

X.S. DALIYEV, E.X. BOZOROV

UMUMIY
FIZIKADAN
MASALALAR
TO'PLAMI



53
Q-17

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLYIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

X.S. DALIYEV, E.X. BOZOROV

UMUMIY
FIZIKADAN
MASALALAR
TO'PLAMI

-13712/16-

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'рта maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan Oliy o'quv yurtlari talabarlari uchun darslik sifatida tavsiya
etilgan*

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI CHIRCHIQ DAVLAT
PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI

Toshkent
«Tafakkur avlodi»
2021

..... 5	117
..... 7	118
..... 26	120
..... 39	128
..... 48	129
..... 55	131
..... 58	140
..... 61	142
..... 78	144
..... 81	148
..... 85	149
..... 95	151
..... 98	155
.. 103	157
.. 109	159
.. 111	161
.. 114	164
	168

UO'K: 53(076.1)
KBK: 22.3ya7

D 17

Daliyev, X.S., Bozorov, E.X.

Umumiy fizikadan masalalar to'plami [Matn]: darslik
/ X.S.Daliyev, E.X.Bozorov. – Toshkent: «Tafakkur
avlodi», 2021. 256 bet.

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

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

UO'K: 53(076.1)
KBK: 22.3ya7

ISBN 978-9943-6898-3-1

© X.S.Daliyev, E.X.Bozorov
© «Tafakkur avlodi», 2021

MUNDARIJA

I BOB. MEXANIKANING FIZIK ASOSLARI

1-§. Kinematika.....	5
Masala yechish uchun namunalar.....	7
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	26
2-§. Dinamika.....	39
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	48
3-§. Mexanikada saqlanish qonunlari.....	55
Masala yechish uchun namunalar.....	58
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	61
4-§. Qattiq jismlar mexanikasi.....	78
Masala yechish uchun namunalar.....	81
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	85
5-§. Tebranishlar va to'lqinlar.....	95
Masala yechish uchun namunalar.....	98
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	103
6-§. Yaxlit muhit mexanikasi.....	109
Masala yechish uchun namunalar.....	111
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	114

II BOB. MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

1-§. Ideal gazning holat tenglamalari.....	117
Masala yechish uchun namunalar.....	118
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	120
2-§. Molekulyar-kinetik nazariya asoslari.....	128
Masala yechish uchun namunalar.....	129
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	131
3-§. Termodinamikaning birinchi qonuni.....	140
Masala yechish uchun namunalar.....	142
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	144
4-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.....	148
Masala yechish uchun namunalar.....	149
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	151
5-§. Real gazlar.....	155
Masala yechish uchun namunalar.....	157
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	159

III BOB. ELEKTR VA MAGNETIZM

1-§. Elektrostatika.....	161
2-§. O'zgarmas tok qonunlari.....	164
3-§. Turli muhitlarda elektr toki.....	168

4-§. Magnit maydon	177
Masala yechish uchun namunalar.....	188
Mustaqil yechish uchun masalalar	202

IV BOB. OPTIKA

1-§. Yorug'likning tabiati haqida to'liq va kvant tasavvurlar	214
2-§. Yorug'likning to'liq xossalari. Yorug'lik interferensiyasi.....	214
3-§. Yorug'lik difraksiyasi	215
4-§. Yorug'likning qutblanishi.....	216
5-§. Geometrik optika tushunchalari.....	217
6-§. Yorug'lik oqimi. Fotometrik kattaliklar.....	217
7-§. Yorug'lik dispersiyasi.....	219
8-§. Yorug'likning kvant nazariyasi. Fotonlar	219
9-§. Lazerlar	220
Masala yechish uchun namunalar.....	221
Mustaqil yechish uchun masalalar	235

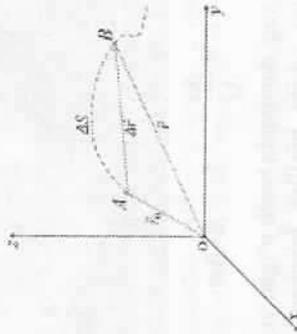
V BOB. ATOM VA YADRO FIZIKASI

1-§. Atom tuzilishi nazariyasiga kirish.....	244
2-§. To'liq-zarra dualizmi. Lui-de-broyl gipotezasi. Kvant mexanikasi haqida tushuncha	245
3-§. Elektron spini. Atom sistemasini xarakterlovchi kvant sonlari. Pauli prinsipi.....	245
4-§. Atom yadrosining tarkibi	245
5-§. Yadroning bog'lanish va solishtirma bog'lanish energiyasi. Yadro kuchlari	246
6-§. Radioaktivlik hodisasi. Radioaktiv yemirilish turlari va zararlari	247
Masala yechish uchun namunalar.....	247
ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	255

I BOB MEXANIKANING FIZIK ASOSLARI

1-§. Kinematika

Mexanikaning jismlar harakati qonunlarini bu harakatni vujudga keltiruvchi sabablarisiz o'rganadigan bo'limiga *kinematika* deb ataladi.



Amalda bosib o'tilgan yo'l ΔS ni shu yo'lni o'tish uchun ketgan vaqtga Δt ga nisbati *o'rtacha tezlik* deb ataladi.

$$\bar{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

\bar{v} - tezlik vektori; $\Delta \vec{r}$ - ko'chish vektor; Δt - o'rtacha vaqt.

$$\bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

\bar{v} - oniy tezlik vektori. [m/s].

$$|d\vec{r}| = dS$$

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right) = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

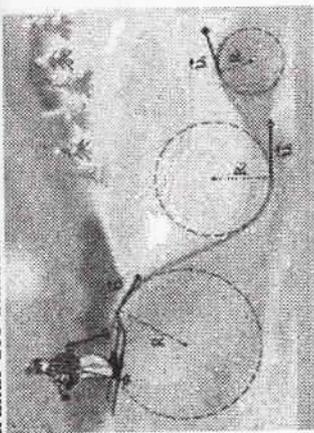
\bar{a} - tezlanish vektori [m/s^2].

$$dv = a dt \rightarrow \int_{v_0}^v dv = \int_0^t a(t) dt \quad \text{yoki} \quad v - v_0 = \int_0^t a(t) dt$$

$$a = \text{const}, \quad v = v_0 + at$$

$$dS = v \cdot dt \rightarrow s = \int_0^t (v_0 + at) dt \rightarrow s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Moddiy nuqtaning harakat trayektoriyasi aylana shaklida bo'lsa, bunday harakat **aylanma harakat** deb ataladi.



$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta s = R \cdot \Delta \varphi$$

Δs - jismning Δt vaqt davomida bosib o'tgan yo'ning uzunligi.

Jismning vaqt birligi ichida burlish burchagi aylana bo'ylab tekis harakatning **burchak tezligi** deyiladi, ya'ni:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta s}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{R \Delta \varphi}{\Delta t} \right) = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right) = R \omega$$

$$\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{R}]$$

Burchak tezligi o'zgarishining shu o'zgarish bo'lgan vaqt oralig'iga nisbati **burchak tezlanishi** deb aytiladi, ya'ni:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right) = \frac{d\omega}{dt} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right]$$

Agar $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ formulada Δt vaqt T davrga teng, ya'ni $\Delta t = T$ bo'lsa,

$\Delta \varphi = 2\pi$ ekanligini hisobga olsak, ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow v = \frac{1}{T} \rightarrow \omega = 2\pi v$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R \varepsilon$$

a_t - tangensial tezlanish.

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

a_n - markazga intilma tezlanish.

Tangensial tezlanishning burchak tezlanishga bog'liqligi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \omega}{R \cdot \Delta t} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{a}{R}$$

Jismning aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatining tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

$$\omega = \omega_0 \pm \frac{\varepsilon t^2}{2} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

ω_0 - jism harakatining boshlang'ich burchak tezligi

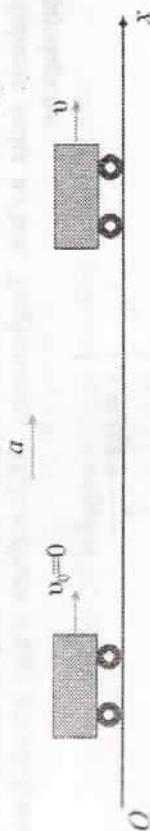
Masala yechish uchun namunalari:

1-masala. Vagon tinch holatdan $v=25 \text{ sm/s}$ tezlanish bilan harakatga keldi. Harakat boshlangandan $t=10 \text{ s}$ o'tgach, u qanday tezlikka erishadi? Uning $t=10 \text{ s}$ davomidagi o'rtacha tezligi qancha?

Berilgan: $v_0 = 0$; $a = 2,5 \text{ sm/s}^2 = 0,25 \text{ m/s}^2$; $t = 10 \text{ s}$.

Topish kerak: $v = ?$

Yechilishi:



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

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

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

$$v = v_0 + at = 0 + at \quad v = at$$

$$v_{o,n} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{v + 0}{2} = \frac{v}{2} \quad \text{yoki} \quad v_{o,n} = \frac{at}{2}$$

Demak,

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

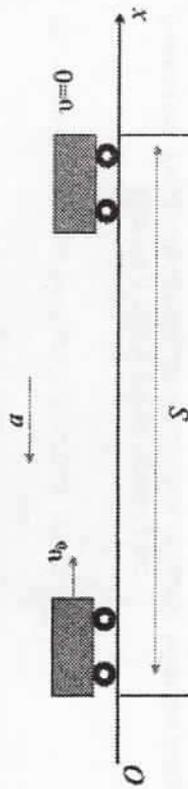
ga teng.

2-masala. Tezligi $v=12 \text{ m/s}$ bo'lgan avtobusning tormozlanish yo'li $S=54 \text{ m}$. Avtobus tormozlanish 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'qi kiritib olamiz. Avtobusning harakatini xarakterlovchi kinematik tenglamalarni vektor ko'rinishida yozib olamiz:



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

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

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

Bu yerdan boshlang'ich tezlikni topamiz:

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

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

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

va bundan,

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

kelib chiqadi.

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

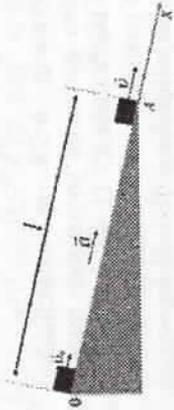
3-masala. Chang'ichi uzunligi $l=135 \text{ m}$ bo'lgan qiya tekislikdan tushmoqda. Agar tezlanishi $a=40 \text{ sm/s}^2$, boshlang'ich tezligi $v=6,0 \text{ m/s}$ bo'lsa, u pastga qancha vaqtda tushadi?

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

Topish kerak: $t=?$

Yechilishi:

Masala mazmunidan kelib chiqib chizma chizamiz hamda chang'ichining ilgariharakatini xarakterlovchi kinematik kattaliklarni chizmada ko'rsatamiz.



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

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

Tenglamaning OX koordinata o'qiga proyeksiyasi quyidagicha:

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

tenglamadan t ni topib olamiz,

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

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

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

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

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

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

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

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

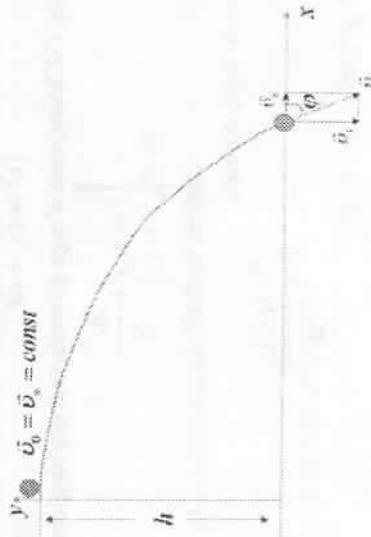
$$t = \frac{12-6}{0,4} = 15 \text{ s.}$$

4-masala. Daryoning $h=20 \text{ m}$ balandlikdagi tik qirg'og'idan $v=15 \text{ m/s}$ tezlik bilan gorizontal yo'nalishda tosh otilgan. Tosh qancha vaqtdan so'ng suvga borib tushadi? U suvga qanday tezlik bilan tegadi? Toshning suvga tegish paytidagi tezlik vektorini suv sirti bilan qanday burchak hosil qiladi? Erkin tushish tezlanishi $g=10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.

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

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

Yechilishi:



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

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

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

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

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

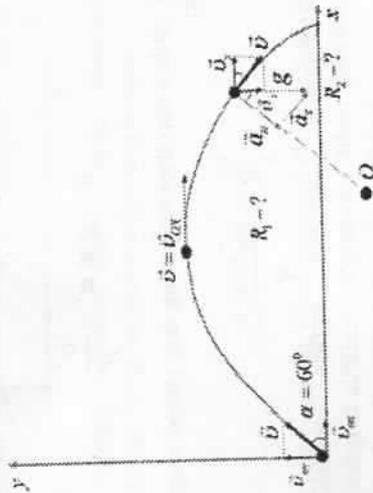
$$\operatorname{tg} \phi = \frac{gt}{v_0} = \frac{10 \cdot 2}{15} = 1,33 \quad \phi = \operatorname{arctg}(1,33) = 53^\circ$$

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

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

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

Yechilishi:



Chizmadan ko'rinish turibdiki,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(2) va (4) ifodalardan traektoriyaning eng yuqori nuqtasidagi egrilik radiusini aniqlasak,

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

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

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

ifodalardan egrilik radiusini topsak,

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

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

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

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

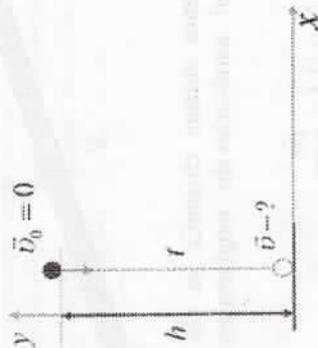
$$R_1 = \frac{10^2 \cos^2 60^\circ}{10} m = 2,5 m; \quad R_2 = \frac{10^2}{\cos 60^\circ} m = 20 m$$

6-masala. Daryo qirg'og'idan tashlangan tosh $t=3$ s dan so'ng suvga tegsa, qirg'oqning suv sirtidan balandligi qancha ekan? Toshning oxirgi tezligi qancha?

Berilgan: $t=3$ s

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

Yechilishi:



Masalaga tegishli chizma chizib, unda kinematik kattaliklarni ko'rsatamiz. Jismining Y o'qi bo'ylab harakat tenglamalari

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

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

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

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

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

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

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

balandligi $h = \frac{9,81 \cdot 3^2}{2} m = 44,1 m$ hamda toshning suv sirtidagi tezligi

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

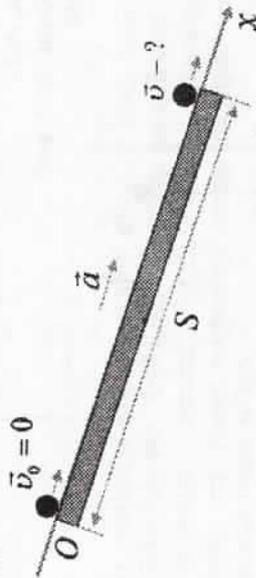
ga teng bo'lishligini hisoblab topamiz.

7-masala. Shar tarnovdan yumalab borib, $t=5 \text{ s}$ da $S=75 \text{ sm}$ yo'l o'tgan. Tezlanish va oxirgi tezlikni toping.

Berilgan: $v_0=0$; $t=5 \text{ s}$; $S=75 \text{ sm}$; $a=?$; $v=?$

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

Yechilishi:



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

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

(1) ifodani Ox o'qqa proyeksiyalaymiz,

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

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

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

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

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

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

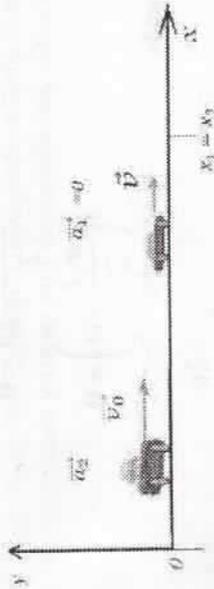
8-masala. DAN posti yonidan katta v tezlik bilan avtomobil o'tdi. U post bilan tenglashganda DAN inspektori uni boshqa avtomobilda quva boshladi. DAN inspektori avtomobilining harakatini tekis tezlanuvchan deb hisoblab, uning qochayotgan avtomobilni quvib yetgan tezligi u ni aniqlang.

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

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

Topish kerak: $u=?$

Yechilishi:



Avtomobillarning harakat tenglamalarini vektor ko'rinishida yozib olamiz:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ga ega bo'lamiz.

Masala shartida berilganlardan foydalansak

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

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

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

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

$t=0$ hamda

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

(9) va (5) dan,

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

$$u = 2v$$

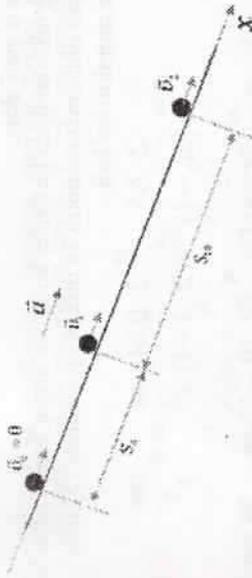
Demak, DAN inspektori qochayotgan avtomobilni quvib yetganda uning tezligi $u=2v$ ga teng bo'lar ekan.

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

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

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

Yechilishi:



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

$$\vec{S}_4 = \vec{v}_0 t_1 + \frac{\vec{a} t_1^2}{2}; \quad \vec{S}_{10} = \vec{v}_1 t_2 + \frac{\vec{a} t_2^2}{2}$$

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

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

To'rtinchi sekundda bosib o'tilgan yo'l deyilganda, $\Delta S_4 = S_4 - S_3$ ni; O'ninchi sekundda bosib o'tilgan yo'l deyilganda esa, $\Delta S_{10} = S_{10} - S_9$ ni tushunamiz.

(1) ga ko'ra,

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

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

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

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

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

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

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

formula o'rinli ekan.

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

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

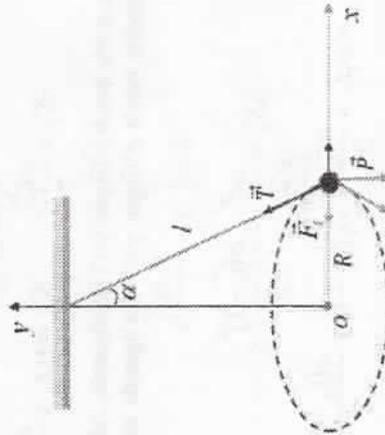
$$\Delta S_{10} = \frac{a}{2} (2t_2 - 1) = \frac{4}{2} (2 \cdot 10 - 1) sm = 38 sm.$$

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

Berilgan: $\alpha; l$

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

Yechilishi:



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

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

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

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

bundan,

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

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

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

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

boshqa tomondan $\sin \alpha = R/l$ ga teng. $R = l \sin \alpha$. Tenglamalarning chap tomonlari tengligidan ularning o'ng tomonlarini ham teng deb olishimiz mumkin:

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

bu yerda

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

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

tezlikni topsak,

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

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

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

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

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

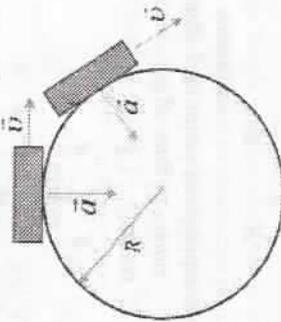
11-masala. Lokomotiv yo'lining radiusi $R=750 m$ bo'lgan burlish joyidan $v=54 km/soat$ tezlik bilan o'timoqda. Uning markazga intilma tezlanishini aniqlang. Tezligi 2 marta kamaysa, lokomotivning markazga intilma tezlanishi qanday o'zgaradi?

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

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

Yechilishi:

Masalaning mazmunini to'liq tushunib unga mos chizma chizamiz.



Aylanma harakatda markazga intilma tezlanish formulasidan foydalanib a ni topamiz:

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

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

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

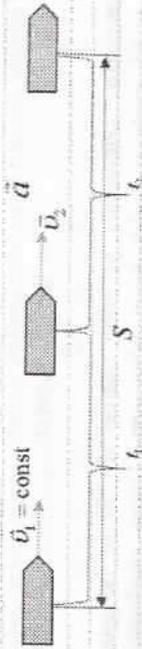
12-masala. Agar kater $t=5,0\text{ s}$ davomida $v=10\text{ m/s}$ o'zgarmas tezlik bilan harakat qilib, so'nggi $t=5,0\text{ s}$ da $a=0,50\text{ m/s}^2$ o'zgarmas tezlanish bilan harakat qilsa, u qancha yo'l o'tadi?

Berilgan: $t_1=5\text{ s}$; $v_1=10\text{ m/s}$; $t_2=5\text{ s}$; $a=0,5\text{ m/s}^2$

Topish kerak: $S=?$

Yechilishi:

Masala shartiga mos chizma chizamiz:



Masalani yechilishi uchun kinematika formulalariga murojaat qilamiz:

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

Biz bilimizki 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 lami topib olamiz. Harakatning birinchi bosqichida kater o'zgarmas tezlik bilan harakat qilgan, bunda $a=0$ bo'ladi. Shuning uchun

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

Harakatning ikkinchi qismida tezlanish bilan harakat qilgan. Bu holda:

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

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

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

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

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

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

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

Javob: 106,25 m.

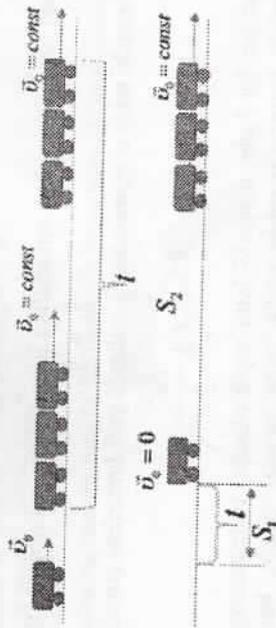
13-masala. Tekis harakat bilan borayotgan poyezddan uzib yuborilgan oxirgi vagon tekis sekinlanuvchan harakat qilgan va to'xtaguncha 1 km yo'l bosgan. Shu vaqt ichida poyezd qancha yo'l bosgan?

