. 17. $Q=0.6$ J. 18. $I_m = 0.1$ A. 19. $e=0$; $\Gamma \sin 10\pi t$, ramka tekisligiga o'fkazilgan normal kuch chiziqdagi parallel 5 s; 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. Gorizontalga

- 45° burchak ostida. **9.** O'zgaraydi. **10.** 49°. **11.** 52°. **12.** 39°. **13.** 14 sm. **14.** 1,1 m. **15.** 27°. **37°**. **16.** 56°. **17.** 5 D. **18.** 50 sm; 4 marta kattalashirilgan. **19.** 16 sm. **20.** -7,5 D. **21.** $\frac{mF}{m+1}(m+1)$ marta. **22.** Yonitilganlik kamayadi. **23.** 1 ms. **24.** 2,5 D. **25.** 2 D.

VI BOB

- 1.** 2,5eV/c. 5eV/c. 0,6eV/c. **2.** $1,15 \cdot 10^{-10}$ J; $1,38 \cdot 10^{-10}$ kg; $4,1 \cdot 10^{-22}$ kg·m/s. **3.** $m=hv/c=h/\lambda$; $\lambda \approx 0,44 \cdot 10^{-9}$ g. **4.** $p=hv/c=h/\lambda \approx 1,3 \cdot 10^{-22}$ g·sm/s. Vodorod molekulası impulsı $p \approx \sqrt{3kT M} \approx 5,4 \cdot 10^{-19}$ g·sm/s. **5.** $2 \cdot 10^{-5}$ m². **6.** 41 pm. **7.** $a = \ln 128 / \ln 2 \approx 7$. **8.** $6,5 \cdot 10^5$ m/s; $\approx 0,33$ mkm. **9.** $v_{\max} = c \sqrt{\frac{2}{m_0 c^2} \left(\frac{hc}{\lambda} - p \right)} = 527$ km/s. **11.** 1) $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ m; $r_2 = 2,12 \cdot 10^{-10}$ m; $r_3 = 4,47 \cdot 10^{-10}$ m; 2) $v_1 = 2,19 \cdot 10^6$ m/s; $v_2 = 1,1 \cdot 10^6$ m/s; $v_3 = 7,3 \cdot 10^5$ m/s. **12.** $2,27 \cdot 10^{30}$. **13.** $E_1 = 5,13 \cdot 10^6$ V/cm, $E_2 = 32 \cdot 10^7$ V/cm. **14.** $r \approx 3,0 \cdot 10^{-14}$ m. **15.** $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{e^2}{m r}}$, bu yerda $a =$ musbat zaryadlangan sfera radiusi, ya'ni Thomson atomining radiusi; $e =$ elektronning zaryadi va $m =$ elektronning massasi. **16.** $r \approx 0,16$ nm.

$\lambda = 0,24$ mkm. **17.** $j = ev = \frac{emv}{2\pi m r}$. **18.** $f_{\text{rot}} = \frac{e^2 \omega}{2\pi q} = 9,27 \cdot 10^{24}$ A·m².

- 19.** $r = 2,42 \cdot 10^{-13}$ m. **20.** 212 pm. **21.** Uchunchi orbiadan ikkinchisiga, ikkinchidan birinchisiga va uchinchidan birinchigacha o'tganda turli energiyali kvantlar chiqadi. **22.** 1 Mm/s. **23.** 12,1 eV.

26. $v_{\text{rot}} = 0,82 \cdot 10^{15}$ Hz; $v_{\text{orb}} = 0,45 \cdot 10^{15}$ Hz. **27.** $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$; $H_{\alpha} = 656,3$ nm; $H_{\beta} = 486,1$ nm; $H_{\gamma} = 434,0$ nm. **28.** $v_1 = 4,57 \cdot 10^{14}$ Hz; $v_2 = 6,9 \cdot 10^{14}$ Hz. **29.** $\lambda_1 = 121,6$ nm;

- $\lambda_2 = 1875,1$ nm. **30.** $\lambda = 1,097 \cdot 10^{-7}$ m. **31.** $n = 4$. **0,5** mkm; $\lambda_{\text{H}} = 7,40 \cdot 10^{-7}$ sm. **32.** $\lambda = 1,097 \cdot 10^{-7}$ m. N uchun $m_{\text{H}} = 1,00783$, ${}^{17}\text{Al}$ uchun $m_{\text{H}} = 1,007825$ uchun $m_{\text{H}} = 1,00867$. Demak, $\Delta m = [13 \cdot 1,007825 + 4 \cdot 1,00867] - 16,98154$ m.a.b. yoki $\Delta m = 0,24163$ m.a.b. $E = \Delta m c^2 = 22,756$ MeV. **32.** Veyszekker formulasiidan foydalanib, atombirlik bog'lanish energiyasini topamiz, ya'ni $\epsilon_{\text{H}} = 13,6$ MeV. $\epsilon_{\text{Al}} = 13,6$ MeV. $\epsilon_{\text{Ni}} = 8,69$ MeV. **33.** ${}^8\text{Be}$. $E_{\text{top}} = 56,5$ MeV. $E_{\text{H}} = 13,6$ MeV. $E_{\text{He}} = 2 \cdot 4 \epsilon_{\text{H}} = 11,9$ MeV, bu yerda $\epsilon =$ yadrodaagi nuklonning bog'lanish energiyasi. **38.** $E(\text{V}) = 6,38$ MeV; $E(\text{H}) = 7,37$ MeV; $E(\text{He}) = 8,45$ MeV. **39.** a) $8,0225$ m.a.b.; b) $10,0115$ m.a.b.; $\epsilon({}_2^4\text{He}) = 7,07$ MeV; $\epsilon({}_2^3\text{He}) = 2,87$ MeV; $\epsilon({}_2^3\text{H}) = 5,61$ MeV. Bundan ${}^3_2\text{He}$ yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasi qolgan qo'shni yengil yadrolardan katta ekanligini ko'ramiz.