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

Topish kerak: $S_2=?$

Yechilishi:

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



Masala shartida bizga tormozlanish yo'li berilgan:

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

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

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

Bundan vaqtni topib olamiz:

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

Shu vaqtda poyezdni bosib o'tgan yo'li

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

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

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

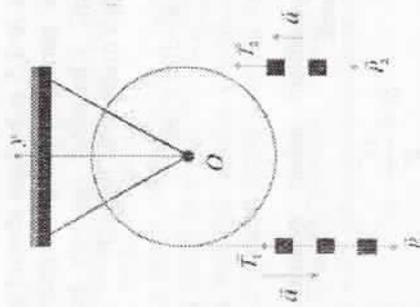
(4) dagi t ni o'rimga (2) ni qo'yamiz:

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

Javob: 2 km.

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

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



Endi bu chizmaga tegishli dinamika tenglamasini tuzib olamiz:

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

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

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

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

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

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

$$T - 2mg = 2ma$$

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

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

$$(5) = (6)$$

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

$$mg = 5ma$$

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

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

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

Javob: 2 m/s².

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

Berilgan: $R=1,5$ m; $N=30$; $t=60$ s

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

Yechilishi:

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

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

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

$$(2) \rightarrow (1) \quad a = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2 R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \quad (3)$$

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

$$(4) \rightarrow (3) \quad a = \frac{4\pi^2 RN^2}{t^2} \quad (5)$$

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

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

b) Masalaning shartiga ko'ra tezlanishimiz 2 marta katta bo'lishi uchun chastota qanday bo'lishi kerak. Demak, bunga ko'ra tezlanishni $a=29,6$ m/s² deb olamiz. Yana aylanma harakat kinematikasi formulalariga murojaat qilamiz.

$$a = \frac{v^2}{R}, \quad v = 2\pi Rv \Rightarrow a = 4\pi^2 Rv^2 \quad (1)$$

(1) dan v ni topamiz:

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

(2) ishchi formula yordamida hisoblashlarni bajaramiz.

Javob: $a=14,79$ m/s²; $v=42,44$ ay/min.

16-masala. Jismning bosib o'tgan yo'li S ning t vaqtga bog'liqligi $S = A + Bt + Ct^3$ tenglama orqali berilgan, bunda $A=4$ m, $B=2$ m/s va $C=0,5$ m/s³. 1) tezlik v ning va tezlanish a ning t vaqtga bog'liqligi, 2) harakat boshlanishidan 2 sekund o'tgandan keyin jismning bosib o'tgan yo'li, tezligi va tezlanishi topilsin.

Yechish: Tezlik v ning va tezlanish a ning vaqt t ga bog'liqligini aniqlash uchun $S = A + Bt + Ct^3$ tenglamani differensiallash kerak.

$$v = \frac{dS}{dt} = (A + Bt + Ct^3); \quad v = B + 3Ct^2 \quad \text{tezlik formulasi}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2} = (B + 3Ct^2); \quad \text{tezlanish formulasi } a = 6Ct.$$

Bosib o'tgan yo'li S ning tezlik v ning va tezlanish a ning hisoblash uchun $t = 2$ s vaqtini formulalarga qo'yib yechiladi.

$$S = A + Bt + Ct^3 = 4 + 2 + 0,5 \cdot 8 = 12 \text{ m}$$

$$v = 2 + 3 \cdot 0,5 \cdot 4 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = 6 \cdot 0,5 \cdot 2 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

17-masala: Boshlang'ich aylanish chastotasi $v_0 = 5\text{s}^{-1}$ bo'lgan g'ildirak tormozlanish natijasida aylanish chastotasi $v = 3\text{s}^{-1}$ gacha kamaygan. Shu vaqt oralig'idagi g'ildirakning burchak tezlanishi va aylanishlar soni topilsin.

Yechish: Tekis o'zgaruvchan aylanma harakat qilayotgan g'ildirak uchun quyidagi tenglamalar o'rinlidir.

$$\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad (1)$$

$$\omega = \omega_0 - \varepsilon t \quad (2)$$

$\varphi = 2\pi N$ (3) va $\omega = 2\pi v$ (4) ga tengligini e'tiborga olsak (2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin $2\pi v = 2\pi v_0 - \varepsilon t$ bundan

$$\varepsilon = \frac{2\pi(v_0 - v)}{t}; \quad \varepsilon = \frac{23,14(5 - 3)}{60} \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 0,21 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

(1) va (3) tenglamalardan foydalanib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz.

$$N = N_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{4\pi}; \quad N = 5 \cdot 60 - \frac{0,21 \cdot 60^2}{4 \cdot 3,14} = 240 \text{ ta}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1.1 Quyosh atrofiga $v=30$ km/s tezlik bilan harakat qilayotgan Yer ($r=1$ sukkada qancha S masofani o'tadi?)

Javob: $S = vt = 2592000$ km.

1.2 Agar radioto'lqinlarining havoda tarqalish tezligi $v_1=300000$ km/s va tovushning havoda tarqalish tezligi $v_2=340$ m/s bo'lsa, Moskvada mikrofon oldida so'zlayotgan kishining ovozi undan $S_2=50$ m narida o'tirgan odamga oldin eshitiladimi yoki $S_2=3000$ km masofada Toshkentda reproduktor oldida turgan radio tinglovchiga oldin eshitiladimi?

Javob: Radio tinglovchi $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{S_2}{v_2} - \frac{S_1}{v_1} = 0,137$ s oldin eshitadi.

1.3 Tezliklari mos ravishda $v_1=2500$ km/soat va $v_2=720$ km/soat bo'lgan U-144 samolyoti va IL-86 aerobusi bir vaqtda Moskvadan Toshkentga qarab uchgan. Moskva bilan Toshkent oralig'i $S=3000$ km ga teng. TU-144 samolyoti Toshkentga aerobusdan qancha oldin yetib keladi?

Javob: $\Delta t = t_2 - t_1 = S \cdot \frac{v_2 - v_1}{v_1 v_2} = 2,8$ soat

1.4 Ikki poyezd bir-biriga qarab $v_1=54$ km/soat va $v_2=72$ km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Birinchi poyezddagi passajirning hisobicha ikkinchi poyezd uning yonidan $t_2=4$ s davomida o'tgan. Ikkinchi poyezdning uzunligini toping?

Javob: $t_2 = (v_1 + v_2) \cdot t_2 = 140$ m.

1.5 Metro eskalatori $v_1=0,8$ m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar odam eskalatorga bog'langan sanoq sistemasida eskalator harakati yo'nalishida $v_2=0,2$ m/s tezlik bilan yurib borayotgan bo'lsa, u yerga nisbatan $S=25$ m masofani qancha t vaqtda o'tadi?

Javob: $t = S / (v_1 + v_2) = 25$ s

1.6 Metro eskalatori harakatlanmay turgan kishini $t_1=30$ s davomida yuqoriga olib chiqadi. Harakatlanmayotgan eskalator esa kishi $t = 2$ min. da yuqoriga chiqadi. Kishi harakatlanayotgan eskalatorda yurib qancha t vaqtda yuqoriga ko'tariladi?

Javob: $t = \frac{4t_1}{t_1 + t_2} = 24$ s.

1.7 Uzunligi $l=300$ m bo'lgan teploxod v_1 tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Tezligi $v_2=72$ km/soat bo'lgan kater harakatdagi teploxodning quyruq'idan tumshug'igacha borishi va shu masofani qaytib o'tishi uchun $t=36$ s vaqt sarf qilgan bo'lsa, teploxodning tezligi v_1 ni toping.

Javob: $v_1 = v_2 \sqrt{1 - \frac{2l}{v_2 t}} = 8,16$ m/s.

1.8 Bir-biridan $S=100$ km masofada joylashgan ikki shahar orasida daryo bo'ylab kater qatnaydi. Kater daryo oqimi bo'yicha suzganda bu masofani $t_1=4$

soatda, oqimga qarshi yo'nalishda esa $t_2=10$ soatda suzib o'tadi, daryo oqimining tezligi v_0 va katerning suvga nisbatan tezligi v ni toping.

Javob: $v_0 = \frac{S(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2} = 7,5$ km/s, $v = \frac{S(t_2 + t_1)}{2t_1 t_2} = 17,5$ km/s.

1.9 Ikki parallel temir yo'ldan uzunligi $l_1=480$ m, tezligi $v_1=54$ km/soat bo'lgan yuk poyezdi va uzunligi $l_2=120$ m, tezligi $v_2=108$ km/soat bo'lgan yo'lovchi poyezdi harakatlanmoqda. Ular bir tomonga va qarana-qarshi tomonga harakatlanayotgan bo'lsa, harakatning mos ravishda u_1 va u_2 nisbiy tezliklari qanday bo'ladi? Qancha t_1 va t_2 vaqtlar davomida bir poyezd ikkinchi poyezd yonidan o'tadi?

Javob: $u_1 = v_2 - v_1 = 15$ m/s; $t_1 = \frac{l_1 + l_2}{v_2 - v_1} = 40$ s

$u_2 = v_2 + v_1 = 45$ m/s; $t_2 = \frac{l_1 + l_2}{v_2 + v_1} = 13,3$ s

1.10 Ko'rish sezgisi $t_0=0,1$ s davomida saqlanadigan bo'lsa, $v_1=72$ km/soat tezlik bilan ketayotgan poyezddagi yo'lovchi $v_2=54$ km/soat tezlik bilan vagonning uzunligini $l=20$ m dan deb hisoblang.

Javob: $t = \frac{l}{v_2 + v_1} = 0,57$ s > t_0 - sanashga ulgura oladi.

1.11 Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofa $S_1=1,5 \cdot 10^8$ km, Oydan Yergacha bo'lgan masofa esa $S_2=3,8 \cdot 10^5$ km. Yorug'lik nuri Quyoshdan Yergacha qancha t_1 vaqtda va Oydan Yergacha qancha t_2 vaqtda yetib keladi? Yorug'likning tarqalish tezligi $v=3 \cdot 10^8$ m/s.

Javob: $t_1 = S_1 / v = 500$ s = 8,3 min; $t_2 = S_2 / v = 1,3$ s.

1.12 Teploxodning qirg'oqqa nisbatan harakat tezligi oqim yo'nalishida $u_1=36$ km/soat, oqimga qarshi yo'nalishda esa $u_2=28,8$ km/soat bo'lsa, teploxodning suvga nisbatan tezligi v ni va oqimning qirg'oqqa nisbatan tezligi v_0 ni toping.

Javob: $v = \frac{u_1 + u_2}{2} = 5$ m/s, $v_0 = \frac{u_1 - u_2}{2} = 1$ m/s.

1.13 $v_0=1$ m/s tezlik bilan oqayotgan daryoda suvga nisbatan $v=18$ km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan katerning quyidagi hollardagi qirg'oqqa nisbatan tezligini toping: 1) oqim bo'yicha suzgandagi u_1 ; 2) oqimga qarshi suzgandagi u_2 ; 3) oqimga tik suzgandagi u_3 .

Javob: $u_1 = v + v_0 = 6$ m/s; $u_2 = v - v_0 = 4$ m/s; $u_3 = \sqrt{v^2 + v_0^2} = 5,1$ m/s.

1.14 Kater daryo oqimiga tik ravishda suvga bog'langan sanoq sistemasida $v_1=4$ m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar daryoning kengligi $h=800$ m, suvning tezligi esa $v_2=1$ m/s bo'lsa, kater oqim bo'yicha qancha S masofani suzib o'tadi?

Javob: $S = v_1 t = v_0 \cdot \frac{h}{v} = 200$ m.

1.20 Velosipedchining tezligi $v_1=36$ km/soat, uning harakatiga qarshi esayotgan shamolning tezligi esa $v_2=4$ m/s. Velosipedchiga bog'langan sanoq sistemasida shamol tezligi qancha?

Javob:

1.21 Metro eskalatori $v_1=0,75$ m/s tezlik bilan harakatlanadi. Yo'lovchi sanoq sistemasida eskalatorning harakatlanish yo'nalishida $v_2=0,25$ m/s tezlik bilan yurib borayotgan bo'lsa (sanoq sistemasi eskalator bilan bog'langan), u yerga nisbatan $S=20$ m masofaga ko'chishi uchun ketadigan vaqtni aniqlang.

Javob:

1.22 Ikki poyezd bir-biriga tomon $v_1=72$ km/soat va $v_2=54$ km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Birinchi poyezddagi kishi ikkinchi poyezd uning yonidan $t=14$ s davomida o'tganligini aniqladi. Ikkinchi poyezdning uzunligi qancha?

Javob:

1.23 Qayiqning suvga nisbatan tezligi daryo oqimining tezligidan n marta katta. Ikki manzil orasidagi masofani qayiqda oqimga qarshi suzib o'tish uchun oqim bo'yicha o'tishga qaraganda necha marta ko'p vaqt ketadi? Masalani $n=2$ va $n=11$ bo'lgan hollar uchun yeching.

Javob:

1.24 $S=240$ m li masofaga qayiqda avval oqimining tezligi $v_1=1$ m/s bo'lgan daryoda, keyin esa ko'lda borib qaytish lozim. Ikkala holda ham qayiqning suvga nisbatan tezligi $v_2=5$ m/s. Masalani umumiy holda yechib, daryoda borib qaytish uchun kelgan vaqt ko'lda borib qaytish uchun kelgan vaqtdan doim ko'p bo'lishini isbotlang. Mazkur holda qayiqning daryoda harakatlanish vaqti uning ko'lda harakatlanish vaqtidan qancha ko'p?

Javob:

1.25 Metro eskalatori harakatlanmay turgan yo'lovchini $t_1=1$ minut davomida yuqoriga olib chiqadi. Harakatlanayotgan eskalatoridan yo'lovchi $t_2=3$ minutda ko'tariladi. Yo'lovchi harakatlanayotgan eskalatorda yuqoriga yurib, qancha vaqtda ko'tariladi?

Javob:

1.26 Tezligi $v_1=16,5$ m/s bo'lgan yuk avtomobil orqasida tezligi $v_2=20$ m/s bo'lgan yengil avtomobil harakatlanmoqda. Quvib o'ta boshlash momentida yengil avtomobil haydovchisi qarshi tomondan shaharlararo qatnaydigan avtobusni ko'rib qoldi. Bu avtobusning harakat tezligi $v_3=25$ m/s. Quvib o'ta boshlashda yengil mashina yuk mashinasidan $l_1=15$ m orqada bo'lib, quvib o'tish oxirida yuk mashinasidan $l_2=20$ m oldinda bo'lishi uchun avtobusgacha eng kamida qancha masofada yengil mashina quvib o'tishni boshlashi mumkin?

Javob:

1.27 Vertolyot shimol tomonga $v=20$ m/s tezlik bilan uchdi. Agar g'arb tomonga $v_{sh}=10$ m/s tezlik bilan shamol essa, vertolyot qanday tezlik bilan va meridianga nisbatan qanday burchak ostida uchadi?

Javob:

1.15 Yuk avtomobilning harakat tenglamasi $x_1=-270+12t$ ko'rinishda, o'sha shossening chetida borayotgan piyodaning harakat tenglamasi $x_2=-1,5t^2$ ko'rinishda. Rasm chizing (x o'qini o'ngga yo'naltiring) va avtomobilning hamda piyodaning boshlang'ich paytidagi vaziyatlarini ko'rsating. Avtomobil va piyoda qanday tezliklarda va qanday yo'nalishlarda harakatlangan? Ular qachon va qayerda uchrashgan?

Javob:

1.16 Shosseda ikki mototsiklchi bir xil yo'nalishda harakatlanmoqda. Birinchi mototsiklchining tezligi $v_1=10$ m/s. Ikkinchi mototsiklchi uni $v_2=20$ m/s tezlik bilan quvib yetmoqda. Vaqtning boshlang'ich momentida ular orasidagi masofa $L=200$ m. Mototsiklchilarning Yerga bog'langan sanoq sistemasidagi harakat tenglamalarini yozing. Bunda vaqtning boshlang'ich momentida ikkinchi mototsiklchi turgan joyini koordinata boshi deb va mototsiklchilarning harakat yo'nalishini x o'qining musbat yo'nalishi deb oling. Ikkala mototsiklchining harakatlanish grafigini bitta chizmada yasang (tavsiya qilnadigan masshtablar: 1 sm da 100 m, 1 sm da 5s). Mototsiklchilarning uchrashish vaqti va joyini toping.

Javob:

1.17 Avtobus va mototsiklchi bir-biriga tomon mos ravishda 10 va 20 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Kuzatish boshlangan paytda ular orasidagi masofa 600 m ga teng bo'lgan. X o'q avtobus harakatlanayotgan tomonga yo'nalgan va $t=0$ da avtobusning vaziyati sanoq boshi bilan mos tushadi deb hisoblab, avtobus va mototsiklchi uchun $x=x(t)$ tenglamalarini yozing. Bu bog'lanishlarni bitta chizmada ikkita grafik ko'rinishida tasvirlang (tavsiya qilnadigan masshtablar: 1 sm da 100 m; 1 sm da 10 s). a) avtobus hamda mototsiklchining uchrashish vaqti va joyini; b) 10 s dan keyin ular orasidagi masofani; d) avtobus koordinatasi 250 m bo'lgan nuqtadan o'tayotganda mototsiklchi qayerda bo'lganini; e) vaqtning qaysi momentlarida ular orasidagi masofa 300 m bo'lganini toping.

Javob:

1.18 Moddiy nuqtaning harakatlanish tenglamalari $y=1+2t$ va $x=2+t$ berilgan. $y=y(x)$ trayektoriya tenglamasini yozing va XOY tekislikda trayektoriya yasang. $t=0$ da nuqtaning vaziyatini, harakat yo'nalishini va tezligini ko'rsating.

Javob:

1.19 Samolyot kuzatish boshlangan paytda boshlang'ich koordinatalari $x_0=0$, $y_0=400$ m bo'lgan nuqtada bo'lib, XOY vertikal tekislikda gorizontga 30° burchak ostida $v=100$ m/s tezlik bilan tekis va to'g'ri harakatlangan. Koordinatalarning vaqtga bog'liqlik tenglamalari $x=x(t)$, $y=y(t)$ va trayektoriya tenglamasi $y=y(x)$ ni yozing.

Javob:

1.28 Qayiq daryoning bir qirg'og'idan ikkinchisiga o'tayotib daryoning oqimiga perpendikulyar ravishda suvga bog'langan sanoq sistemasida 4 m/s tezlik bilan harakatlanadi. Agar daryoning kengligi 800 m, oqimning tezligi 1 m/s bo'lsa, oqim qayiqni nechta metr ga surib ketadi?

Javob:

1.29 Suvga bog'langan sanoq sistemasida tezligi $v=6$ m/s bo'lgan motorli qayiq daryo orqali eng qisqa yo'ldan o'tishi lozim. Agar daryo oqimining tezligi $v_0=2$ m/s bo'lsa, daryoning bir qirg'og'idan ikkinchi qirg'og'iga suzib o'tishi uchun qayiq qirg'og'ga nisbatan qanday yo'nalishda harakatlanishi lozim? Qayiqning yerga nisbatan tezligi qanday?

Javob:

1.30 Vertolyot shamolsiz kunda shimolga qarab $v=90$ km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar meridianga 45° burchak ostida shimoli g'arb tomondan shamol esadigan bo'lsa, vertolyotning tezligi va holati qanday bo'lishini toping. Shamolning tezligi $v^*=10$ m/s.

Javob:

1.31 Velosipedchi dastlabki $t_1=5$ s da $S_1=40$ m, keyingi $t_2=10$ s da $S_2=100$ m va oxirgi $t_3=5$ s da $S_3=20$ m yurgan. Yo'lining har qaysi qismidagi va butun yo'ldagi o'rtacha tezliklarini toping.

Javob:

1.32 Avtomobil yo'lining birinchi yarmini $v_1=10$ m/s, ikkinchi yarmini esa $v_2=15$ m/s tezlik bilan o'tdi. Butun yo'ldagi o'rtacha tezlikni toping. O'rtacha tezlik v_1 va v_2 ning o'rtacha arifmetik qiymatidan kichik ekanligini isbotlang.

Javob:

1.33 Birinchi parovoz S yo'lining yarmi ($s_1 = S/2$) ni $v_1=20$ m/s tezlik bilan, qolgan yarmi ($s_2 = S/2$) ni esa $v_2=10$ m/s tezlik bilan o'tdi. Ikkinchi parovoz o'tish vaqtining yarmi ($t_1 = 1/2$) da $v_3=20$ m/s tezlik bilan, qolgan yarmi ($t_2 = 1/2$) da esa $v_4=10$ m/s bilan yurdi. Birinchi va ikkinchi parovozning o'rtacha tezliklari $v_{or,1}$, $v_{or,2}$ ni toping.

Javob: $v_{or,1} = \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2} = 13,3$ m/s; $v_{or,2} = \frac{v^* + v_2}{2} = 15$ m/s.

1.34 Yong'in o'chirish avtomobili yo'lining yarmini $v_1=60$ km/soat tezlik bilan, yo'lining qolgan qismini o'tish uchun kerak bo'lgan vaqtning yarmida $v_2=25$ km/soat tezlik bilan, qolganini esa $v_3=35$ km/soat tezlik bilan o'tgan bo'lsa, avtomobilning butun yo'ldagi o'rtacha tezligi v_{or} ni km/soatlarda toping.

Javob: $v_{or} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{2v_1 + v_2 + v_3} = 40$ km/soat

1.35 Yong'in o'chirish avtomobili dovonga ko'tarilishda $v_1=15$ m/s tezlik bilan, dovondan tushishda esa $v_2=72$ km/soat tezlik bilan harakat qilgan. Dovondan tushish yo'li S_2 ko'tarilish yo'li S_1 dan ikki marta uzun ($S_2=2S_1$) bo'lsa, avtomobilning butun yo'ldagi o'rtacha tezligi v_{or} ni toping.

Javob: $v_{or} = \frac{3v_1 \cdot v_2}{2v_1 + v_2} = 18$ m/s

1.36 ZIL-130 yong'in o'chirish avtomobili tekis yo'l bo'ylab $v_1=72$ km/soat tezlik bilan $t_1=1$ min, so'ngra $v_2=54$ km/soat tezlik bilan yuqoriga $t_2=2$ min, $v_3=108$ km/soat tezlik bilan pastga qarab $t_3=20$ s yurgan bo'lsa, avtomobilning butun yo'ldagi o'rtacha tezligi v_{or} ni toping.

Javob: $v_{or} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3} = 18$ m/s

1.37 Reaktiv samolyot A shahardan B shaharga uchishda shamolga qarshi $v_1=720$ km/soat tezlik bilan, qaytishda esa shamol yo'nalishida $v_2=1080$ km/soat tezlik bilan harakatlangan. Samolyot harakatining o'rtacha tezligi v_{or} ni toping.

Javob: $v_{or} = \frac{v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2} = 240$ m/s.

1.38 Yerdan Oygacha bo'lgan masofa $S=384000$ km. Kosmik kema bu masofaning uchdan bir qismi ($S_1=1/3S$) ni $t_1=20$ soatda, qolgan uchdan ikki qismi ($S_2=2/3S$) ni esa $t_2=60$ soatda o'tgan. Kemaning masofaning birinchi, ikkinchi qismini va butun yo'ldagi o'rtacha tezliklari $v_{or,1}$, $v_{or,2}$ va v_{or} ni toping.

Javob: $v_{or,1} = \frac{S}{3t_1} = 6400$ km/soat; $v_{or,2} = \frac{2S}{3t_2} = 4267$ km/soat;

$v_{or} = \frac{S}{t_1 + t_2} = 4800$ km/soat

1.39 Duniyoning birinchi fazogiri Yu.A. Gagarin «Vostok-1» kosmik kemasida Yer atrofida uchayotiganda $S=41580$ km masofani $v_{or} = 28000$ km/soat o'rtacha tezlikda uchib o'tgan. Uning uchish vaqti t ni toping.

Javob: $t = \frac{S}{v_{or}} = 1$ soat 29 min

1.40 Samolyot ikki shahar orasidagi masofani $v_1=75$ m/s o'rtacha tezlik bilan $t_1=5$ soatda uchib o'tgan. Qaytishda ob-havoning yomonlashganligi sababli, samolyotning tezligi $v_2=225$ km/soatgacha kamaygan bo'lsa, u qancha t_2 vaqtda qaytib kelgan?

Javob: $t_2 = t_1 \frac{v_1}{v_2} = 6$ soat

1.41 Avtomobil $a=2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qilib, $t=5 \text{ s}$ da $S=125 \text{ m}$ yo'li o'tgan. Avtomobilning boshlang'ich tezligi topilsin.

$$\text{Javob: } v_0 = \frac{2S - at^2}{2t} = 20 \text{ m/s}$$

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

Javob:

1.43 Temirchilik gurzisi bilan zagotovkaga zarb berishda gurzisi tormozlanayotganda tezlanish modul jihatidan $a=200 \text{ m/s}^2$ ga teng edi. Agar gurzining boshlang'ich tezligi $v=10 \text{ m/s}$ bo'lsa, zarb berish qancha vaqt davom etadi?

Javob:

1.44 Poyezd harakatlana boshlagandan keyin $t=10 \text{ s}$ o'tgach, $v_1=0,6 \text{ m/s}$ tezlikka erishdi. Harakat boshlangandan keyin qancha vaqt o'tgach, poyezdning tezligi $v_2=3 \text{ m/s}$ ga yetadi?

Javob:

1.45 Velosipedchi qiyalikdan pastga qarab $a=0,3 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanmoqda. Agar velosipedchining boshlang'ich tezligi $v_0=4 \text{ m/s}$ bo'lsa, $t=20 \text{ s}$ dan so'ng uning tezligi qanchaga yetadi?

Javob:

1.46 $a=0,4 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan avtomobilning tezligi qancha vaqtdan keyin $v_1=12 \text{ m/s}$ dan $v_2=20 \text{ m/s}$ gacha ortadi?

Javob:

1.47 Avtomobil tezlashayotgan hol uchun tezlikning vaqtga bog'liqligi $v=0,8t$ tenglama berilgan. Tezlik grafimini chizing va beshinchi sekund oxiridagi tezlikni toping.

Javob:

1.48 Avtomobil tinch holatidan $a=0,6 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlana boshlab, qancha vaqtda $S=30 \text{ m}$ yuradi?

Javob:

1.49 Bekatdan qo'zg'alayotgan poyezdning birinchi vagoni poyezd joyidan qo'zg'alungga qadar shu vagonning boshida turgan kuzatuvchining yonidan $t=3 \text{ s}$ da o'tadi. 9 ta vagonidan iborat butun poyezd qancha vaqtda kuzatuvchining yonidan o'tadi? Vagonlar orasidagi oraliqlarni hisobga olmang.

Javob:

1.50 $v=72 \text{ km/soat}$ tezlik bilan harakatlanayotgan avtomobil to'satdan tormozlanganda $t=5 \text{ s}$ dan keyin to'xtadi. Tormozlanish yo'lini toping.

Javob:

1.51 Tu - 154 samolyotining yerdan ko'tarilish vaqtidagi yugurish yo'lining uzunligi $S_1=1215 \text{ m}$, yerdan uzulish tezligi esa $v_1=270 \text{ km/soat}$. Shu samolyotning qo'nishdagi yugurish yo'li $S_2=710 \text{ m}$, qo'nish tezligi esa $v_2=230 \text{ km/soat}$. Ko'tarilish va qo'nish vaqtlarini hamda tezlanishlarini (moduli jihatdan) taqqoslang.

Javob:

1.52 Tezlik $v_1=15 \text{ km/soat}$ bo'lganda avtomobilning tormozlanish yo'li $S_1=1,5 \text{ m}$ ga teng. Tezlik $v_2=90 \text{ km/soat}$ bo'lganda tormozlanish yo'li S_2 qancha bo'ladi? Tezlanish ikkala holda ham bir xil.

Javob:

1.53 Moddiy nuqta tezligining vaqtga bog'liqligi $v_x=6t$ tenglama bilan berilgan. Agar harakatlanayotgan nuqta boshlang'ich ($t=0$) paytida koordinatalar boshi ($x=0$) da turgan bo'lsa, $x=x(t)$ tenglamani yozing. Moddiy nuqta $t=10 \text{ s}$ ichida qancha yo'l o'tishini hisoblab toping.

Javob:

1.54 Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi $x=0,4t^2$ ko'rinishga ega. $v_x(t)$ bog'lanishni yozing va grafik chizing. Nuqta $t=4 \text{ s}$ ichida o'tgan yo'lga son jihatdan teng bo'lgan yuzni grafikda shtrix chiziqlar bilan ko'rsating va bu yo'lni hisoblab toping.

Javob:

1.55 ZIL-130 yong'in o'chirish avtomobili boshlang'ich tezlik bilan tekis tezlanuvchan harakatlanib, $t_1=5 \text{ s}$ da $S_1=40 \text{ m}$ va $t_2=10 \text{ s}$ da $S_2=130 \text{ m}$ masofani o'tgan bo'lsa, harakatning boshlang'ich tezligi v_0 va tezlanishi a ni toping.

$$\text{Javob: } v_0 = \frac{S_2 t_1 - S_1 t_2}{t_2(t_2 - t_1)} = 3 \text{ m/s}; a = \frac{2(S_2 t_1 - S_1 t_2)}{t_2^2(t_2 - t_1)} = 2 \text{ m/s}^2$$

1.56 Reaktiv samolyot $t_1=20 \text{ s}$ vaqt davomida o'z tezligini $v_0=360 \text{ km/soat}$ dan $v_1=1080 \text{ km/soat}$ ga oshirgan bo'lsa, samolyotning harakat tezlanishi a , shu vaqt ichida o'tgan yo'li S va o'rtacha tezligi v_{or} ni toping.

$$\text{Javob: } a = \frac{v_1 - v_0}{t} = 10 \text{ m/s}^2; S = \frac{(v_0 + v_1)t}{2} = 4 \text{ km}; v_{or} = \frac{v_0 + v_1}{2} = 200 \text{ m/s}$$

1.57 Konkreti $v_0=5 \text{ m/s}$ tezlikka erishgach, muz ustida $a=-0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan xarakat qilmoqda. U to'xtaguncha t vaqt harakatlanadi, bu vaqt ichida qancha S yo'li o'tadi va qanday v_{or} o'rtacha tezlik bilan harakatlanadi?

$$\text{Javob: } t = -\frac{a}{v_0} = 10 \text{ s}; S = \frac{v_0^2}{2a} = 25 \text{ m}; v_{or} = \frac{v_0}{2} = 2,5 \text{ m/s}$$

1.58 Pristandan tekis tezlanuvchan harakat qilib ketayotgan kater $S=640 \text{ m}$ masofada $v=57,6 \text{ km/soat}$ tezlikka erishgan. Shu tezlikka erishguncha ketgan vaqt t ni, harakatning tezlanishi a ni va o'rtacha tezlik v_{or} ni toping.

$$\text{Javob: } t = \frac{2S}{v} = 80 \text{ s}; a = \frac{v^2}{2S} = 0,2 \text{ m/s}^2; v_{or} = \frac{v}{2} = 8 \text{ m/s}$$

1.67 Jism $h=45$ m balandlikdan boshlang'ich tezliksiz erkin tushmoqda. Yo'lining pastki yarmini ($h = h/2$) dagi o'rtacha tushish tezligi v_{or} ni toping.

Javob: $v_{or} = \frac{1 + \sqrt{2}}{2} \sqrt{gh} = 25,3 \text{ m/s}$

1.68 Agar jism tushishining oxirgi sekundida $S=75$ m yo'l o'tgan bo'lsa, u qanday balandlikdan tushgan?

Javob: $h = (2S + g)^2 / 8g = 320 \text{ m}$.

1.69 Erkin tushayotgan jism oxirgi $t_f=2$ s da $h_1=98$ m yo'lni o'tgan bo'lsa, jismning tushish vaqti t va tushish balandligi h ni toping.

Javob: $t = \frac{t_1}{2} + \frac{h_1}{gt_1}$; $h = \frac{g}{2} \left(\frac{t_1}{2} + \frac{h_1}{gt_1} \right)^2 = 176,4 \text{ m}$.

1.70 $h=245$ m balandlikdan erkin tushayotgan jismning tushish vaqti t va oxirgi $t_1=1$ s qolgan momentdagi tushish balandligi h ni toping.

Javob: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 7,07 \text{ s}$; $h_1 = h - g \left(\sqrt{\frac{2h}{g}} - t_1 \right)^2 = 64,5 \text{ m}$.

1.71 $v_0=40$ m/s tezlik bilan yuqoriga tik otilgan kamon o'qi mo'ljalga $t=2$ s dan keyin tekkan bo'lsa, mo'ljal qanday h balandlikda bo'lgan va o'qing mo'ljalga tegish paytidagi v_1 tezlik qanday bo'lgan?

Javob: $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 60,4 \text{ m}$; $v_1 = v_0 - gt = 20,4 \text{ m/s}$.

1.72 Yuqoriga tik otilgan o'q va uning tovushi bir vaqtda $h=660$ m balandlikka yetgan. O'qing boshlang'ich tezligi v_0 ni toping. Tovush tezligini $v=330$ m/s, $g=9,8$ m/s² deb oling.

Javob: $v_0 = v + \frac{g}{2} \left(\frac{h}{v} \right) = 340 \text{ m/s}$.

1.73 Tosh gorizontol yo'nalishda $v=15$ m/s tezlik bilan otilgan. $t=0,3$ s dan keyin tosh tezligining gorizontol va vertikal tashkil etuvchilari qanday bo'ladi? Qancha vaqtdan so'ng tosh tezligi gorizontga nisbatan $\alpha=45^\circ$ burchak ostida yo'nalgan bo'ladi? Erkin tushish tezlanishini $g=9,8$ m/s² ga teng deb hisoblang.

Javob:

1.74 Balandligi $H=25$ m bo'lgan minoradan tosh $v_0 = 15$ m/s tezlik bilan gorizontol otilgan. 1) toshning qancha vaqt harakatlanishi, 2) minorada asosidan qancha S_x masofada yerga tushishi, 3) yerga qanday tezlik bilan tushishi va 4) yerga tushish nuqtasida uning traektoriyasi bilan gorizont orasidagi burchak ϕ topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

Javob:

1.75 Gorizontol otilgan jism $t=0,5$ s dan keyin tashlanish joyidan gorizontol bo'ylab $S=5$ m uzoqqa borib tushgan. 1) Jism qanday balandlikdan

1.59 Boshlang'ich tezligi $v_0 = 1$ m/s bo'lgan, tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jism ma'lum bir masofani o'tgach, $v_1=7$ m/s tezlikka erishadi. Shu masofaning yarmida jismning tezligi v qanday bo'ladi?

Javob: $v = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_0^2}{2}} = 5 \text{ m/s}$.

1.60 ZIL-130 yong'in o'chirish avtomobili tekis sekinlanuvchan harakat bilan tepalikka chiqmoqda. Uning o'rtacha tezligi $v_{or}=10$ m/s. Agar avtomobil harakatining oxirgi tezligi $v_1=5$ m/s bo'lsa, uning boshlang'ich tezligi v_0 qanday bo'lgan?

Javob: $v_0 = 2v_{or} - v_1 = 15 \text{ m/s}$.

1.61 Ikki jism bitta nuqtadan bir yo'nalishda, bir o'qda harakatlanib boshladi. Ulardan biri $v_0=54$ km/soat tezlik bilan tekis, ikkinchisi esa boshlang'ich tezliksiz $a=0,2$ m/s² tezlanish bilan harakat qiladi. Qancha t vaqtdan keyin ikkinchi jism birinchisini quvib yetadi?

Javob: $t = \frac{2v_0}{a} = 150 \text{ s}$.

1.62 Poyezd ikki stantsiya orasidagi masofani $v_{or}=72$ km/soat o'tgacha tezlik bilan $t=20$ min da o'tdi. Tezlanish olish va tormozlanish birgalikda $t_1=4$ min davom etdi. Qolgan vaqtda esa poyezd tekis harakatlandi. Tekis harakatda poyezdning tezligi v qanday bo'lgan?

Javob: $v = v_{or} \frac{2t}{2t - t_1} = 22,2 \text{ m/s}$.

1.63 Tekis tezlanuvchan harakat qiluvchi jism harakat boshlangandan keyin beshinchi sekundda (y_a) ni $\Delta t = t_5 - t_4 = 1$ s da $\Delta S = 45$ m yo'lni o'tgan. Shu jism qanday a tezlanish bilan harakatlangan? Uning $t=5$ s dagi tezligi v , qanday bo'lgan? Jism $t_1=1$ s da qancha S_1 yo'lni o'tgan?

Javob: $a = \frac{2\Delta S}{t_5^2 - t_4^2} = 10 \text{ m/s}^2$; $v_1 = \frac{2\Delta S t_1}{t_5^2 - t_4^2} = 50 \text{ m/s}$; $S = \frac{\Delta S t_1^2}{t_5^2 - t_4^2} = 5 \text{ m}$.

1.64 Erkin tushayotgan jismning Yerga urilish paytidagi tezligi $v_1=39,2$ m/s ga yetgan. Jismning tushish balandligi h va tushish vaqti t ni toping.

Javob: $h = \frac{v_1^2}{2g} = 78,4 \text{ m}$; $t = \frac{v_1}{g} = 4 \text{ s}$.

1.65 Suzuvchi balandligi $h=5$ m bo'lgan minoradan sakrab, suvda $h_1=2$ m chuqurlikka botgan. U suvda qancha t vaqt va qanday a tezlanish bilan harakatlangan?

Javob: $t = \frac{2h}{\sqrt{2gh}} = 0,4 \text{ s}$; $a = -g \frac{h}{h_1} = -24,5 \text{ m/s}^2$.

1.66 Qoya cho'qqisidan tushib ketgan toshning Yerga urilgan tovushi $t=6$ s dan keyin eshitildi. Tovushning tezligi $v=330$ m/s va $g=9,8$ m/s² deb olib, qoyaning balandligi h ni toping.

Javob: $h = v \left[\left(t + \frac{v}{g} \right) - \sqrt{\left(t + \frac{v}{g} \right)^2 - t^2} \right] = 153 \text{ m}$.

tashlangan. 2) U qanday boshlang'ich tezlik bilan tashlangan, 3) U yerga qanday v_0 tezlik bilan tushgan, 4) Uning yerga tushish nuqtasidagi trayektoriyasi gorizont bilan qanday φ burchakni tashkil qiladi. Havoning qarshiligi e'tiborga olinmasin.

Javob:

1.76 Gorizontga v_0 tezlik bilan qiyalatib otilgan jismining harakat vaqti $t=2,2$ s ga teng. Uning ko'tarilgan eng katta balandligi topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

Javob:

1.77 Jismini gorizontga $\alpha=45^\circ$ burchak ostida $v_0=14,7$ m/s tezlik bilan otilgandan $t=1,25$ s o'tgach, uning normal va tangentsial tezlanishi topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

Javob:

1.78 Jism $\omega=2+0,5t$ tenglama bo'yicha aylanma harakat qiladi. Harakat boshlangandan $t=20$ s o'tgach jism necha marta to'la aylanadi.

Javob:

1.79 1) Yerning sutkalik aylanishi, 2) soatdagi soat strellkasining, 3) soatdagi minut strellkasining, 4) aylana orbita bo'ylab $T=88$ min aylanish davri bilan harakatlanayotgan Yer suniy yo'l doshining burchak tezliklari va 5) agar sun'iy yo'l doshning orbitasi Yer sirtidan $h=200$ km balandlikda bo'lsa, uning chiziqli tezligi topilsin.

Javob:

1.80 Tekis tezlanish bilan aylanayotgan g'ildirak harakat boshidan $n=10$ marta aylangandan keyin $\omega=20$ rad/s burchak tezlikka erishsa, uning burchak tezlanishi topilsin.

Javob:

1.81 Maxovoy g'ildirak harakat boshlanishidan $t=1$ min o'tgach $n=720$ ayl/min ga mos chastotaga erishadi. G'ildirakning burchak tezlanishi va bir minutdagi aylanishlar soni topilsin. Harakat tekis tezlanuvchan deb hisoblanin.

Javob:

1.82 Tekis sekinlanib aylanayotgan g'ildirak tormozlanish natijasida $t=1$ min davomida aylanish chastotasi $v_1=300$ ayl/min dan $v_2=180$ ayl/min gacha kamaytiradi. G'ildirakning burchak tezlanishi va bu minut ichidagi aylanishlar soni topilsin.

Javob:

1.83 Ventilator $v=900$ ayl/min chastotaga mos tezlik bilan aylanadi. Ventilator o'chirilgandan keyin u tekis sekinlanuvchan harakat qilib, to'xtaguncha 75 marta aylangan. Ventilator o'chirilgandan to'xtaguncha qancha vaqt o'tgan.

Javob:

1.84 Val $v=180$ ayl/min chastotaga mos o'zgarmas tezlik bilan aylanadi. Val tormozlangan vaqtdan boshlab son jihatidan $\omega=3$ rad/s ga teng burchak tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan aylanma harakat qiladi. 1) Val qancha vaqt o'tgach to'xtaydi. 2) To'xtaguncha u necha marta aylanadi.

Javob:

1.85 Radiusi $R=0,2$ m bo'lgan disk $\varphi=3t+0,1t^3$ tenglamaga muvofiq aylanma harakat qiladi. Vaqtning $t=10$ s payti uchun disk aylanasidagi nuqtalarning tangentsial, normal va to'la tezlanishni aniqlang.

Javob:

1.86 Radiusi $R=0,1$ m g'ildirak $\varepsilon=3,14$ rad/s² o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanadi. Harakat boshlanishidan keyingi birinchi sekundning oxirida g'ildirak gardishidagi nuqtalarning 1) burchak tezligi, 2) chiziqli tezligi, 3) tangentsial tezlanishi, 4) normal tezlanishi, 5) to'la tezlanishi va 6) to'la tezlanish bilan g'ildirak radiusi orasidagi burchak topilsin.

Javob:

1.87 Nuqta $R=2$ sm radiusli aylana bo'ylab harakatlanadi. Yo'lining vaqtga bog'lanishi $x=Ct^3$ tenglama orqali berilgan bunda $C=0,1$ m/s³. Tezligi $v=0,3$ m/s ga teng bo'lganda nuqtaning normal va tangentsial tezlanishi topilsin.

Javob:

1.88 Nuqta aylana bo'ylab shunday harakatlanadiki, yo'lining vaqtga bog'lanishi $S=A+Bt+Ct^2$ tenglama orqali berilgan, bunda $B=-2$ m/s, va $C=1$ m/s². Agar harakat boshlanishidan $t=2$ s o'tgach nuqtaning normal tezlanishi $a_n=0,5$ m/s² ga teng bo'lsa, harakat boshlanishidan $t=3$ s o'tgandan keyin nuqtaning chiziqli tezligi, uning tangentsial, normal va to'la tezlanishi topilsin.

Javob:

1.89 Radiusi $R=0,1$ m bo'lgan g'ildirak shunday aylanadiki, g'ildirak radiusining burilish burchagi bilan vaqt orasidagi bog'lanish $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ tenglama orqali berilgan, bunda $B=2$ rad/s, $C=1$ rad/s². Harakat boshlangandan 2 s o'tgach g'ildirak gardishidagi nuqtalar uchun quyidagi kattaliklar: 1) burchak tezlik, 2) chiziqli tezlik, 3) burchak tezlanish, 4) tangentsial tezlanish, 5) normal tezlanish topilsin.

Javob:

1.90 G'ildirak shunday aylanadiki, g'ildirak radiusining burilish burchagi bilan vaqt orasidagi bog'lanish $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ tenglama orqali beriladi, bunda $B=1$ rad/s, $C=1$ rad/s² va $D=1$ rad/s³. Harakatning ikkinchi sekundining oxirida g'ildirak gardishidagi nuqtalarning normal tezlanishi $a_n=3,46 \cdot 10^{-2}$ m/s² ga teng bo'lsa, g'ildirakning radiusi topilsin.

Javob:

1.91 Nuqtaning to'g'ri chiziq bo'ylab harakati $S=A+Bt^2+Ct^3$ tenglama bilan berilgan, bunda $A=2$ m/s, $B=-0,5$ m/s², $C=1$ m/s³. Harakat

boshlanishidan $t_1=1$ s dan $t_2=3$ s gacha vaqt oralig'ida nuqta harakatining o'rtacha tezligi aniqlansin.

Javob:

1.92 Nuqta $S = At + Bt^2 + Ct^3$ tenglama bo'yicha harakatlanmoqda, bunda $A=6$ m, $B=2,5$ m/s, $C=4$ m/s³. Harakat boshlanishidan $t=2$ s o'tgandan keyin nuqtaning bosib o'tgan yo'li, tezligi va tezlanishi topilsin.