1. *Mumtinov T.M., Yoʻlqarov A.V., Xolmatovlar Sh.X.* Atom yadrosi va zarqalar fizikasi. — T.: Oʻzbekiston fan va taʼlim nashriyoti, 2009.
2. *Axtedova G., Maminovlar O.B., Yoʻlqarov I.* Atom fizikasi. — T.: «Istiqbol», 2013.
3. *Сивухин Д.В.* Общия 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., Песер Ю.А., Демидова Л.С., Сенгал В.А.* Основы квантовой теории и атомной физики. Учеб. пособие. — Тула, 2003.
5. *Шварцский 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. *Векторов Р.В.* Atom yadrosi va zarqalar fizikasi. — T.: «Oʻqituvchi», 1994.
7. *Шароков Ю.М., Юсупов Н.П.* Ядерная физика. — М.: «Наука», 1980.
8. *Polynov S.R., Katokeyev Z., Karaxodiyev A., Ruzitov Sh.M.* Atom fizikasidan masalalar toʻplami. Oʻquv qoʻllanma. — T.: OʻZMU, 2006. M.: «Atomizdat», 1971.
9. *Иродов И.Е.* Сборник задач по атомной и ядерной физике. — М.: «Атомиздат», 1971.
10. *Иродов 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 toʻplami. — T.: «Oʻqituvchi», 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., Vorobov A.* Fizikadan masalalar toʻplami. — T.: «Oʻzbekiston», 1997.

boʻzishi	3
I BOV. MEKANIKA	
1.1-§. Kinematika	5
1.2-§. Dinamika	34
1.3-§. Statika	36
1.4-§. Qatʼiq jismlar dinamikasi	58
1.5-§. Gidrostatika	62
1.6-§. Suvadiflar va gazlar dinamikasi	72
1.7-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	76
II BOV. MOLEKULLAR FIZIKA	
1.1-§. Molekulyar-kinetik nazariya. Mustaqil yechish uchun masalalar	96
1.2-§. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy qonunlari	98
1.3-§. Ishchi hodisalar va termodynamika nazariyasi	99
1.4-§. Suvadif va gazlarning bir-biri bilan oʻzaro taʼsir	113
1.5-§. Maxwell, Boltzman va Maksvel-Boltzman taqribiyoti	118
1.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	122
III BOV. ELEKTR VA MAGNETIZM	
1.1-§. Elektrosatika	129
1.2-§. Oʻzgaruvchan tok doimiy	143
1.3-§. Elektromagnit zaryadlar va toklar	156
1.4-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	166
IV BOV. TERMANDINAMIKA VA TOʻLQINLAR	
1.1-§. Mexanik tebranishlar va toʻlqinlar	172
1.2-§. Elektromagnit tebranishlar va toʻlqinlar	174
1.3-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	183
V BOV. OPTIKA	
5.1-§. Oʻrinli yulduzlar yulduz va yulduz qoʻlma-qoʻlmasi	186
5.2-§. Fotometriya	196
5.3-§. Yulduzlik inqilabiyati	202
5.4-§. Yulduzlik diffraksiyasi	206
5.5-§. Yulduzlikning qublanishi	209
5.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	212
VI BOV. KVANT MEKANIKASI, ATOM YADROSINI	
6.1-§. Elektromagnit nurlanishning kvant xususiyatlari	219
6.2-§. Bor atomi	230
6.3-§. Atom yulduzining kvant xususiyatlari	235
6.4-§. Radioaktivlik	240
6.5-§. Yadro reaksiyasi	249
6.6-§. Mustaqil yechish uchun masalalar	254
Mustaqil yechish uchun masalalar toʻplami	258
Adabiyotlar roʻyxati	262

S.R.Pobornov, A.S.Daliyev,
E.X.Bezorov, G.S.Patrasov

UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI

«HOD-PRESS» nashriyoti
Litsenziya №270

Muharrir *Sh. Rahimjoniyev*
Musahhib *Yu. O'rinov*
Dizayner *R. Tashmatov*
Sahifatovchi *G. Karbanbayeva*

Boshiga 10.12.2019-yil ruxsat berildi. Qog'oz birligi 60x84 $\frac{1}{16}$.

«Times-TAD» guruhurasi.

Shartli bosma tabe'gi 16/20. Nashr bosma tabe'gi 16,5.

Adadi 200. Buyurtma № 115

«Dizayn-Print» MChJ O'ChK bosmaxonasi: chop etildi.
100054, Toshkent shahri, Cho'pon ota ko'chasi, 28-a uy.

Telefon: (71) 773-19-50, 273-19-51