Javob:

1.93 Nuqta radiusi $R=4$ sm bo'lgan aylana bo'ylab $x=At^3$ tenglamaga binoan harakatlanmoqda, bunda $A=2$ m/s³. Vaqtning qaysi t momentida nuqtaning a_n normal tezlanishi tangensial tezlanishiga teng bo'ladi. Shu vaqt uchun to'la tezlanish a topilsin.

Javob:

1.94 $R=10$ sm radiusli disk $\varphi = A + Bt + Ct^2$ tenglamaga binoan aylanmoqda. Bunda $A=2$ rad, $B=1$ rad/s, $C=0,1$ rad/s². Vaqtning $t=5$ s momenti uchun burchak tezligi, chiziqli tezlik va burchak tezlanishi topilsin.

Javob:

1.95 Avtomashina g'ildiragi tormozlanishi natijasida $t=1$ min davomida aylanish chastotasi $\nu=6$ Hz gacha kamaytirgan. G'ildirakning burchak tezlanishi va bir minut ichidagi aylanishlar soni topilsin.

Javob:

1.96 Disk $\varepsilon=4$ rad/s² burchak tezlanish bilan aylanmoqda. Aylanish chastotasi $\nu_1=300$ min⁻¹ dan $\nu_2=90$ min⁻¹ gacha o'zgaranda disk necha n marta aylangan, shu aylanish uchun ketgan vaqt ham topilsin.

Javob:

1.97 $R=40$ sm radiusli g'ildirak $\varphi=4+5t+t^2$ tenglama bo'yicha aylanna harakat qiladi. Harakat boshlangandan $t=1$ s vaqt o'tgach, g'ildirak gardishida yotgan nuqtalar uchun chiziqli tezlik va to'la tezlanishi topilsin.

Javob:

1.98 Jism shunday harakat qiladiki uning burchak tezligi va vaqt orasidagi bog'lanishi $\omega=A+Bt$ tenglama orqali beriladi, bunda $A=4$ rad/s, $B=1,5$ rad/s². Harakat boshlangandan $t=20$ s vaqt davomidagi aylanishlar soni topilsin.

Javob:

2-§. Dinamika

Jism tezlanishini yuzaga keltiruvchi sabablarni va uning harakatini shu sabablar bilan bog'lanishini o'rganuvchi mexanikaning bo'limiga **dinamika** deb ataladi.

Jismlar yoki ularning zarralari orasidagi ta'sirlashuvni yo'nalish va miqdor jihatdan ifodalovchi vektor kattalikka **kuch** deb ataladi.

Nyutonning ikkinchi qonuni:

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{a} \left[\frac{m}{s^2} \right], \vec{F} \left[\frac{kg \cdot m}{s^2} \right] \text{ yoki } N \text{ va } m [kg] \text{ mos holda jismning kuch}$$

(n) sirida olgan tezlanishi, jismga ta'sir etayotgan kuch va uning massasi.

Agar jismga bir necha kuch ta'sir etsa:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \quad (2)$$

Harakatlanayotgan jism massasining tezlik vektoriga ko'paytmasiga **jism impuls** deb ataladi.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (3)$$

$\vec{p} \left[\frac{kg \cdot m}{s} \right]$ - jism impuls, $\vec{v} \left[\frac{m}{s} \right]$ - tezlik.

Nyutonning ikkinchi qonunining umumiy ko'rinishi:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (4)$$

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (5)$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_i \quad (6)$$

$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0$, $\vec{p} = const$ - berk sistema uchun **impulsning saqlanish qonunini** ifodalaydi.

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (7)$$

bu yerda, γ - gravitatsion doimiy bo'lib, uning qiymati

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Og'irlik kuchi:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (8)$$

$\bar{g} = 9,81 \frac{m}{s^2}$ - og'irlik kuchining tezlanishi.

Sirpanish ishqalanishi:

$$\bar{F}_{ishq} = \mu \cdot \bar{P}_n \quad (9)$$

μ - sirpanishdagi ishqalanish ko'effitsienti.

Dumalash ishqalanishi:

$$\bar{F}_{d,i} = \mu \cdot \frac{\bar{P}_n}{R} \quad (10)$$

R - dumalab ishqalanayotgan jism radiusi [m], μ - dumalash ishqalanish ko'effitsienti.

Elastik deformatsiya uchun Guk qonuni:

$$\bar{F}_{el} = -k \cdot \Delta \bar{x} \quad (11)$$

$\Delta \bar{x} = x - x_0$ - **absolyut uzayish** [m], k - jismning elastik xususiyatiga bog'liq bo'lgan kattalik bo'lib, elastiklik ko'effitsienti yoki **bikritik** deyiladi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_0} \quad (12)$$

ε - sterjenning nisbiy uzayishi.

$$\sigma = \frac{F}{S} = \varepsilon \cdot E \quad (13)$$

$\sigma \left[\frac{N}{m^2} \right]$ - mexanik kuchlanish, $E \left[\frac{N}{m^2} \right]$ - Yung moduli.

Masala yechish uchun namunalar:

1-masala. m massali jism $F=40$ N kuch ta'sirida $a_1=0,5$ m/s² tezlanish oladi. Qanday F' kuch bu jismga $a_2=4$ m/s² tezlanish beradi.

Berilgan: $F=40$ N, $a_1=0,5$ m/s², $a_2=4$ m/s²

Topish kerak: $m=?$, $F'=?$

Yechilishi:

Masala shartiga ko'ra kuchni Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan topamiz.

$$m = \frac{F}{a_1} = \frac{40}{0,5} = 80 \text{ kg}$$

$$F' = ma_2 = 80 \cdot 4 = 320 \text{ N}$$

Javob: $F'=320$ N.

2-masala. Tennis vazifasini bajaruvchi kuch. Professional o'yinchi uchun tennis koptogi raketkani $v=55$ m/s tezlik bilan tark eta oladi. 1-rasm.

Ajgur koptok massasi $m=0,060$ kg bo'lsa va u raketka bilan $t=4$ ms ($4 \cdot 10^{-3}$) atrofida ta'sir etib tursa, koptokdagi o'rtacha kuchni hisoblang. Bu kuch $M=60$ kg'li odamni sijitish uchun yetarli bo'la oladimi?

Biz Nyutonning ikkinchi qonunini o'rtacha kuch uchun quyidagicha ifodalaymiz:

$$F_{o'rtacha} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m v_2 - m v_1}{\Delta t}$$

$m v_1$ va $m v_2$ boshlang'ich va oxirgi holat tezligi. Koptok v_1 boshlang'ich tezligida urilsa uning tezligi 0 ga yaqin bo'ladi, shu bilan biz $v_1 = 0$ va gorizontal yo'nalishda $v_2 = 55$ m/s deb taxmin qilamiz. Tennis raketkasi orqali ta'sir o'tkazgan kuch bilan taqqoslaganda biz qisqa vaqt davrdagi koptokdagi gravitatsiya kabi barcha kuchlarni e'tiborsiz qoldiramiz.

Yechim: Raketka orqali koptokka ta'sir etilgan kuchi:

$$F_{o'rtacha} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m v_2 - m v_1}{\Delta t} = \frac{(0,060 \text{ kg})(55 \text{ m/s}) - 0}{0,004 \text{ s}} \approx 800 \text{ N}$$

Bu katta kuch 60 kg ga ega insondagi talab qilgan bosim kuchiga qaraganda kattaroq.

$$mg = (60 \text{ kg}) \cdot (9,8 \text{ m/s}^2) \approx 600 \text{ N}$$

Eslatma: Tennis koptogi harakatlanishidagi gravitatsiya kuchi $mg = (0,060 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) = 0,59 \text{ N}$ qaysiki, raketka tasir qilgan ulkan kuch bilan taqqoslagandagi inkorimizni tasdiqlaydi.

Eslatma: yuqori tezlikdagi rasm va radar bizga koptok raketkani tark etish tezligi va aloqa vaqti taxminini berishi mumkin. Lekin kuchning aniq o'lchovi amalda mavjud emas. Bizning hisoblashlarimizga ko'ra, haqiqiy hayotdagi noma'lim kuchni qo'l bola texnika ko'rsatadi.

3-masala. Lift kabinasida massasi $m=70$ kg bo'lgan odam turibdi. Lift $a=1,8$ m/s² tezlanish bilan pastga tushmoqda. Odamning kabina poliga har qanday P_N - bosim kuchini aniqlang.

Berilgan: $m=70$ kg, $a=1,8$ m/s², $g=9,81$ m/s²

Topish kerak: $N=?$

Yechilishi:

Chizma orqali tushunib olamiz.





Masalani yechish uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$P_N = m(g - a)$$

$$P_N = 70 \cdot (9,8 - 1,8) = 560 \text{ N}$$

Javob: 560 N.

4-masala. $m=6 \cdot 10^5 \text{ kg}$ massali poyezd tormozlanganda tekis sekinlanuvchan harakat qilib $t=60 \text{ s}$ davomida tezligini $v_1=54 \text{ km/soat}$ dan $v_2=36 \text{ km/soat}$ gacha kamaytiradi. Tormozlanish kuchini toping.

Berilgan: $m=6 \cdot 10^5 \text{ kg}$, $t=60 \text{ s}$, $v_1=54 \text{ km/soat}=15 \text{ m/s}$,

$v_2=36 \text{ km/soat}=10 \text{ m/s}$

Topish kerak: $F=?$

Yechilishi:

Masalani hisoblashda quyidagi formulalardan foydalanamiz:

$$a = \frac{v_1 - v_2}{t}, \quad F = ma$$

$$F = ma = m \cdot \frac{v_1 - v_2}{t} = 6 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot \frac{15 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{60} = 5 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Javob: $5 \cdot 10^4 \text{ N}$.

5-masala. Og'irligi $P = 4,9 \cdot 10^6 \text{ N}$ bo'lgan poyezd, teplovozning tortishi to'xtagach, $F_{\text{ishq}}=9,8 \text{ kN}$ ishqalanish kuchi ta'sirida $t=60 \text{ s}$ dan keyin to'xtaydi. Poyezd qanday tezlik bilan harakat qilgan.

Berilgan: $P=4,9 \cdot 10^6 \text{ N}$, $t=60 \text{ s}$, $F_{\text{ishq}}=9,8 \text{ kN}$

Topish kerak: $v=?$

Yechilishi:

Quyidagi formulalar orqali bu masalaning yechimini topamiz:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}, \quad A = F_{\text{ishq}} \cdot S, \quad S = \frac{v^2}{2a}, \quad a = \frac{v}{t}, \quad m = \frac{\bar{P}}{g}$$

$$E_k = A, \quad \frac{mv^2}{2} = F_{\text{ishq}} \cdot S, \quad \frac{\bar{P}v}{g} = F_{\text{ishq}} t$$

$$v = \frac{F_{\text{ishq}} g t}{\bar{P}} = \frac{9,8 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 60 \text{ s}}{4,9 \cdot 10^6 \text{ N}} = 1,2 \text{ m/s}$$

6-masala. $F=180 \text{ N}$ vertikal kuchni shunday ikkita tashkil etuvchi kuchga ajratilgani, bunda gorizontal tashkil etuvchining kattaligi $F_x=240 \text{ N}$ bo'lsin. Ikkinchi tashkil etuvchi kuchning kattaligi qancha bo'ladi?

Berilgan: $F_1=180 \text{ N}$, $F_2=240 \text{ N}$

Topish kerak: $F=?$

Yechilishi:

Kuchning tashkil etuvchisini vektor yig'indisi ko'rinishida ifodalash orqali topsak bo'ladi:

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \varphi$$

Masala shartida kuchlar o'zaro perpendikulyar bo'lganligidan $\varphi=90^\circ$ da $\cos \varphi=0$ bo'ladi va tashkil etuvchi kuch quyidagicha topiladi:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{180^2 + 240^2} = 250 \text{ N}$$

Javob: 250 N.

7-masala. $m=0,5 \text{ kg}$ massali jism shunday to'g'ri chiziqli harakatlanadiki, u o'tgan S yo'lning t vaqtiga qarab o'zgarish qonuni $S=At-Bt^2$ tenglama orqali berilgan. Bunda $A=10 \text{ m/s}$, $B=20 \text{ m/s}^2$ jismga ta'sir qilgan F kuchni toping.

Berilgan: $m=0,5 \text{ kg}$

Topish kerak: $F=?$

Yechilishi:

Bunday masalani yechish uchun bizga berilgan tenglama orqali ba'zi fizik kattaliklarni aniqlashtirib olamiz.

$S=At-Bt^2$ bu tenglama $S=ut-at^2/2$ tenglama bilan mos tushadi. Shunda $v_0=A=10 \text{ m/s}$, $a=B=20 \text{ m/s}^2=40 \text{ m/s}^2$

Hisoblash uchun Nyutonning 2-qonunidan foydalanamiz:

$$F=ma=0,5 \text{ kg} \cdot 40 \text{ m/s}^2=20 \text{ N}$$

Javob: 20 N

8-masala. Massasi $m=2 \text{ t}$ bo'lgan ATS-40 yong'in o'chirish avtomobili to'g'ri chiziqli harakatlanib, tezligini $v_1=36 \text{ km/soat}$ dan $v_2=72 \text{ km/soat}$ gacha oshurgan bo'lsa, impulsning o'zgarishi ΔK ni toping.

Berilgan: $m=2 \text{ t}$, $v_1=36 \text{ km/soat}$, $v_2=72 \text{ km/soat}$

Topish kerak: $\Delta K=?$

Yechilishi

Impulsning o'zgarishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta K = m(v_2 - v_1) = 2 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}) = 2 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Javob: $2 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

9-masala. Miltiq orqaga urishi. $m=0,020 \text{ kg}$ o'q $v=620 \text{ m/s}$ tezlikda $M=5 \text{ kg}$ miltiqdan otilganda miltiq ortga urish tezligini hisoblang.

Yondashuv: miltiq va o'q tanlangan tizimimiz, har ikkalasi boshlang'ich holatda tinch, ilgak tortilishidan birozgina oldin ilgak tortildi, portlash o'q

qolipining ichida sodir bo'ladi va biz o'q stvolni tark etishi bilan oq miltiq va o'qqa qaraymiz (*b* rasm). O'q o'ng (+*x*)ga harakat qiladi va miltiq chap tomonga turki beradi. Portlashning juda oz vaqt davri davomida biz tashqi kuchlar porox portlashi natijasida vujudga kelgan kuch bilan taqqoslaganda juda kichik bo'lishini taxmin qilishimiz mumkin. Shu tariqa biz impulsning saqlanish qonunini taxminan qabul qilishimiz mumkin.

Yechish: O'qni B deb va miltiqni R deb qabul qilsak: yakuniy tezlik boshlang'ich deb ko'rsatiladi. Bu holda *x* yo'nalishdagi impuls aniqlanishi oldingi impulsning keyingi impuls

$$m_B v_B + m_R v_R = m_B v_B' + m_R v_R'$$

$$0 + 0 = m_B v_B' + m_R v_R' \text{ ni beradi.}$$

Biz nomalum v_R' uchun ishlaymiz, va

$$v_R' = -\frac{m_B v_B'}{m_R} = -\frac{(0.020 \text{ kg}) \cdot (620 \text{ m/s})}{(5.0 \text{ kg})} = -2.5 \text{ m/s} \text{ ni topamiz.}$$

Miltiq kattaroq massaga ega bo'lganligi sababli, uning tezligi o'qnikiga qaraganda ancha kichik bo'ladi. Minus ishorasi miltiqning tezligini (va impulsi), *x* o'qida o'qnikiga qarama-qarshi yo'nalishda ekanligini ifodalaydi.

(a) O'q uzishdan oldin (tinch holatda)



(b) O'q uzulganidan so'ng.

Avtobus birdaniga to'xtaganda avtobusdagi turgan jismlar oldinga siljishi boshladi. Bu qanday kuch tasirida yuzaga keldi?

Javob: Bu hodisa kuch ta'sirida bo'layotgani yo'q. Nyutonning birinchi qonuniga binoan jismlar o'zining harakatini saqlashga intiladi.

10-masala. $v = 100 \text{ km/soat}$ tezlik bilan ketayotgan $m = 1500 \text{ kg}$ mashinani $h = 55 \text{ m}$ da to'xtatish uchun o'rtacha qanday kuch ta'sir qiladi.

Berilgan: $v = 100 \text{ km/soat}$, $m = 1500 \text{ kg}$, $h = 55 \text{ m}$

Topish kerak: $F = ?$

Yechilishi:



Rasm-3.

Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanamiz $\sum F = ma$, biz harakatni *x* o'qi bo'ylab yo'nalgan deb olamiz (rasm-3). Boshlang'ich tezligi $v_0 = 100 \text{ km/h}$ va $a = 27.8 \text{ m/s}^2$ ga teng. Oxirgi tezligi $v = 0$ bo'lguncha, $x - x_0 = 55 \text{ m}$ masofa o'tadi.

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$\text{Demak, } a = \frac{v^2 - v_0^2}{2(x - x_0)} = \frac{0 - (27.8 \text{ m/s})^2}{2(55 \text{ m})} = -7.0 \text{ m/s}^2$$

Talab qilingan natijaviy kuch

$\sum F = ma = (1500 \text{ kg})(-7.0 \text{ m/s}^2) = -1.1 \cdot 10^4 \text{ N}$ ga teng, yoki 11000 N , bu yerda manfiy ishora kuchning teskari yo'nalganligini bildiradi.

11-masala. Massalari mos ravishda $M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ va $m = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ bo'lgan Quyosh bilan Yer markazlari orasidagi masofa $R = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ bo'lsa, ular orasidagi tortishish kuchi F ni toping. Gravitatsion doimiy $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$.

Berilgan: $M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, $m = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $R = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$

Topish kerak: $F = ?$

Yechilishi:

Masalani butun olam tortishish qonuniga binoan hisoblab topamiz:

$$F = \gamma \frac{mM}{R^2} = 3.6 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

Javob: $3.6 \cdot 10^{22} \text{ N}$.

12-masala. Yuk ortilgan ikkita vagonning har birining massasi $m = 70 \text{ t}$ dan, ularning og'irlik markazlari orasidagi masofa $r = 200 \text{ m}$. Bu vagonlarning o'zaro qanday kuch bilan tortishishini aniqlang.

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

Topish kerak: $F = ?$

Yechilishi:

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

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

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

$$F = \frac{6.67 \cdot 10^{-10} \cdot (70 \cdot 10^3)^2}{200^2} = 8.1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

Javob: $8.1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$.

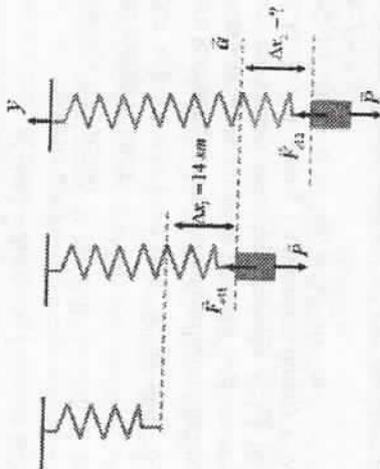
13-masala. Prujinaga osilgan yuk uni 14 sm ga cho'zadi. Prujinaning yuk pastga yo'nalgan 2.8 m/s^2 tezlanish bilan harakatlanayotgan paytdagi cho'zilishi topilsin.

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

Topish kerak: $\Delta x_2 = ?$

Yechilishi:

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



Dastlab prujinaga yuk osilgan hol uchun prujinaning biktirigini topib olamiz:

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

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

Endi prujina tezlantirish bilan harakatlangan paytdagi hol uchun tenglama tuzib olamiz.

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

OY o'qiga proyeksiya olamiz.

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

$$F_{el1} = P - ma$$

$$F_{el2} = k\Delta x_2$$

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

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

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

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

Ishchi formulamiz hosil bo'ladi. Hisoblashlarni bajaramiz:

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

Javob: 10 sm.

14-masala. Diametri $d=2 \text{ mm}$ bo'lgan simga $m=1 \text{ kg}$ massali yuk osilgan. Simda vujudga keladigan mexanik kuchlanish topilsin.

Berilgan: $d=2 \text{ mm}$, $m=1 \text{ kg}$

Topish kerak: $\sigma = ?$

Yechilishi:

Masalani hisoblashda foydalaniladigan formulalar quyidagilar:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad F = mg \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Keltirilgan formuladan masala javobini hisoblab topamiz:

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{4mg}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3,14 \cdot (2 \text{ mm})^2} = 3,12 \text{ MPa}$$

Javob: 3,12 MPa.

15-masala. Uzunligi $l=3 \text{ m}$ va diametri $d=2 \text{ sm}$ bo'lgan po'lat tayogacha massasi $m=2,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ bo'lgan yuk osilgan. Tayogachadagi mexanik kuchlanish σ hamda tayogachaning nisbiy ε va absolyut Δl uzayishi aniqlansin.

Berilgan: $l=3 \text{ m}$, $d=2 \text{ sm}$, $m=2,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$, $E=200 \cdot 10^9 \text{ Pa}$

Topish kerak: σ , ε , Δl - ?

Yechilishi:

$$\sigma = \frac{F}{S}, \quad F = mg, \quad S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad \sigma = \varepsilon \cdot E$$

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{4mg}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3,14 \cdot (2 \text{ sm})^2} = 78 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{78 \text{ MPa}}{200 \cdot 10^9 \text{ Pa}} = 0,39 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta l = \varepsilon \cdot l = 0,00039 \cdot 3 \text{ m} = 1,17 \text{ mm}$$

Javob: 78 MPa, 0,00039, 1,17 mm

Mustaqil yechish uchun masalalar

2.1 Agar $m=28$ g li chumchuq $v=8,4$ m/s tezlik harakatlanayotgan bo'lsa, impuls kattaligini aniqlang.

Javob:

2.2 $m=65$ kg bo'lgan chang'ichiga $t=15$ s imobaynida qor sathi bo'yicha $F=25$ N o'zgarmas ishqalanish kuchi tasir etmoqda. Chang'ichining tezlik o'zgarishi qanday?

Javob:

2.3 $v=27$ m/s tezlik bilan gorizontol otilgan $m=0,145$ kg beysbol to'p tayoqqa urilib $t=31,5$ m balandlikka otildi. Tayoq va to'p orasidagi ta'sir $t=2,5$ ms davom etgan bo'lsa, ta'sir davomidagi to'p va tayoq orasidagi natijaviy kuchni toping?

Javob:

2.4 $m=7700$ kg ga ega bo'lgan $v=14$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan vagon tinch turgan ikkinchi vagon bilan to'qnashdi. To'qnashuvdan keyingi birgalikdagi tezligi $u=5$ m/s. Ikkinchi vagonning massasini toping?

Javob:

2.5 $v_1=2,5$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan $m_1=110$ kg massali yarim himoyachiga nisbatan qarshi yo'nalishda $v_2=5$ m/s tezlik bilan $m_2=82$ kg massali hujumchi kelyapti. Ularning to'qnashuvdan keyingi umumiy tezligi qanday?

2.6 $v_1=31$ m/s tezlik bilan gorizontol chiziq bo'ylab otilgan beysbol to'p o'yinchi tomonidan $v_2=46$ m/s bilan urib qaytarildi. Agar tayoq va to'p tasiri $t=5 \cdot 10^{-3}$ s davom etgan bo'lsa, o'yinchi qanday kuch bilan to'pni urgan?

Javob:

2.7 $m=0,06$ kg massali tennis koptogi $v=28$ m/s tezlik bilan devorga nisbatan 45° burchak ostida urilib, xuddi shunday tezlik bilan 45° burchak ostida qaytdi (rasm). To'pga berilgan impuls (kattaligi va yo'nashi) aniqlansin.

Javob:

2.8 Velosipedchiga $v=3$ m/s tezlik berishi uchun $m=0,5$ kg gazeta qanday kuch impulsi bilan otilgan bo'lishi kerak?

Javob:

2.9 $m=55$ kg massali chananani gorizontol silliq muz ustida $\alpha=1,4$ m/s² tezlanish bilan tortish uchun qanday kuch kerak?

Javob:

2.10 $m=1210$ kg massali avtomashinani silliq sirt ustida $\alpha=1,2$ m/s² tezlanish bilan tortayotgan arqonning taranglik kuchi qanday?

Javob:

2.11 $v=95$ km/h tezlikda ketayotgan $m=950$ kg li mashinani $t=8$ s da to'xtatish uchun qanday kuch kerak?

Javob:

2.12 Tros $m=1200$ kg li mashinani vertikal $\alpha=0,7$ m/s² tezlik bilan tortishi uchun qanday taranglikka bardosh bera olishi kerak?

Javob:

2.13 $m=21,25$ kg li lift trosi $F=21,75$ N ga bardosh bera oladi. U liftga ko'pi bilan qanday tezlanish bera oladi?

Javob:

2.14 Massasi $m=12$ kg bo'lgan tinch turgan jisimga $t=8$ s davomida $F=6$ N kuch ta'sir qilgan bo'lsa, jismining olgan tezlanishi a , shu vaqtda eriblagan tezligi v , o'tgan yo'li S va harakatining o'rtacha tezligi $v_{o'r}$ ni toping.

Javob: $a = \frac{F}{m} = 0,5 \text{ m/s}^2$; $v = \frac{F}{m} t = 4 \text{ m/s}$; $S = \frac{Ft^2}{2m} = 16 \text{ m}$; $v_{o'r} = \frac{Ft}{2m} = 2 \text{ m/s}$.

2.15 Suvi bilan birgalikda massasi $m=1200$ kg bo'lgan "ZIL-130" yong'in o'chirish avtomobili joyidan qo'zgalib, $t=10$ s davomida tekis tezlanuvchan harakatlanib, $S=100$ m masofani o'tgan bo'lsa, harakatning tezlanishi a , avtomobilning tortish kuchi F va shu vaqt ichida erishgan tezligi v ni toping.

Javob: $a = \frac{2S}{t^2} = 2 \text{ m/s}^2$; $F = \frac{2mS}{t^2} = 2,4 \text{ kN}$; $v = \frac{2S}{t} = 20 \text{ m/s}$.

2.16 Massasi $m=2$ kg bo'lgan tinch turgan jisimga $t=5$ s davomida $F=4$ N kuch ta'sir qiladi. Jism qanday a tezlanish bilan harakatlanadi, u qanday v , tezlik oladi va shu vaqt ichida u qancha S yo'lni o'tadi?

Javob: $a = \frac{F}{m} = 2 \text{ m/s}^2$; $v = \frac{2S}{t} = 25 \text{ m/s}$; $S = \frac{Ft^2}{2m} = 25 \text{ m}$.

2.17 Massasi $m=3$ kg bo'lgan jisimga $F=0,6$ N kuch ta'sir qilsa, jism qanday a tezlanish bilan harakatlanadi? U harakat boshlangandan $t=12$ s o'tgandan keyin qanday v , tezlikka erishadi va qancha S yo'lni o'tadi?

Javob: $a = \frac{F}{m} = 0,2 \text{ m/s}^2$; $v = \frac{F}{m} t = 10 \text{ m/s}$; $S = \frac{Ft^2}{2m} = 14,4 \text{ m}$.

2.18 O'zgarmas F kuch ta'sirida m_1 massali jism $a_1=3$ m/s² tezlanish bilan, m_2 massali jism esa $a_2=7$ m/s² tezlanish bilan harakatlansa, shu F kuch ta'sirida bu ikki jism birgalikda qanday a tezlanish bilan harakatlanadi?

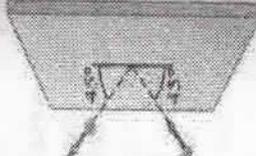
Javob: $a = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} = 2,1 \text{ m/s}^2$.

2.19 O'zgarmas F kuch ta'sirida aravacha ma'lum bir t vaqt oralig'ida $S_1=90$ sm masofani o'tadi Unga $t_2=25$ g yuk qo'yilganda esa shu kuch ta'sirida $S_2=30$ sm masofani o'tadi, aravachaning massasi m_1 ni toping.

Javob: $m_1 = m_2 \frac{S_2}{S_1 - S_2} = 0,375 \text{ kg}$.

2.20 Massasi $m=12$ kg bo'lgan snaryad porox gazining $F=1,2$ MN li bosim kuchi ta'sirida stol ichida $t=5$ s vaqt davomida harakatlangan bo'lsa, u to'pdan qanday v , tezlik bilan otilib chiqqan?

Javob: $v = \frac{F}{m} t = 5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$.



2.21 Yer sirtidan $h=650$ km balandlikda $m=1000$ tonna massali raketa Yerning sun'iy yo'ldoshidan $v_0=8$ km/s boshlang'ich tezlik bilan Oyga tomon uchgan. Raketa dvigateling tortish kuchi $F=30$ MN bo'lsa, raketaning uchish boshlanishidan $t=100$ s o'tgach Yer sirtidan qanday S masofada bo'lishini toping.

Javob: $S = h + v_0 t + \frac{Ft^2}{2m} = 1,6 \cdot 10^6$ m.

2.22 $v_0=30$ m/s boshlang'ich tezlik bilan yuqoriga tik otilgan jism $F=2,5$ s dan keyin eng yuqori nuqtaga ko'tarildi. Agar jismining massasi $m=40$ g bo'lsa, havo F qarshilik kuchining o'ttacha qiymatini aniqlang.

Javob:

2.23 Akrobat trapetsiyadan yoyilgan to'rtga sakradi, bunda to'rt $s=1$ m masofaga egildi. Akrobatning massasi $m=70$ kg, trapetsiyaning to'rtidan balandligi $h=6$ m. To'rtmi egib, akrobat qanday a tezlanish bilan harakat qilgan va to'rt qanday F_N kuch bilan akrobat gavdasiga ta'sir qilgan.

Javob:

2.24 Massasi $m=5$ kg bo'lgan jism vertikal yo'nalishda pastga $a=15$ m/s² tezlanish bilan tushishi uchun unga qanday kuch bilan ta'sir qilishi kerak?

Javob:

2.25 Avtomobil $a=1$ m/s² tezlanish bilan harakat qilmoqda. Massasi $m=70$ kg bo'lgan odam o'rindiq suyanchig'iga qanday kuch bilan bosadi?

Javob:

2.26 Po'lat sim massasi $m_1=450$ kg gacha bo'lgan yukni ko'tara oladi. Sim uzilmasligi uchun unga osilgan $m_2=400$ kg massali yukni qanday eng katta tezlanish bilan ko'tarish mumkin?

Javob:

2.27 Arqon $m_1=110$ kg massali yukni biror tezlanish bilan yuqoriga vertikal ko'tarishga va $m_2=690$ kg massali yukni xuddi shunday kattalikdagi tezlanish bilan pastga tushirishga bardosh beradi. Bu arqon yordamida o'zgarmas tezlik bilan ko'tarish mumkin bo'lgan yukning m maksimal massasi qanday?

Javob:

2.28 Richagli tarozida suv quyilgan idish bilan shtativga osilgan va massasi $m=400$ g bo'lgan misdan yasalgan qadoq tosh muvozanatlashirilgan. So'ngra ip uzaytirilib, tosh suvga botirilsa, muvozanat buziladi. Muvozanatni tiklash uchun tarozining o'ng pallasiga qancha m_1 massali yuk qo'yish kerak? Suvning va misning zichliklari $\rho_0=1 \cdot 10^3$ kg/m³ va $\rho=8,0 \cdot 10^3$ kg/m³ ga teng.

Javob: $m_1 = 2 \cdot m \cdot \frac{\rho_0}{\rho} = 9 \cdot 10^{-2}$ kg.

2.29 Massalari mos ravishda $M=2 \cdot 10^{30}$ kg va $m=6 \cdot 10^{24}$ kg bo'lgan Quyosh bilan Yer markazlari orasidagi masofa $R=1,5 \cdot 10^{11}$ m bo'lsa, ular orasidagi tortishish kuchi F ni toping. Gravitatsion doimiy $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg s².

Javob: $F = \gamma \frac{Mm}{R^2} = 3,6 \cdot 10^{22}$ N.

2.30 Massalari mos ravishda $M=6 \cdot 10^{24}$ kg va $m=7,3 \cdot 10^{22}$ kg bo'lgan Yer bilan Oy markazlari orasidagi masofa $R=3,8 \cdot 10^8$ m bo'lsa, ular orasidagi tortishish kuchi F ni toping. Gravitatsion doimiy $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg s².

Javob: $F = \gamma \frac{Mm}{R^2} = 2,0 \cdot 10^{20}$ N.

2.31 «Venera-6» sayyoralararo avtomatik stansiyasi 1969-yil 10-yanvarda Yer markazidan $R=5 \cdot 10^5$ km masofada bo'lgan. Bunda stansiyaning Yer bilan tortishish kuchi F Yer sirtidagi F_0 tortishish kuchidan necha marta kichik bo'lgan? Yerning radiusi $R_0=6400$ km.

Javob: $\frac{F_0}{F} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^2 = 549$ marta.

2.32 Agar kosmik kemaning ko'tarilishida o'lchov asboblari erkin tushish tezlanishi $g_n=4,9$ m/s² ga teng bo'lganligini ko'rsatsa, kema Yerdan qancha h balandlikka ko'tarilgan bo'ladi? Yerning sirtidagi erkin tushish tezlanishini $g_0=9,8$ m/s², Yerning radiusini $R=6400$ km deb oling.

Javob: $h = R \left(\sqrt{\frac{g_0}{g_n}} - 1 \right) = 2624$ km

2.33 Agar jism Yer sirtidan $h=1600$ km balandlikdan pastga erkin tushsa, u dashtabki $t_1=2$ s vaqt ichida qancha h_1 masofani bosib o'tadi? Yerning radiusini $R=6400$ km deb oling.

Javob: $h_1 = g_0 \left(\frac{R}{R+h} \right)^2 \frac{t^2}{2} = 12,54$ km.

2.34 Oy orbitasining radiusi $R=3,8 \cdot 10^8$ m. Uning Yer atrofidagi aylanish davri T ni toping. Yer sharining radiusini $R_0=6,4 \cdot 10^6$ m, Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishini $g_0=9,8$ m/s² deb oling.

Javob: $T = 2\pi \frac{R}{R_0} \sqrt{\frac{R}{g_0}} = 2,33 \cdot 10^4$ s = 27 sutka.

2.35 Agar Oynning radiusi r Yerning radiusi R dan 3,8 marta, massasi m esa Yerning massasi M dan 81 marta kichik bo'lsa, jismining Oyda F_{oy} tortilish kuchi Yerdagi tortilish kuchi F_{yer} dan necha marta kichik bo'ladi?

Javob: $\frac{F_{oy}}{F_{yer}} = \frac{m}{M} \left(\frac{r}{R} \right)^2 = 5,6$ marta.

2.36 Yerning orbital radiusi $R=1,5 \cdot 10^{11}$ m, quyoshning massasi esa $M=2 \cdot 10^{30}$ kg. Yerning Quyosh atrofidagi harakat tezligi v ni toping. Gravitatsion doimiy $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg s².

Javob: $v = \sqrt{\gamma \frac{M}{R}} = 29,8 \cdot 10^3$ m/s.

2.37 Oy Yer atrofiga $v=1$ km/s tezlik bilan harakat qiladi. Yerning massasi M ni toping. Oynning orbital radiusi $R=3,8 \cdot 10^2$ m; gravitatsion doimiy $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg s².

Javob: $M = \frac{Rv^2}{\gamma} = 5,697 \cdot 10^{24}$ kg.

2.38 Zuhro (Venera) sayyorasining zichligi $\rho=4900 \text{ kg/m}^3$, radiusi $R=6200 \text{ km}$. Uning sirtidagi erkin tushish tezlanishi g_B ni toping. Gravitaiston doimiy $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$.

Javob: $g_B = \gamma \frac{M}{R^3} = \frac{4}{3} \pi \gamma R_0 = 8,47 \text{ m/s}^2$.

2.39 Massasi $m=2 \text{ t}$ bo'lgan ATS-40 yong'in o'chirish avtomobili to'g'ri chiziqli harakatlanib, tezligini $v_1=36 \text{ km/soat}$ dan $v_2=72 \text{ km/soat}$ gacha oshirgan bo'lsa, impulsning o'zgarishi ΔK ni toping.

Javob: $\Delta K = m(v_2 - v_1) = 2 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

2.40 Gorizontal yo'lda $v_1=1,2 \text{ m/s}$ o'zgarmas tezlik bilan harakatlanayotgan $m_1=800 \text{ kg}$ massali vagonetkaga yuqoridan $m_2=400 \text{ kg}$ toshko'mir tashlansa, vagonetka qanday v_2 tezlik bilan harakatlanadi?

Javob: $v_1 = v_2 \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 0,8 \text{ m/s}$.

2.41 $m_1=5 \text{ kg}$ massali miltiqdan $m_2=5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ massali o'q $v_2=600 \text{ m/s}$ tezlik bilan otilib chiqsa, miltiqning orqaga tepish tezligi v_1 ni toping.

Javob: $v_1 = v_2 \frac{m_2}{m_1} = 0,6 \text{ m/s}$.

2.42 $v=10 \text{ m/s}$ tezlik bilan uchib borayotgan granata portlab, $m_1=0,6 \text{ kg}$ va $m_2=0,4 \text{ kg}$ massali bo'laklarga parchalangan. Granataning katta parchasi dastlabki yo'nalishda $v_2=2,5 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlangan bo'lsa, kichik parchaning tezligi v_1 ni toping.

Javob: $v_1 = \frac{(m_1 + m_2)v - m_2 v_2}{m_1} = 12,5 \text{ m/s}$.

2.43 Mushakning massasi $m_1=600 \text{ g}$, mushak ichidagi moddaning yonishidan hosil bo'lgan gazning massasi $m_2=15 \text{ g}$. Shu gazlar mushakdan $v_2=800 \text{ m/s}$ tezlik bilan uchib chiqsa, mushak qanday v_1 tezlik bilan otiladi?

Javob: $v_1 = v_2 \frac{m_2}{m_1} = 20 \text{ m/s}$.

2.44 Massasi $m_1=20 \text{ kg}$ bo'lgan snaryad gorizontal yo'nalishda $v_1=500 \text{ m/s}$ tezlik bilan uchib borib, platformaga ortigan qumga tiqildi. Platforma bilan qumning massasi $m_2=10 \text{ t}$ bo'lsa, snaryad zarbidan platforma qanday v_2 tezli bilan harakatlanadi?

Javob: $v_2 = v_1 \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 1 \text{ m/s}$.

2.45 Muz ustida turgan konkichi $v_1=5 \text{ m/s}$ tezlik bilan $m_1=10 \text{ kg}$ massali toshni gorizontalga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida uloqtiradi. Agar konkichining massasi $t_2=64 \text{ kg}$ bo'lsa uning harakatdagi boshlang'ich v_2 tezligi qanday bo'ladi?

Javob: $v_2 = v_1 \frac{m_1 \cos \alpha}{m_2} = 0,68 \text{ m/s}$.

2.46 Massasi $m_1=990 \text{ g}$ bo'lgan gorizontal sirtida yotgan jismga $m_2=10 \text{ g}$ massali o'q kelib tegdi va unda tiqilib qoldi. Agar o'qning gorizontal yo'nalgan tezligi $v_2=700 \text{ m/s}$ va jism bilan sirt o'rtasidagi ishqalanish koeffitsienti $k=0,05$ bo'lsa, o'q zarbidan harakatga kelgan jism to'xtaguncha qancha S masofani o'tgan?

Javob: $S = \frac{v^2}{2k \cdot g} \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 = 49 \text{ m}$.

2.47 Massasi $m_1=650 \text{ g}$ bo'lgan raketadan $t_2=400 \text{ g}$ portlovchi modda bir onda yonganda gazlar $v_2=400 \text{ m/s}$ tezlik bilan otilib chiqadi. Agar havoning qarshiligi ko'tarilish balandligini $N=5$ marta kamaytursa, raketa qanday balandlikkacha ko'tariladi?

Javob: $h = \frac{v^2}{2Ng} \left(\frac{m_2}{m_1} \right)^2 = 618 \text{ m}$.

2.48 Avtomatdan o'tish paytida u yelkaga qanday F o'rtacha bosim kuchi beradi? O'qning massasi $m=10 \text{ g}$, uning stvol kanalidan chiqish paytidagi tezligi $v=300 \text{ m/s}$. Avtomat bir minutda $N=300$ ta o'q uzatadi.

Javob:

2.49 Marsning eng yaqin yo'ldoshi sayyora markazidan $r=9,4 \text{ km}$ masofada bo'lib, uning atrofida $v=2,1 \text{ km/s}$ tezlik bilan harakatlanadi. Marsning massasi M aniqlansin.

Javob:

2.50 Massasi $m=150 \text{ g}$ bo'lgan koptok silliq devorga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida uriladi va undan tezligini yo'qotmagan holda qaytadi. Koptokning tezligi $v=10 \text{ m/s}$, zarb davomiyligi esa $\Delta t=0,1 \text{ s}$ ga teng. Koptokka devor tomonidan ta'sir qiluvchi F o'rtacha kuchni toping.

Javob:

2.51 Vertikal tushayotgan $m=200 \text{ g}$ massali sharcha polga $v=5 \text{ m/s}$ tezlik bilan uriladi va $h=46 \text{ sm}$ balandlikka ko'tariladi. Urilish paytida sharcha harakat miqdorining o'zgarishi (Δp) qanchaga teng?

Javob:

2.52 Juda silliq gorizontal maydonchada turgan to'pdan gorizontalga nisbatan $\alpha=30^\circ$ burchak ostida snaryad otiladi. Snaryadning massasi $m=200 \text{ kg}$, boshlang'ich tezligi $v=200 \text{ m/s}$. Agar to'pning massasi $M=500 \text{ kg}$ bo'lsa, o'tish paytida to'p qanday tezlik oladi?

Javob:

2.53 Massasi $m_1=990 \text{ g}$ bo'lgan jism gorizontal sirtida yotibdi. Jismga $m_2=10 \text{ g}$ massali o'q kelib tegdi va unda ilinib qoldi. O'qning tezligi gorizontal yo'nalgan va $v=700 \text{ m/s}$ ga teng. Agar jism bilan sirt o'rtasidagi ishqalanish koeffitsienti $k=0,05$ bo'lsa, o'q zarbidan harakatga kelgan jism to'xtaguncha qancha masofa o'tadi?

Javob:

2.54 Qayiqda turgan odam uning tumshug'idan quyruq'iga o'tadi. Agar odamning massasi $m=60$ kg, qayiqning massasi esa $M=120$ kg bo'lsa, uzunligi $l=3$ m bo'lgan qayiq qanday masofaga siljiydi? Suvning qarshiligini hisobga olmang.

Javob:

2.55 Massasi $M=500$ t bo'lgan poyezd gorizontol yo'lda tekis harakatlanmoqda. Massasi $m=20$ t bo'lgan oxirgi vagon poyezddan uzulib qoldi. Vagon to'xtagan momentda u bilan poyezd orasidagi masofa $L=500$ m ga teng bo'ldi. Vagon to'xtaguncha qancha masofa o'tgan? Harakatga qarshilik og'irlikka proporsional va harakat tezligiga bog'liq emas.

Javob:

2.56 $m=1$ kg massali jism Yer sirtida turibdi. Quyidagi ikki hol uchun og'irlik kuchining o'zgarishi ΔP aniqlansin: 1) Jism $h=5$ km balandlikka ko'tarilganda. 2) jismni chuqurligi $h=5$ km bo'lgan shaxtaga tushirilganda. Yer radiusi $R=6,37$ km va zichligi $\rho=5,5$ g/sm³ bo'lgan bir jinsli shar deb hisoblansin.

Javob:

2.57 Uzunligi $l=5$ m va ko'ndalang kesimining yuzasi $S=2$ mm² bo'lgan simga $m=5,1$ kg massali yuk osildi. Natijada sim $x=0,6$ mm ga uzaydi. Sim material uchun Yung moduli E topilsin.

Javob:

2.58 Uzunligi $l=3$ m va diametri $d=2$ sm bo'lgan po'lat tayvoqchaga massasi $m=2,5 \cdot 10^3$ kg bo'lgan yuk osilgan. Tayvoqchadagi kuchlanish σ hamda tayvoqchaning nisbiy ϵ va absolyut x uzayishi aniqlansin.

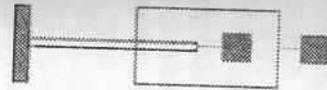
Javob:

2.59 Biktiriklari $k_1=0,3$ kN/m va $k_2=0,8$ kN/m bo'lgan ikki prujina ketma-ket ulangan. Agar ikkinchi prujina $x_2=1,5$ sm ga deformatsiyalangan bo'lsa, birinchi prujinaning absolyut deformatsiyasi x_1 aniqlansin.

Javob:

2.60 Ko'ndalang kesimi $r=0,5$ sm radiusli doira bo'lgan po'lat sterjinning yuqori uchi mahkamlangan. Sterjinning uzunligi l m. Agar sterjinning o'rtasiga maxsus osma yordamida $m=400$ kg massali yuk va uning pastki uchiga ham xuddi shunday yuk osilgan bo'lsa (1-rasm) sterjinning uzunligi qanday Δl kattalikka o'zgaradi? Po'lat uchun Yung moduli $E=200$ GN/m². Prujinaning og'iriligini hisobga olmang.

Javob:



3-§. Mexanikada saqlanish qonunlari

Jamga ta'bir etayotgan \vec{F} kuchning jismning elementar ko'chish $d\vec{s}$ ga ko'paytmaliga elementar **mexanik ish** deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F ds \cos \alpha \quad (1)$$

hunda, α – kuch va ko'chish yo'nalishlari orasidagi burchak.

$$A = \int_1^2 F ds \cos \alpha \quad (2)$$

Agar jism o'zgarimas kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli trayektoriya bo'yicha ko'chayotgan bo'lsa, u holda kuchning s masofada bajarigan mexanik ish uchun

$$A = F \cdot s \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

Agar kuch va ko'chish yo'nalishi bir xil, ya'ni $\alpha=0$ bo'lsa, u holda (3) ifoda oddiy ko'rinishga ega bo'ladi:

$$A = F \cdot s \quad (4)$$

Qurilmalarning ish bajarish qobiliyatini belgilash maqsadida quvvat tushunchasi kiritiladi. Vaqt birligi ichida bajarilgan ish bilan o'lchanadigan kattalik **quvvat** deb ataladi, ya'ni

$$P = \frac{dA}{dt} \quad [VI \text{ yoki } W] \quad (5)$$

hunda, dA – elementar mexanik ish, dt – elementar mexanik ishni bajarishga ketgan vaqt.

$$P = F \frac{ds}{dt} \cos \alpha = F \cdot v \cdot \cos \alpha = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (6)$$

Energiya jismning yoki jismlar sistemasining holatini uni bir holatdan boshqa holatga o'tganda ish bajarish qobiliyatini ifodalaydi. Jismlarning mexanik holatiga bog'liq bo'lgan energiya **mexanik energiya** deyiladi. Mexanik energiya – kinetik va potensial energiyalardan iborat bo'ladi. Mexanik energiya mazmunini tushinish uchun jismni \vec{F} kuch ta'sirida $d\vec{s}$ elementar kesmaga siljishidagi kuchning bajarigan ishini hisoblaylik.

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = m \vec{a} d\vec{s} \quad (7)$$

(7) – ifodadagi \vec{a} tezlanishni normal va tangentsial tashkil etuvchilarga ajratamiz, ya'ni

$$dA = m(\vec{a}_n + \vec{a}_t) d\vec{s} = m \vec{a}_n d\vec{s} + m \vec{a}_t d\vec{s} \quad (8)$$

hunda, $\vec{a}_n d\vec{s} = 0$ chunki, tezlanishning normal tashkil etuvchisi siljish yo'nalishiga doimo tik yo'nalgan shuning uchun (8) – ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$dA = m\vec{a}_i d\vec{s} = m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{v} = m\vec{v} d\vec{v} \quad (9)$$

endi, $\vec{v} d\vec{v} = v dv$ ni hisobga olgan holda, (9) – ifodani jism tezligini v_1 dan v_2 gacha oshirishda bajarilgan ishini hisoblaymiz:

$$A = \int_{v_1}^{v_2} m v dv = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \quad (10)$$

agar, $v_1 = 0$ bo'lsa, u holda yuqoridagi ifodani quyidagicha yozish mumkin,

$$A = \frac{mv^2}{2} - 0 \quad (11)$$

Demak, bajarilgan ish jism massasiga va uning tezligiga bog'liq bo'lgan kattalik o'zgarishiga teng ekan. Bu kattalikka jismning kinetik energiyasi deb ataladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (12)$$

Shunday qilib, berilgan sanoq sistemasida jism harakat tufayli o'lgan energiya *kinetik energiya* deb ataladi.

Potensial energiya berilgan sistemadagi jismlarning o'zaro vaziyati bilan bog'langan energiyadir va shu sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda bajarilgan ish bilan o'ltanadi. Og'irlik kuchi maydonida yer yuzasidan h balandlikda turgan jism potensial energiyasi quyidagicha teng:

$$E_p = mgh \quad (13)$$

bu yerda, g - erkin tushish tezlanishi, m - jism massasi. SI sistemasida kinetik va potensial energiyaning birligi sifatida *Joul* qabul qilingan.

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \vec{F}_i + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{i(i-1)} + \vec{F}_{i(i+1)} + \dots + \vec{F}_{in} \quad (14)$$

Kuzatilayotgan i -jism shu ta'sir etayotgan kuchlar tufayli dt vaqt ichida $d\vec{r}_i$ ga siljigan bo'lsin. (14) ning ikkala qismini $d\vec{r}_i$ ga skalyar ko'paytiramiz:

$$d\vec{r}_i \cdot m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = (\vec{F}_i + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{in}) \cdot d\vec{r}_i$$

va bundan $d\vec{r}_i = \vec{v}_i dt$ ekanligini hisobga olib yuqoridagi formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i = (\vec{F}_i + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{in}) \cdot d\vec{r}_i \quad (15)$$

formula faqat i -jism uchun yozilgan. Bunday formulalarni sistemadagi barcha jismlar uchun yozib, ularni mos ravishda qo'shib chiqsak:

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i - \sum (\vec{F}_i + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i = 0 \quad (16)$$

hoal bo'ladi. Ma'lumki, $m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i = i$ - jism kinetik energiyasining, $\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i$ esa sistema kinetik energiyasining o'zgarishini ifodalaydi.

$(\vec{F}_i + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i = i$ - jismga ta'sir qilayotgan konservativ kuchlarning bajarilgan ishi bo'lib, bu kattalik ikkinchi tomondan jism potensial energiyasining o'zgarishiga teng.

Kuzatilayotgan holda ish mushbat kattalikdan iborat bo'lib, bu jism potensial energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi, shuning uchun

$$-(\vec{F}_i + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{in}) d\vec{r}_i = dE_p \quad (17)$$

va (16) ning ikkinchi hadi sistema potensial energiyasining o'zgarishini ifodalaydi. Natijada (16) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$dE_k + dE_p = 0, \quad d(E_k + E_p) = 0, \quad \text{yoki } E_k + E_p = \text{const}, \quad (18)$$

hunda, $E_k + E_p$ - sistemaning to'la mexanik energiyasi. (18) formuladan quyidagi muhim xulosaga kelishimiz mumkin: berk sistemada faqat konservativ kuchlar mavjud bo'lsa, sistemaning to'la mexanik energiyasi o'zgarishsiz qaytmay qoladi, bu *mexanik energiyaning saqlanish qonunidir*.

$$\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{p}] \quad (19)$$

$$\vec{L} \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}} \right] - \text{Impuls momenti.}$$

Impuls momentining skalyar ko'rinishi:

$$L = rP \sin \alpha \quad (20)$$

$$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}] \quad (21)$$

$\vec{M} [N \cdot m]$ - Kuch momenti.

Kuch momentining skalyar ko'rinishi:

$$M = r \cdot F \sin \alpha \quad (22)$$

$$\frac{d\vec{L}_{\text{sis}}}{dt} = \vec{M}$$

$$(23)$$

(23) - ifodaga *momentlar tenglamasi* deb ataladi.

$$\frac{d\vec{L}_{\text{sis}}}{dt} = 0$$

ifoda *impuls momentining saqlanish qonunini* ifodalaydi.

Masala yechish uchun namunalari:

1-masala: $m=100 \text{ kg}$ massali yukni $t=2 \text{ s}$ vaqt davomida $h=4 \text{ m}$ balandlikka tekis tezlanuvchan ko'tarish uchun bajariladigan A ish hisoblangan.

Berilgan: $m=100 \text{ kg}$, $t=2 \text{ s}$, $h=4 \text{ m}$.

Formula: $A = F_n \cdot h$, $\vec{F}_n + m\vec{g} = m\vec{a}$, $h = \frac{at^2}{2}$.

Yechish:

Keltirilgan formulalar asosida ishchi formulani hosil qilamiz:

$$\vec{F}_n = m\vec{a} + m\vec{g} = m(\vec{a} + \vec{g}), \quad a = \frac{2h}{t^2}$$

$$A = mh \left(g + \frac{2h}{t^2} \right) = 100 \cdot 4 \cdot \left(9,8 + \frac{2 \cdot 4}{2^2} \right) = 4,72 \text{ kJ}.$$

Javob: 4,72 kJ.

2-masala: Nasos diametri $d=2 \text{ sm}$ bo'lgan suv oqimini $v=20 \text{ m/s}$ tezlik bilan haydaydi. Suvni haydash uchun kerak bo'lgan quvvat topilsin.

Berilgan: $d=2 \text{ sm}$, $v=20 \text{ m/s}$.

Formula: $N = \frac{A}{t}$, $A = Fl$, $l = vt$, $F = mg$, $m = \rho V$, $V = S \cdot h$

$$h = \frac{v^2}{2g}, \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Yechish:

Keltirilgan formulalardan foydalanib ishchi formulani hosil qilib olamiz:

$$N = \frac{\rho \cdot S g v^2}{2g} = \frac{\rho \cdot \pi \cdot d^2 \cdot v^3}{4} = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2 \cdot 20^3}{8} = 1,256 \text{ kVt}.$$

Javob: 1,256 kVt.

3-masala: Tosh ufq tekisligiga $\varphi=60^\circ$ burchak ostida yuqoriga otilgan. Toshning boshlang'ich paytdagi kinetik energiyasi $W_{kin0}=20 \text{ J}$. Harakat trayektoriyasining yuqori nuqtasida toshning kinetik W_{kin} va potensial W_{pot} energiyalari aniqlansin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

Berilgan: $\varphi=60^\circ$, $W_{kin0}=20 \text{ J}$.

Formula: $v = v_0 \cdot \cos \varphi$, $W_{kin} = \frac{mv^2}{2}$, $W = W_{kin} + W_{pot} = W_{kin0} + 0$

Yechish:

$$W_{pot} = W_{kin0} - W_{kin} = W_{kin0} - \frac{mv_0^2 \cos^2 \varphi}{2} = W_{kin0} (1 - \cos^2 \varphi) = W_{kin0} \cdot \sin^2 \varphi$$

$$W_{pot} = 20 \cdot \frac{3}{4} = 15 \text{ J}$$

Javob: 15 J.

4-masala: Og'irligi $P_1=49 \text{ N}$ bo'lgan jism $P_2=25 \text{ N}$ og'irlikdagi qo'zg'almas jism bilan to'qnashgandan keyin, bu ikki jismlar sistemasining kinetik energiyasi $W_{kin}=5 \text{ J}$ ga teng bo'lib qolgan. Uritishni markaziy va inelastik hisoblab, birinchi jismlarning urilishdan oldingi kinetik energiyasi topilsin.

Berilgan: $P_1=49 \text{ N}$, $P_2=25 \text{ N}$, $W_{kin}=5 \text{ J}$

Formula: $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) \cdot u$, $W_{kin} = \frac{m_1 v_1^2}{2}$, $W_k = \frac{(m_1 + m_2) \cdot u^2}{2}$

Yechish:

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot u}{m_1}, \quad u = \sqrt{\frac{2W_k}{m_1 + m_2}}, \quad v_1 = \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \cdot \sqrt{\frac{2W_k}{m_1 + m_2}}$$

$$W_{kin} = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 \cdot \left(\frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \cdot \sqrt{\frac{2W_k}{m_1 + m_2}} \right)^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} W_k$$

$$W_{kin} = \frac{(m_1 + m_2) W_k}{m_1} = \frac{(5 + 2,5)}{5} \cdot 5 = 7,5 \text{ J}.$$

Javob: 7,5 J.

5-masala: Agar prujinaga ta'sir qiluvchi kuchning deformatsiyaga proporsionalligi va uni $\Delta l_1=1 \text{ sm}$ siqish uchun $F=29,4 \text{ N}$ kuch kerakligi ma'lum bo'lsa, bu prujinani $\Delta l_2=20 \text{ sm}$ siqishda qancha A_2 ish bajariladi.

Berilgan: $\Delta l_1=1 \text{ sm}$, $F=29,4 \text{ N}$, $\Delta l_2=20 \text{ sm}$.

Formula: $A = - \int_0^l F dl = \int_0^l k dl = \frac{kl^2}{2}$, $F = -k\Delta l$

Yechish:

$$A_2 = \frac{k\Delta l_2^2}{2} = \frac{F\Delta l_2^2}{2\Delta l_1^2} = \frac{29,4 \cdot 0,2^2}{2 \cdot 0,01} = 58,8 \text{ J}.$$

Javob: 58,8 J.

6-masala: Sharcha gorizontal mutloq silliq tekislikka urilganda kinetik energiyasining uchdan bir qismini yo'qotadi. Tushish burchagi ($\alpha=45^\circ$) ni bilgan holda qaytish burchagini aniqlang.

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

Formula: $W_k = \frac{mv^2}{2}$

Yechish:

Sharchaning to'qnashgunga qadar tezligi v , to'qnashgandan keyin esa u ga teng bo'lsin. U holda,

$$\frac{mu^2}{2} = \frac{2mv^2}{3}$$

Bu yerdan $u = \sqrt{\frac{2}{3}}v$ kelib chiqadi. Boshqa tomondan esa sharchaga ta'sir etuvchi hamma kuchlar vertikal yo'nalgan, gorizontal yo'nalishda harakat miqdori, aniqrog'i tezlikning gorizontal tashkil etuvchisi o'zgarmaydi. Shuning uchun,

$$v \sin \alpha = u \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{v \sin \alpha}{u} = \frac{v \sin \alpha}{v \sqrt{\frac{2}{3}}} = \frac{\sqrt{3} \sin \alpha}{\sqrt{2}}$$

Bu ifodada $\alpha = 45^\circ$ ekanligini inobatga olib, $\beta = 60^\circ$ ekanligini aniqlaymiz.
 Javob: $\beta = 60^\circ$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

3.1 Bug' $F=50$ kN og'irlikdagi bolg'ani $h=60$ sm balandlikka bir tekisda ko'targanda, qancha A ish bajariladi?

Javob: $A = Ph = 30$ kJ

3.2 Ot massasi $m=2000$ kg bo'lgan vagonetkani rels ustida $S=1,3$ km masofaga bir tekisda tortib borishda qancha A ish bajaradi? Ishqalanish koeffitsienti $k=0,08$ ga teng deb oling.

Javob: $A = kmgS = 2,08 \cdot 10^6$ J.

3.3 Uzunligi $l=3$ m va massasi $m=80$ kg bo'lgan bir jinsli sterjen yerdan yotibdi. Uni vertikal qilib qo'yish uchun qancha A ish bajarish kerak?

Javob: $A = mgh = mg \frac{l}{2} = 1176$ J.

3.4 Bola chanani $F=200$ N kuch bilan gorizontga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida tortib bormoqda. U chanani $S=50$ m masofaga bir tekis siljitganda qancha A ish bajaradi?

Javob: $A = FS \cos \alpha = 8,86$ kJ.

3.5 O'zaro perpendikulyar bo'lgan $F_1=30$ N va $F_2=40$ N kuchlar ta'sirida jism teng ta'sir etuvchi kuch yo'nalishi $S=4$ m masofaga siljigan. Har bir kuchning bajargan A_1 va A_2 ishini hamda ularning birgalikda bajargan ishi A toping.

Javob:

$$A_1 = \frac{F_1 S}{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}} = 720$$

$$A_2 = \frac{F_2 S}{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}} = 1280$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = 2000$$

3.6 Kran og'irligi $P=20$ kN bo'lgan yukni $v=0,5$ m/s o'zgarmas tezlik bilan $t=5$ s davomida ko'tarishda bajargan A ishni toping.

Javob: $A = P_{\text{yuk}} t = 50$ kJ

3.7 Og'irligi $P=500$ N bo'lgan yukni boshlangich teziksiz $a=-2$ m/s² tezlanish bilan ko'tarish da yo'lining $h=20$ m qismida bajargan A ishni toping.

Javob:

3.8 Uzunligi $l=1,4$ m bo'lgan qiya tekislikdan og'irli $P=100$ N bo'lgan jism tekis sirpanib tushmoqda. Gorizont bilan qiya tekislik orasidagi burchak $\alpha=30^\circ$ bo'lsa, og'irlik kuchining bajargan ishi A ni toping.

Javob: $A = Pl \sin \alpha = 70$ J.

3.9 Bikrlik koeffitsienti $k=40$ kN/m bo'lgan prujinani $\Delta l=0,5$ sm ga cho'zish uchun qancha A ish bajarish kerak?

$$A = \frac{k \Delta l^2}{2} = 0,5$$

3.10 Prujinani $\Delta l_1=4$ mm ga cho'zishda $A_1=0,02$ J ish bajarilgan bo'lsa, uni $\Delta l_2=4$ sm ga cho'zish uchun qancha A_2 ish bajarish kerak?

$$A = A_1 \left(\frac{\Delta l_2}{\Delta l_1} \right)^2 = 2$$

3.11 Erkin tushayotgan $m=4$ kg massali jismning tezligi qandaydir masofada $v_1=2$ m/s dan $v_2=8$ m/s gacha ortdi. Bu masofada og'irlik kuchi qanday ish bajaradi?

Javob:

3.12 $m=200$ g massali tosh gorizontal sirtidan qandaydir burchak ostida otildi va u t=4 s dan so'ng $l=40$ m uzoqlikka borib tushdi. Bu toshni uloqtirishda qancha A ish bajarilgan?

$g=10$ m/s².

Javob:

3.13 Gorizontal yo'nalishda $v=800$ m/s tezlik bilan uchayotgan $m=5$ g massali o'q taxtani teshib o'tadi va undan $v_2=400$ m/s tezlik bilan uchib chiqadi. Taxta qarshilik kuchining bajarigan A ishini toping?

Javob:

3.14 Uzunligi $l=5$ m va ko'ndalang kesimi $S=0,01$ m² bo'lgan po'lat balkani gorizontal holatda ko'tarish krani yordamida $h=15$ m balandlikka tekis ko'tarishda bajarilgan A ishini hisoblang? Po'latning zichligi $\rho=7800$ kg/m³, $g=10$ m/s².

Javob:

3.15 Massasi $m=2$ kg bo'lgan jismni $a=3$ m/s² tezlanish bilan $h=1$ m balandlikka ko'tarish uchun qancha A ish bajarish kerak? $g=10$ m/s², $v_0=0$.

Javob:

3.16 Jismni o'zgarmas tezlanish bilan vertikal yuqoriga ko'tarishda jism harakatining 1 - sekundida bajarilgan A_1 ish, 2 - sekundidagi A_2 ishdan necha marta kichik? $v_0=0$.

Javob:

3.17 $m=1$ kg massali jism arqon yordamida vertikal yuqoriga qanday tezlanish bilan ko'tarilganda arqonning taranglik kuchi $t=2$ s da $A=48$ J ish bajaradi? $v_0=0$, $g=10$ m/s².

Javob:

3.18 $m=2$ kg massali jismni qiya tekislik bo'ylab $S=2,5$ m balandlikka $v=5$ m/s² tezlanish bilan tortuvchi o'zgarmas $F=20$ N kuchning bajarigan A ishini hisoblang? Ishqalanish yo'q. Kuch qiya tekislikka parallel yo'nalgan. $g=10$ m/s².

Javob:

3.19 Massasi $m=20$ kg bo'lgan jism qiya tekislik bo'ylab $S=10$ m yo'l o'tdi va $h=6$ m balandlikka ko'tarildi. Tortuvchi kuch qiya tekislikka parallel yo'nalgan. Ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,2$ ga teng. Bunda ishqalanish kuchining bajarigan A ishini hisoblang? $g=10$ m/s².

Javob:

3.20 Massasi $m=0,5$ kg bo'lgan jism balandligi $h=7$ m va qiyalik burchagi $\alpha=45^\circ$ bo'lgan qiya tekislikdan sirpanib tushmoqda. Agar ishqalanish koeffitsiyenti $\mu=0,2$ ga teng bo'lsa bunda ishqalanish kuchi bajarigan A ish qancha bo'ladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.21 Massasi $m=200$ kg bo'lgan vagonetka rels bo'ylab qiyaligi $\alpha=30^\circ$ bo'lgan tepalikka $a=0,2$ m/s² tezlanish bilan ko'tarilmoqda. $h=50$ m masofada tortib kuchi qancha A ish bajaradi? Ishqalanish koeffitsiyenti $\mu=0,2$, $g=10$ m/s², $h/3=1,7$.

Javob:

3.22 $m=10$ kg massali jism balandligi $h=6$ m bo'lgan tepalikdan sirpanib tushmoqda. Bunda og'irlik kuchi qancha ish bajaradi? $g=9,8$ m/s².

Javob:

3.23 Massasi $m=2$ kg bo'lgan jism gorizontal tekislikda tekislikka $a=4^\circ$ burchak hosil qilgan ip yordamida tekis harakatlantirilmoqda. Jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti $\mu=0,2$ ga teng. $S=2,4$ m masofada ipning taranglik kuchi qancha A ish bajaradi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.24 $m=10$ kg massali jism bikrligi $k=200$ N/m bo'lgan prujina bilan vertikal devorga boylangan. Ishqalanish koeffitsiyenti $\mu=0,2$. Jismni devordan $k=20$ sm uzoqlashtirishda unga gorizontal yo'nalishda ta'sir etvchi kuch qancha A ish bajaradi? Boshlang'ich holatda prujina deformatsiyalanmagan deb hisoblang. $g=10$ m/s².

Javob:

3.25 Kvadrat shaklidagi tomoni $a=1$ m, massasi $m=10$ kg bo'lgan plastinka silliq tekislikdan unga ulanib ketgan g'adir-budir tekislikka olib o'tilmoqda, plastinka bilan bu tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti $\mu=0,2$ ga teng. Plastinkani ikkinchi tekislikka to'liq olib o'tishda ishqalanish kuchiga qarshi qancha A ish bajarish kerak? $g=10$ m/s².

Javob:

3.26 Brandspoytdan otilib chiqayotgan suv oqimini gorizontal tabiatan qanday burchak ostida yo'naltirilganda suv $h=5$ m uzoqlikka tushadi. Tevhlik yuzasi $S=10$ sm², motorning quvvati $N=1$ kW, FIKi $\eta=50\%$. $g=10$ m/s².

Javob:

3.27 Silliq gorizontal sirtidan harakatlanib borayotgan shayba g'adir-budir bo'lgan sirtga o'tadi va $S=75$ sm yo'l o'tib to'xtadi. Shaybaning bu sirt bilan ishqalanish koeffitsiyenti $\mu_1=0,4$ dan $\mu_2=0,8$ gacha tekis ortdi. Shaybaning v tezligini aniqlang? $g=10$ m/s².

Javob:

3.28 Uzunligi 8 sm bo'lgan bir jinsli balka uzunligiga parallel yo'nalishda silliq gorizontal sirtidan harakatlana borib boshqa sirtga, ya'ni balka va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga teng bo'lgan sirtga o'ta boshlaydi. Uning tezligi qancha bo'lganda uning yarmi ikkinchi tekislikka o'tadi (sm/s)? $g=10$ m/s².

Javob:

3.29 Uzunligi $l=2$ m bo'lgan taxta gorizontal tekislikda (taxtacha va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti $\mu=0,2$) uzunligi yo'nalishi bo'ylab

$v=1,6$ m/s tezlik bilan harakatlanib borib shu tekislik bilan ulanib ketgan silliq tekislikka yetib keladi va u to'xtaganda uning uzunligining necha santimetri ikkinchi tekislikka o'tib qoladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.30 Uzunligi $l=2$ m bo'lgan bir jinsli taxta uzunligi yo'nalishi bo'yicha $v=3$ m/s tezlik bilan gorizontal silliq tekislikdan harakatlanib borib bu silliq sirt bilan ulanib ketgan ikkinchi tekislikka o'ta boshlaydi (bu tekislik bilan taxta orasidagi ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,2$ ga teng). Taxta to'xtaganda uning uzunligining necha santimetri ikkinchi tekislikda bo'ladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.31 $m=100$ g massali jism prujinaga osildi va bunda prujina $\Delta l_1=2$ sm ga uzaydi. Prujina yana $\Delta l_2=4$ sm ga uzaytirish uchun qancha A ish bajarish kerak (mJ)? $g=10$ m/s².

Javob:

3.32 Foydali quvvati $N_F=2,1$ MVt bo'lgan FD seriyali parovoz $v=54$ km/soat tezlik bilan yurganda qanday F_T tortishish kuchiga ega bo'ladi?

Javob: $F_T = \frac{N_F}{v} = 140$ kN

3.33 Tortish quvvati $N=30$ kVt bo'lgan traktor $t=5 \cdot 10^3$ kg massali pritepni gorizontalga nisbatan qiyalik burchagi $\alpha=12^\circ$ bo'lgan tepalikka qanday tezlik bilan torta oladi? Ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,4$.

Javob: $v = \frac{N}{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 1$ m/s.

3.34 Traktor yer haydashda $N_F=40$ kVt foydali quvvati bilan $F_g=10$ kN qarshilik kuchini yengan bo'lsa, u qanday v tezlik bilan harakatlangan?

Javob: $v = \frac{N_F}{F_g} = 4$ m/s.

3.35 Foydali ish koeffitsienti $\eta=80\%$ va motoring quvvati $N=1,5$ kVt bo'lgan kran $v=0,1$ m/s o'zgarmas tezlik bilan qancha t massali yukni ko'tara oladi?

Javob: $m = \frac{\eta N}{gv} = 1,2 \cdot 10^3$ kg.

3.36 Quvvati $N=4,5$ kVt bo'lgan motor harakatga keltiradigan qurilma $m=900$ kg massali qumni $h=5$ m balandlikka $t=20$ s davomida ko'tara oladi. Shu qurilmaning foydali ish koeffitsienti η ni toping.

Javob: $\eta = \frac{mgh}{Nt} = 0,49 = 49\%$.

3.37 Og'irligi $P=15$ kN bo'lgan avtomobil $v=26$ km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar ishqalanish koeffitsienti $k=0,02$ bo'lsa, dvigatel yo'lining har $S=1$ km masofasida qanday N quvvatga erishadi va qancha A ish bajaradi?

Javob: $N = kPv = 2,25$ kVt; $A = kPS = 300$ kJ.

3.38 Massasi $m=2 \cdot 10^3$ kg bo'lgan tinch turgan avtomobil harakatlanib, $h=60$ km/soat tezlikda $N=120$ kVt quvvatga erishgan bo'lsa, u qanday a tezlanish bilan harakatlangan?

Javob: $a = \frac{N}{mv} = 3,6$ m/s².

3.39 Foydali quvvati $N_F=7,5$ kVt bo'lgan suv nasosi yordamida chuqurligi $h=150$ m bo'lgan shaxtadan $F=1$ soatda chiqarilgan suvning hajmi V ni toping. Suvning zichligi $\rho=1 \cdot 10^3$ kg/m³ ga teng.

Javob: $V = \frac{N_F \cdot t}{\rho gh} = 18$ m³.

3.40 Paravoz $N=2$ MVt gacha quvvatga ega bo'la oladi. Agar umumiy qarshilik koeffitsienti $k=0,005$ ga teng bo'lsa bu paravoz massasi $m=2800$ t bo'lgan yukni gorizontal yo'lga qanday v o'zgarmas tezlik bilan torta oladi?

Javob: $v = \frac{N}{km} = 14,6$ m/s.

3.41 Agar $TU-114$ samolyoti yerdan $v=360$ km/soat tezlik bilan ko'tarilgan bo'lsa, uning dvigatellari qanday N_{DH} o'rtacha quvvatga erishgan. Samolyotning massasi $m=170$ t havo bilan o'rtacha ishqalanish koeffitsienti $k=0,05$, yugurish yo'lining uzunligi $S=3$ km.

Javob: $N_{DH} = mg \left(\frac{v^2}{2S} + k \cdot g \right) = 30 \cdot 10^6$ Vt = 30 MVt.

3.42 «Volga» avtomobilining yo'lovchilar bilan birgalikdagi og'irligi $P=17500$ N va dvigatelning quvvati $N=51,5$ kVt. Agar g'ildiraklarning yer sirtiga ishqalanish koeffitsienti $k=0,25$ ga teng bo'lsa, avtomobil qiyaligi $\alpha=30^\circ$ bo'lgan yo'lga ko'tarilishda qanday v maksimal tezlikka erishadi?

Javob: $v = \frac{N}{P(\sin \alpha + k \cos \alpha)} = 4,1$ m/s.

3.43 Og'irligi $P=1500$ N bo'lgan avtomobil har $S=1$ km dagi balandligi $h=10$ m bo'lgan tepalikka $v=36$ km/soat tezlik bilan ko'tarilganda, uning quvvati $N=30$ kVt ga yetgan. G'ildiraklarning yerga ishqalanish koeffitsienti k ni toping.

Javob: $k = \frac{N}{P_g} - \frac{h}{l} = 0,19$.

3.44 Samolyot har birining tortish kuchi $F=100$ kN dan bo'lgan 4 ta dvigatelga ega. Samolyot 240 m/s tezlik bilan harakatlanayotganda dvigatellarning umumiy foydali quvvati (kW) qanchaga teng bo'ladi?

Javob:

3.45 Massasi $m=2000$ kg bo'lgan avtomobil gorizontal yo'lga $v=72$ km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Harakatga qarshilik kuchi avtomobil og'irligining 1/20 qismini tashkil etadi. Avtomobilning foydali quvvatini aniqlang (kW)? $g=10$ m/s².

Javob:

3.46 Motorli qayiqcha $v=0,6$ m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar motorning quvvati $N=18$ Vt bo'lsa suvning qarshilik kuchini aniqlang.
Javob:

3.47 Massasi $m=6$ t bo'lgan gusenisali traktor $v=9$ km/soat tezlik bilan har $S=10$ m yo'lda $h=1$ m ko'tariladigan qiya tepalikka o'zgarmas tezlik bilan ko'tarilmoqda. Traktor dvigateli bunda qanday N_f foydali quvvat hosil qiladi?
g=10 m/s².

Javob:

3.48 Elektrovoz $v=36$ km/soat tezlik bilan harakatlenganda $N=60$ kVt quvvat iste'mol qiladi. Foydali ish ko'effitsiyenti $\eta=80\%$ bo'lsa uning tortish kuchi F_1 ni aniqlang?

Javob:

3.49 Quvvati $N=10$ kVt bo'lgan nasos $h=500$ m chuqurlikdan neft so'rib olmoqda. Har minutda $m=96$ kg neftni yer sirtiga tortib chiqarayotgan bo'lsa nasosning FIK i necha foiz? g=10m/s².

Javob:

3.50 F.I.K. $\eta=80\%$ bo'lgan suv nasosi har minutda $m=300$ kg suvni $h=80$ m balandlikka tortib chiqarmoqda. Nasosning quvvati N ni aniqlang (kVt)? g=10 m/s².

Javob:

3.51 Dvigatelinig quvvati $N=10$ kVt bo'lgan ko'tarish krani $m=2$ t massali yukni $h=50$ m balandlikka tekis ko'tarishda necha sekund o'tadi. F.I.K. i $\eta=80\%$, g=10 m/s².

Javob:

3.52 Yuk ortilgan vagonlarni elektrovoz $v=60$ km/soat tezlik bilan gorizontol yo'lda harakatga keltirishda foydali quvvati $N_f=100$ kVt bo'lsa, har $S=200$ m yo'lda $h=1$ m ko'tariladigan tepalikka $N=120$ kVt quvvat hosil qilgan holda qanday tezlik v bilan harakatlanadi ($km/soat$)? Qarshilik kuchi og'irlik kuchining 0,01 qismiga teng deb oling.

Javob:

3.53 Dvigateli o'chirilgan holda $M=1500$ kg massali avtomobil har $S=20$ m yo'lda $h=1$ m nishablikka ega bo'lgan yo'ldan $v=60$ km/soat tezlik bilan tekis harakatlanib tushmoqda. Shu qiyalikka shu tezlik bilan ko'tarilishda avtomobil dvigatelinig foydali quvvati N_f qancha bo'ladi (kVt)? g=10 m/s².

Javob:

3.54 Teploxod buksir barjasini $v=9$ km/soat tezlik bilan harakatga keltirganda kanatning taranglik kuchi $F_t=120$ kN ga teng bo'lib teploxod dvigatelinig quvvati $N=400$ kW. Dvigatel o'sha quvvat bilan ishlaganda teloxod buksirsiz qanday tezlik v bilan harakatlanadi ($km/soat$)? Suvning qarshilik kuchi harakat tezligiga to'g'ri mutanosib.

Javob:

3.55 Yer sirtida $m=1$ t massali raketa uchishga shay turtibdi. Agar yoqilg'i narfi 20 kg/s bo'lsa, raketa dvigatellari uchish davomida qanday N quvvatga erishadi (kVt)? g=10 m/s².

Javob:

3.56 $M=2$ t massali raketa Yer sirtidan $a=4$ m/s² tezlanish bilan ko'tarila boshlansa uning dvigatellari qanday quvvatga erishadi (kVt)? Yoqilg'i mahsulotlarining o'tilib chiqish tezligi $v=1200$ m/s. g=10 m/s².

Javob:

3.57 Yuzasi $S=10$ sm² bo'lgan teshikdan suv $v=10$ m/s tezlik bilan oqib chiqarmoqda. Bu suv oqimining foydali quvvati N_f ni aniqlang?

Javob:

3.58 Ventilyatorning aylanish tezligi 2 marta ortganda uning foydali quvvati necha marta ortadi?

Javob:

3.59 Qum to'ldirilgan xaltaga qandaydir tezlik bilan o'q tegib unga $f=15$ sm kirib to'xtadi. Agar shu o'q ikki marta katta tezlik bilan kelganda qancha masofada (sm) to'xtar edi? Qumning qarshilik kuchini o'qning tezligiga bog'liq emas deb hisoblang.

Javob:

3.60 Bir biriga yaqin holda parallel joylashirilgan bir xil qalimlikdagi tashlarning birinchisiga o'q v_0 tezlik bilan tegadi va undan $v_1=0,9v_0$ tezlik bilan uchib chiqadi. Nechanchi taxtada o'q tiqilib qoladi? Taxtaning qarshilik kuchini o'qning tezligiga bog'liq emas deb hisoblang. Og'irlik kuchini hisobga olmag.

Javob:

3.61 Oy sirtiga yaqin bo'lgan doiraviy orbitaga kosmik kemani chiqarishda sarflangan ish, xuddi shu kosmik kemani Yer sirtiga yaqin bo'lgan doiraviy orbitaga chiqarishda sarflangan ishdan necha marta kichik. Oyning massasi Yerning massasidan 80 marta kichik, radiusi esa 4 marta kichik.

Javob:

3.62 $m=0,8$ kg massali basketbol to'pi $v=10$ m/s tezlik bilan uchib harakatlana. O'yinchi to'pni ushlab olib uni $f=0,1$ s da to'xtatdi. Bunda o'yinchi o'rtaacha quvvati qancha bo'lgan?

Javob:

3.63 Massasi $m=10$ t bo'lgan tramvay tinch holatdan tekis tezlanuvchan harakatlanib harakatining 5-sekundi oxirida $v=18$ km/soat tezlikka erishgan paytda qanday quvvatga ega bo'ladi (kVt)? Qarshilik kuchini hisobga olmag.

Javob:

3.64 Massasi $m=1$ t bo'lgan avtomobil joyidan tekis tezlanuvchan harakatga kelib $S=50$ m masofani $f=5$ s da o'tadi. 5-sekund oxirida avtomobil

dvigatelci qanday quvvatga ega bo'ladi (kVt)? Qarshilik kuchini hisobga olmang.

Javob:

3.65 Massasi $m=6$ kg bo'lgan jism boshlang'ich tezliksiz erkin tashlandi. Og'irlik kuchining jism harakatining 1 - sekundidagi o'rtacha quvvatini aniqlang (Vt)?

Javob:

3.66 36 N kuch ta'sirida 3 kg massali jism yer sirtidan tik yuqoriga ko'tarilmoqda. Jism harakatining 2 s o'tgan paytida bu kuch qanday quvvat hosil qiladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.67 $F=42$ N kuch ta'sirida $m=3$ kg massali jism yer sirtidan tik yuqoriga ko'tarilmoqda. Jism $h=2$ m balandlikka ko'tarilgan paytda bu kuch qanday quvvat hosil qiladi (Vt)? $g=10$ m/s².

Javob:

3.68 Ko'tarish krani $M=1$ t massali yukni $a=1$ m/s² tezlanish bilan $t=10$ s da qandaydir balandlikka ko'tardi. Kran troslarining taranglik kuchining o'rtacha quvvatini aniqlang (kVt)? $g=10$ m/s².

Javob:

3.69 $M=1$ t massali samolyot tekis tezlanuvchan harakatlanib $S=300$ m yo'lda $v=30$ m/s tezlikka erishadi. Bunda samolyot dvigatellarining o'rtacha foydali quvvati qancha (kVt)? Harakatga qarshilik kuchi $F_q=300$ N ga teng.

Javob:

3.70 Bir xil massali ikki avtomobil bir paytda joyidan tekis tezlanuvchan harakatga keldi. Birinchi avtomobil ikkinchisiga nisbatan ikki marta katta tezlikka erishgan paytda birinchi avtomobilning o'rtacha quvvati ikkinchi avtomobilnikidan necha marta katta bo'ladi? Harakatga qarshilik kuchini hisobga olmang.

Javob:

3.71 $v=54$ km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan $m=50$ kg massali meteoritning kinetik energiyasi W_{kin} ni toping.

Javob: $W_{kin} = mv^2 / 2 = 375$ J.

3.72 $v=18$ km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan jismning kinetik energiyasi $W_{kin}=500$ J ga teng bo'lsa, u $t=5$ s vaqt o'tgandan keyin qanday energiyasi m ni toping.

Javob: $m = \frac{2W_{kin}}{v^2} = 40$ kg.

3.73 $m=2,5$ kg massali jism $F=6$ N o'zgarmas kuch ta'sirida tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan bo'lsa, u $t=5$ s vaqt o'tgandan keyin qanday W_{kin} kinetik energiyaga ega bo'ladi?

Javob: $W_{kin} = \frac{F^2 t^2}{2m} = 180$ J.

3.74 Massasi $m=5 \cdot 10^3$ kg bo'lgan to'pdan otilib chiqqan $m_1=100$ kg massali snaryadning kinetik energiyasi $W_{kin,1}=7,5 \cdot 10^6$ J ga teng bo'lsa, orqaga tepish natijasi to'p qanday $W_{kin,2}$ kinetik energiyaga ega bo'ladi?

Javob: $W_{kin,2} = W_{kin,1} \frac{m_2}{m_1} = 1,5 \cdot 10^3$ J.

3.75 $m=20$ g massali o'q $v=400$ m/s tezlik bilan qalinligi $S=25$ sm bo'lgan taxtaga kirib, undan $v_2=50$ m/s tezlik bilan uchib chiqdi. O'qning tashqari tomonda harakatlanishidagi qarshilik kuchi F_q ni toping.

Javob: $F_q = \frac{m(v_1^2 + v_2^2)}{2S} = 6,3$ kN

3.76 Gorizontal yo'lda ketayotgan teplovoz $F_t=150$ kN ga teng doimiy tortish kuchiga ega. Agar yo'lining $S=600$ m li qismi da uning tezligi $v_1=32,4$ km/soat dan $v_2=54$ km/soat gacha ortgan bo'lsa, massasi $m=1000$ t bo'lgan teplovozning harakatiga ta'sir qiluvchi qarshilik kuchi F_q ni toping.

Javob: $F_q = F_t - m \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2S} = 30$ kN

3.77 Massasi $m=100$ g li sharcha $R=50$ sm radiusli aylana bo'ylab $v=130$ qv/mtn chastota bilan tekis aylanayotir. Uning kinetik energiyasi W_{kin} ni toping.

Javob: $W_{kin} = \frac{4\pi R^2 v^2 m}{2} = 1,97$ J

3.78 $m=12$ kg massali snaryad $v_1=600$ m/s boshlang'ich tezlik bilan to'pdan otilgan va nishonga borib $v_2=500$ m/s tezlik bilan tekkan. Snaryadning uchish vaqtida qarshilikni yengish ishi A_q ni toping?

Javob: $A_q = \frac{m(v_1^2 + v_2^2)}{2} = 660$ kJ.

3.79 Otilgan to'p snaryadi $W_{kin,1} = 1,8$ MJ kinetik energiyaga ega bo'lgan. To'p snaryadning massasi $m_1=10$ kg, stvolining massasi $m_2=600$ kg bo'lsa, to'pki ta'sirida to'p stvoli qanday $W_{kin,2}$ kinetik energiya o'zadi?

Javob: $W_{kin,2} = W_{kin,1} \frac{m_1}{m_2} = 30 \cdot 10^3$ J

3.80 Jism qandaydir balandlikdan gorizontal holda $v=10$ m/s tezlik bilan o'tibdi. Qancha vaqtdan keyin jismning kinetik energiyasi ikki marta ortadi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.81 Qandaydir balandlikdan gorizontal holda $v=20$ m/s tezlik bilan tosh o'tibdi. O'tilgandan $t=4$ s o'tgan paytda uning kinetik energiyasi $W_{kin}=3000$ J ga teng bo'lsa, toshning massasi m qancha? $g=10$ m/s².

Javob:

3.82 $m=3$ kg massali jism yer sirtidan gorizontal $\alpha=60^\circ$ burchak ostida $v=8$ m/s tezlik bilan o'tibdi. Jismning eng yuqori ko'tarilish nuqtasidagi kinetik energiyasi W_{kin} ni toping?

Javob:

3.83 Jismni gorizontga nisbatan qanday burchak ostida uloqtirganda uning eng yuqori ko'tarilish nuqtasidagi kinetik energiyasi otilish paytidagisining 25% ini tashkil etadi.

Javob:

3.84 Avtomobil turargohdan tekis tezlanuvchan harakatlana boshladi. Avtomobilning dastlabki $t_1=10$ s dagi kinetik energiyasining o'zgarishi, keyingi $t_2=10$ s dagisidan necha marta kichik?

Javob:

3.85 Massasi $m=200$ kg bo'lgan jism $h=8$ m balandlikka ko'tarilsa, uning potentsial energiyasi qanday bo'ladi?

Javob: $W_{pot} = mgh = 15680$ J.

3.86 Hajmi $V=200$ sm^3 bo'lgan temir armatura har qavati $h=4$ m bo'lgan imoratning to'rtinchi $n=4$ qavatiga chiqarilganda qanday W_{pot} potentsial energiyaga ega bo'ladi? Temirning zichligi $\rho=7,9 \cdot 10^3$ kg/m^3 .

Javob: $W_{pot} = n\rho Vgh = 2448$ J.

3.87 Xonaning balandligi $H=3$ m, xonadagi stolning balandligi esa $h=0,75$ m ga teng. Stol ustida $m=5$ kg massali qadoq tosh turgan bo'lsa, uning stolga, polga va shippga nisbatan potentsial energiyasini toping.

Javob:

$W_{pot} = mg(h_2 - h_1) = 0$; $W_{pot2} = mgh_2 = 36,75$ J; $W_{pot3} = mg(h_1 - h) = -110,25$ J.

3.88 Massasi $m=25$ kg bo'lgan yukning potentsial energiyasi $W_{pot1}=490$ J ga o'tirishi uchun uni qanday h_1 balandlikka ko'tarish kerak? Yukning potentsial energiyasini $W_{pot2}=245$ J ga kamaytirish uchun uni qancha h_2 pastga tushirish kerak?

Javob: $h_1 = \frac{W_{pot1}}{mg} = 2$ m; $h_2 = \frac{W_{pot2}}{mg} = -1$ m.

3.89 Tosh yer sirtidan tik yuqoriga $v=10$ m/s tezlik bilan otiladi. Qanday balandlikka ko'tarilganda uning W_{kin} kinetik energiyasi 5 marta kamayadi?

Javob:

3.90 Jism yer sirtidan tik yuqoriga $v=20$ m/s tezlik bilan otiladi. Qanday balandlikda uning kinetik energiyasi potentsial energiyasiga teng bo'ladi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.91 $m=0,5$ kg massali jism yer sirtidan $h=10$ m balandlikdan $v=10$ m/s tezlik bilan gorizontol yo'nalishda otiladi. Jismning yerga urilish paytidagi W_{kin} kinetik energiyasini aniqlang? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.92 Jism yer sirtidan $h=10$ m balandlikdan gorizontga qandaydir burchak ostida $v=20$ m/s tezlik bilan otiladi. Yer sirtidan $H=25$ m balandlikda uning tezligi qancha bo'ladi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.93 Jism $h=30$ m balandlikdan $v=10$ m/s tezlik bilan vertikal pastga otiladi. Yer sirtidan qanday balandlikda uning kinetik energiyasi ikki marta ortadi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.94 Yer sirtidan biror jismni gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otilganda trayektoriyasining eng yuqori ko'tarilish nuqtasida uning kinetik va potentsial energiyalari teng bo'ladi?

Javob:

3.95 Kichik jism $v=4$ m/s tezlik bilan gorizontol silliq sirt bo'ylab harakatlana borib silliq tepalikka ko'tarila boshlaydi va bunda u qancha balandlikkacha ko'tariladi (sm)? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.96 $l=1$ m uzunlikdagi cho'zilmas yengil ipda po'lat sharcha osilib turibdi. Sharchaga gorizontol yo'nalishda qanday tezlik berilsa u ip bog'langan nuqta balandligicha ko'tarila oladi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.97 Uzunligi $l=0,4$ m bo'lgan yengil va qattiq sterjenning bir uchiga mahkamlangan sharchaga gorizontol yo'nalishda qanday minimal tezlik berilsa u vertikal tekislikda to'liq aylana oladi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.98 Uzunligi $l=80$ sm bo'lgan yengil sterjenning uchlari $m=1$ kg va $M=1$ kg massali jismlar mahkamlangan. Sterjenning markazidan o'tuvchi gorizontol o'q atrofida sistema erkin aylana oladi. Sterjen gorizontol holatga keltirilib qo'yib yuboriladi. Sterjen vertikal holatga kelganda yuklarning tezligi qanday bo'ladi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.99 Uzunligi $l=150$ sm bo'lgan yengil sterjenning uchlari $m=1$ kg va $M=1$ kg massali jismlar mahkamlangan. Sterjen gorizontol o'q atrofida erkin aylana oladi. Gorizontol o'q sterjen uzunligini 1:2 nisbatda bo'luvchi nuqtasidan o'tkazilgan. Sterjen muvozanat holatda turganda unga qanday minimal burchak tezlik berilsa u vertikal tekislikda to'liq aylana oladi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.100 Silliq gorizontol sirtida yotgan uzunligi $l=72$ sm , massasi $m=300$ g bo'lgan arqonning bir uchiga uncha katta bo'lmagan $M=100$ g massali yuk mahkamlangan. Yuk stolning chetiga keltirilib qo'yib yuboriladi. Arqonning ikkinchi uchi stoldan uzilayotgan paytda arqon va yuk qanday tezlikka erishadi? $g=10$ m/s^2 .

Javob:

3.101 $M=2$ t massali vagon $v=2$ m/s tezlik bilan kelib vertikal devorga uriladi va bunda bikirlilari $k=100$ kN/m dan bo'lgan ikkita bufer prujinalari qanday maksimal deformatsiyalanadi (sm)?

Javob:

3.102 Rogatka tayyorlashda bikrligi $k=400$ N/m bo'lgan rezina shnurdan foydalanildi. $m=10$ g massali toshni shurning o'rtasiga joylashtirib va $F=40$ N kuch bilan tortiladi va qo'yib yuboriladi. Tosh qanday tezlik bilan uchib chiqadi?

Javob:

3.103 Bikrligi $k=200$ N/m bo'lgan deformatsiyalanmagan prujinaning pastki uchiga $m=1$ kg massali yuk bog'lanib sekin qo'yib yuboriladi. Bunda yuk prujinani necha santimetr gacha cho'zadi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.104 Bikrligi $k=400$ N/m bo'lgan deformatsiyalanmagan prujinaning pastki uchiga $m=250$ g massali yuk bog'lanib sekin qo'yib yuboriladi. Bunda yuk qanday maksimal v tezlikka erishadi (sm/s)? $g=10$ m/s².

Javob:

3.105 Bikrligi $k=1000$ N/m, uzunligi $l=1$ m bo'lgan yengil va vertikal joylashtirilgan prujina polga maksimal $F=400$ N kuch bilan ta'sir qilishi uchun $m=10$ kg massali yukni prujina ustiga polga nisbatan qanday balandlikdan erkin tashlash kerak (sm)? $g=10$ m/s².

Javob:

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

Javob:

3.107 Shiftga bog'langan bikrligi $k=250$ N/m bo'lgan elastik rezina shnuriga $m=1,6$ kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukni vertikal yuqoriga tomon $v=1$ m/s tezlik bilan turtiladi, bunda yuk qanday maksimal balandlikka ko'tariladi (mm)? $g=10$ m/s².

Javob:

3.108 Shiftga bog'langan bikrligi $k=500$ N/m bo'lgan elastik rezina shnuriga $m=5$ kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukka vertikal yuqoriga birinchi marta $v_1=0,5$ m/s, ikkinchi marta esa $v_2=2$ m/s boshlang'ich tezlik beriladi. Ikkinchi martasida yuk birinchi martadagidan necha marta yuqori balandlikka ko'tariladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.109 Shiftga bog'langan bikrligi $k=500$ N/m bo'lgan elastik rezina shnuriga $m=5$ kg massali yuk ilingan va yuk muvozanatda. Yukka birinchi marta vertikal yuqoriga $v_1=2$ m/s boshlang'ich tezlik beriladi, ikkinchi marta vertikal pastga shu tezlik beriladi. Birinchi holda yuk to'xtaguncha o'tgan masofasi ikkinchi holdagidan necha marta katta? $g=10$ m/s².

Javob:

3.110 Yengil sterjening bir uchi shiftga osilgan va u vertikal tekislikda tebrana oladi. Uning ikkinchi uchiga massasi $m=0,1$ kg bo'lgan uncha katta

bo'lmagan yuk mahkamlangan. Sterjen gorizontol holatga keltirilib qo'yib yuboriladi. Yuk trayektoriyasining eng quyi nuqtasiga kelganda sterjenga qanday kuch bilan ta'sir etadi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.111 Bir uchiga $m=0,3$ kg massali yuk mahkamlangan yengil sterjen ikkinchi uchidan o'tuvchi gorizontol o'q atrofida erkin aylana oladi. Yuk eng yuqori vaziyatiga keltirilib (sterjen vertikal) qo'yib yuboriladi. Yuk eng quyi vaziyatidan o'tayotganda sterjendagi taranglanish kuchi qancha bo'ladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.112 Mayatnik uzunligi $l=2$ m bo'lgan cho'zilmas ipga bog'langan kichik og'ir sharchadan tashkil topgan. Sharchani muvozanat vaziyatidan qanday balandlikka og'dirib qo'yib yuborilganda muvozanat vaziyatidan o'tayotganida ipdagi taranglik kuchi sharchaning og'irlik kuchidan ikki marta katta bo'ladi (sm)?

Javob:

3.113 $m=1$ kg massali kichik sharcha uzun ipga osilgan. Ip maksimal $F=100$ N kuchga bardosh beradi. Sharchani quyi holatidan kamida qanday burchakka og'dirib qo'yib yuborilsa ip uzilmaydi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.114 Bir uchi mahkamlangan ipning ikkinchi uchiga $m=0,2$ kg massali kichik sharcha bog'langan. Sharchani gorizontol vaziyatga keltirib qo'yib yuboriladi. Ip vertikal bilan $\alpha=60^\circ$ burchak tashkil etgan paytda ipdagi taranglanish kuchi qancha bo'ladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.115 Ingichka ipga massasi $m=2\sqrt{5}$ kg bo'lgan kichik sharcha osilgan. Ip va sharcha gorizontol vaziyatga keltirilib sharcha qo'yib yuboriladi. Sharchaning tezlanish vektori gorizontol yo'nalgan paytda ipning taranglik kuchi qancha bo'ladi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.116 $l=50$ sm uzunlikdagi ipga osilgan sharcha quyi holatidan $h=20$ sm balandlikka og'dirilib qo'yib yuboriladi. Sharchaning harakati mobaynida ipdagi maksimal taranglik kuchi minimal taranglik kuchidan necha marta katta bo'ladi?

Javob:

3.117 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?

Javob:

3.118 Uzunligi $l=2$ m bo'lgan cho'zilmaydigan yengil ipga sharcha osilgan. Sharchaga gorizontol yo'nalishda qanday minimal tezlik berilsa u vertikal tekislikda to'liq aylana chizadi? $g=10$ m/s².

Javob:

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

Javob:

3.136 Silliq gorizontal stol ustida bir to'g'ri chuziq bo'yicha bir-biriga tegmagan holda uchta shar joylashtirilgan ($m_1=2m$, $m_2=m$, $m_3=m/2$). Birinchi sharga ikkinchi shar tomon $v_1=9$ m/s tezlik beriladi va u ikkinchi shar bilan, ikkinchi shar esa uchinchisi bilan markaziy, elastik to'qnashadi. Uchinchi sharining tezligini aniqlang?

Javob:

3.137 Alfa-zarra qandaydir tezlik bilan uchib kelib tinch turgan geliy yadrosi bilan mutlaq elastik to'qnashadi. To'qnashuvdan keyin zarralarning harakat yo'nalishlari orasidagi burchak necha gradus bo'ladi?

Javob:

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

Javob:

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

Javob:

3.140 $v=120$ sm/s tezlik bilan uchib borayotgan $m_1=100$ g massali shar tinch turgan $m_2=300$ g massali shar bilan mutloq elastik to'qnashdi. To'qnashuv vaqtida uchib kelgan $m_3=100$ g massali shar tezlik yo'nalishi bilan sharlar markazlarini tutashiruvchi chiziq orasidagi burchak $\alpha=60^\circ$. To'qnashuvdan keyin dastlab tinch turgan sharining tezligi necha sm/s ga teng bo'ladi? Sharlar sirti silliq.

Javob:

3.141 $m_1=70$ g massali shar tinch turibdi. $v_2=44$ sm/s tezlik bilan uchib kelayotgan xuddi shunday o'lchamdagi $m_2=150$ g massali boshqa sharining tezlik yo'nalishi tinch turgan shar sirtiga urinma yo'nalishda bo'lsa mutloq elastik to'qnashuvdan keyin 150 g massali sharining tezligi necha sm/s ga teng bo'ladi? Sharlar sirti silliq.

Javob:

3.142 Massalari $m=2$ kg dan bo'lgan ikki shar silliq gorizontal sirtida bir-biriga tekkizilgan holda tinch turibdi. Ular markazlarini tutashiruvchi chiziqqa perpendikulyar yo'nalishda uchinchi shar kelib uriladi va u to'xtab

qoldi. Uchinchi shar tezligining yo'nalishi sharlar tegib turgan nuqtasi yo'nalishida bo'lsa uning massasi qancha? Sharlar radiuslari bir xil va ular sirti silliq. Urilish mutlaq elastik deb hisoblang.

Javob:

3.143 Yengil sharcha erkin tusha boshlab $l=1,25$ m masofa o'tganda yuqoriga $v=2,5$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan og'ir plita bilan elastik urilish ortga qaytdi. Bunda u qancha balandlikka sakraydi? $g=10$ m/s².

Javob:

3.144 Stol tennisida o'ynaladigan plastmassa sharcha $h=80$ sm balandlikdan erkin tashlanib eng quyi nuqtaga kelganida uni raketka bilan tik yuqoriga qaytarildi, bunda sharcha boshlang'ich holatga nisbatan 4 marta katta balandlikka ko'tarilgan bo'lsa urilish vaqtida raketkaning tezligi qanday bo'lgan? Raketkaning massasini sharcha massasidan juda katta va urilish mutlaq elastik deb hisoblang. $g=10$ m/s².

Javob:

3.145 Gorizontal yo'nalishda uchib kelayotgan sharcha silliq gorizontal sirtga joylashtirilgan pona sirtiga elastik urilib vertikal yuqoriga sakraydi. Agar urilishdan so'ng ponaning tezligi $v=2$ m/s ga teng bo'lsa sharcha urilish nuqtasiga nisbatan qancha balandlikka sakraydi? Ponaning massasi sharcha massasidan 10 marta katta. $g=10$ m/s².

Javob:

3.146 Yengil prujina massalari $m_1=0,9$ kg va $m_2=0,1$ kg bo'lgan ikki jism orasida siqilgan holda turibdi, bunda prujinaning energiyasi $W_{\text{pr}}=100$ J. Pujina qo'yib yuborilgandan so'ng massasi katta bo'lgan jism qanday W_{kin} kinetik energiyaga ega bo'ladi?

Javob:

4-§. Qattiq jismlar mexanikasi

Elementar bo'lakcha massasi (m) bilan bu bo'lakchadan aylanish markazigacha bo'lgan masofa kvadrati (r^2) ko'paytmasiga teng bo'lgan kattalik elementar bo'lakchani (moddiy nuqtaning) aylanish markaziga nisbatan **inersiya momenti** deyiladi:

$$I = mr^2 \quad [kg \cdot m^2] \quad (1)$$

Jismining o'qqa nisbatan inersiya momenti quyidagi formuladan topiladi:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \quad (2)$$

$\vec{P} = m\vec{v}$ ko'rinishdagi impuls o'tmiga aylanma harakatda

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega} \quad (3)$$

ko'rinishdagi impuls momenti qo'llaniladi.

Nyutonning $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ shaklidagi qonunini aylanma harakatga tadbqiq etib, aylanma harakatning asosiy tenglamasini keltirib chiqaramiz. Bunda tenglamadagi \vec{P} vektorni \vec{L} bilan, \vec{F} ni kuch momenti \vec{M} bilan almashirsak, **aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni** quyidagicha yoziladi:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = I\vec{\varepsilon} \quad \text{yoki} \quad \vec{M} = I\vec{\varepsilon} \quad (4)$$

Shteyner teoremasi:

$$I = I_0 + ma^2 \quad (5)$$

a - o'qlar orasidagi masofa, I_0 - jismining massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti, I - massa markazidan o'tuvchi o'qqa parallel istalgan o'qqa nisbatan inersiya momenti.

	Ba'zi bir jinsli jismlarning inersiya momentlari:
	Ingichka sterjen, o'q markaz orqali: $I = \frac{1}{12} ml^2$
	Ingichka sterjen, o'q bir uchi orqali: $I = \frac{1}{3} ml^2$
	To'g'ri burchakli parallapeped, o'q markaz orqali: $I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$

	To'g'ri burchakli parallapeped, o'q bir uchi orqali: $I = \frac{1}{3} ma^2$
	Silindr: $I = \frac{1}{2} mR^2$
	Ichi bo'sh silindr: $I = \frac{1}{2} m(R^2 + r^2)$
	Yupqa devorli ichi bo'sh silindr: $I = mR^2$
	Yupqa devorli ichi bo'sh shar, sfera: $I = \frac{2}{3} mR^2$
	Shar: $I = \frac{2}{5} mR^2$

Ilgarilanna harakat	Aylanma harakat
Ko'chish va yo'l:	Burchak
\vec{r} va S	φ va $\vec{\varphi}$
Tezlik:	Burcha tezlik:
$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, v = \frac{ds}{dt}$	$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$
Tezlanish:	Burcha tezlanish:
$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$	$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$
Massa:	Inersiya momenti:
m	$I = mr^2$
Kuch:	Kuch momenti:
\vec{F}	$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}]$
Impuls:	Impuls momenti:
$\vec{P} = m\vec{v}$	$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$

Dinamikaning asosiy qonuni

$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$	$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$
Ish:	Ish:
$dA = Fds$	$dA = Md\varphi$
Kinetik energiya:	Kinetik energiya:
$E_k = \frac{mv^2}{2}$	$E_k = \frac{I\omega^2}{2}$

Masala yechish uchun namunalar:

1-masala. Moddiy nuqtaning massasi $m=0,4 \text{ kg}$. Shu nuqtadan $r=30 \text{ sm}$ uzoqlikdan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti I ni toping?

Berilgan: $m=0,4 \text{ kg}$, $r=30 \text{ sm}$

Formula: $I = mr^2$

Yechish:

Masala shartiga ko'ra qattiq jismning inersiya momentini topish formulalaridan kerakli formula tanlandi:

$$I = mr^2 = 0,4 \cdot 0,3^2 = 0,036 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Javob: $0,036 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

2-masala. Massalari $m=20 \text{ g}$ bo'lgan uchta kichkina sharcha tomonlari $a=20 \text{ sm}$ bo'lgan teng tomonli uchburchakning uchlari joylashgan va o'zaro ma'kamlangan. Tizimning inersiya momenti J quyidagi o'qlarga nisbatan aniqlansin: 1) uchburchak tekisligiga tik ravishda uning tashqi aylanasining markazidan o'tuvchi; 2) uchburchak tekisligida yotuvchi va uning tashqi aylanasining markazi hamda uchburchak uchlarning biridan o'tuvchi. Baharlarni tutashiruvchi tayochalar massasi hisobga olinmasin.

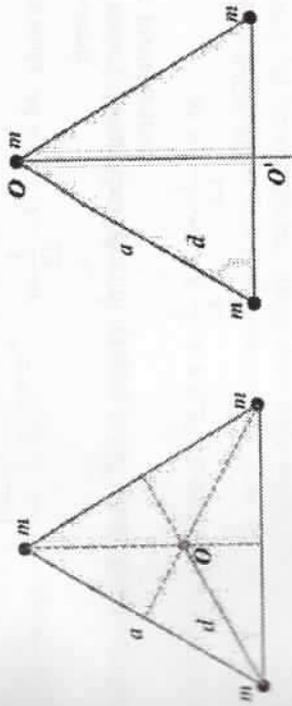
Berilgan: $m=20 \text{ g}$, $a=20 \text{ sm}$

Formula:

$$I = 3md^2, \quad d = \frac{a/2}{\cos \frac{\varphi}{2}}, \quad I = I_1 + I_2 + I_3, \quad I_2 = I_3 = m \left(\frac{a}{2} \right)^2.$$

Yechish:

Masala shartiga mos chizma chizamiz:



Berilgan formulalardan foydalanib inersiya momentini topamiz:

$$1) \quad I = 3m \left(\frac{a/2}{\cos \frac{\varphi}{2}} \right)^2 = 3 \cdot 0,02 \cdot \left(\frac{0,2/2}{\cos \frac{60^\circ}{2}} \right)^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$2) \quad I_1 = 0, \quad I = I_2 + I_3 = 2m(a/2)^2 = 2 \cdot 0,02 \cdot (0,2/2)^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Berilgan: $8 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2, 4 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

3-masala. Gorizontal holatda aylanayotgan $R=1 \text{ m}$ radiusli platforma chetida yuk yotibdi. Yuk va platforma o'rtasidagi ishqalanish ko'effitsienti $k=0,05$. Platforma tekis tezlanuvchan aylansa va $t_0=2 \text{ min}$ vaqt momentida $\omega=1,4 \text{ rad/s}$ burchak tezlikka ega bo'lsa, u aylana boshlagandan keyin qanday vaqt momentida yuk platformadan sirpanib tushadi?

Berilgan: $R=1 \text{ m}, k=0,05, t_0=2 \text{ min}, \omega=1,4 \text{ rad/s}$

Formula: $t = \frac{t_0}{\omega} \sqrt{\frac{kg}{R}}$

Yechish:

$$t = \frac{t_0}{\omega} \sqrt{\frac{kg}{R}} = 1 \text{ min}$$

Javob: 1 min.

4-masala. Uzunligi $l=50 \text{ sm}$ va massasi $m=0,4 \text{ kg}$ bo'lgan ingichka bir jinsli tayoqcha o'rtasidan tayoqchaga tik ravishda o'tadigan o'q atrofida $\varepsilon=3 \text{ rad/s}^2$ burchak tezlanish bilan aylanadi. Aylantiruvchi moment M aniqlansin.

Berilgan: $l=50 \text{ sm}, m=0,4 \text{ kg}, \varepsilon=3 \text{ rad/s}^2$

Formula: $M = \varepsilon I, \quad I = \frac{1}{12} ml^2$

Yechish:

Masalani formulalari shartini chuqur tahlil qilish orqali keltirildi va ulardan foydalanamiz:

$$M = \varepsilon \cdot \frac{1}{12} ml^2 = 3 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,4 \cdot 0,5^2 = 0,025 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Javob: 0,025 N·m.

5-masala. Jukovskiy kursisida turgan odam ufq tekisligi yo'nalishida $v=20 \text{ m/s}$ tezlik bilan uchib kelayotgan massasi $m=0,4 \text{ kg}$ bo'lgan to'pni qo'li bilan tutib oladi. To'pning trayektoriyasi kursi aylanayotgan tik o'qdan $r=0,8 \text{ m}$ masofadan o'tadi. Agar odam va kursining yig'indi inersiya momenti $J=6$

$\text{kg} \cdot \text{m}^2$ bo'lsa, Jukovskiy kursisi to'pni ushlagan kishi bilan birgalikda qanday ω burchak tezlik bilan aylana boshlaydi?

Berilgan: $v=20 \text{ m/s}, m=0,4 \text{ kg}, r=0,8 \text{ m}, J=6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

Formula: $L = mvr = I\omega, \quad I = mR^2$

Yechish:

Impuls momentining saqlanish qonuniga ko'ra $L_1 = L_2$ bo'ladi. Birinchi moment $L_1 = mvr$ ko'rinishida bo'lsa, ikkinchi moment inersiya momentlarining yig'indisiga burchak tezlik ko'paytmasi orqali ifodalanadi: $L_2 = (I_1 + I_2)\omega$. $I_1 = mR^2$ - to'pning inersiya momenti I_2 - kursi bilan odam inersiya momenti.

$$\omega = \frac{mvr}{mR^2 + J} = \frac{0,4 \cdot 20 \cdot 0,8}{0,4 \cdot 0,8^2 + 6} = 1,02 \text{ rad/s}$$

Javob: 1,02 rad/s.

6-masala. Uzunligi $l_1=1 \text{ m}$ bo'lgan ipning uchiga bog'langan $m=100 \text{ g}$ massali sharcha ufq tekisligida sirpangancha $v=1 \text{ s}^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Ip qisqartirilib, sharcha aylanish o'qiga $l_2=0,5 \text{ m}$ masofagacha yaqinlashdi. Bunda sharcha qanday v_2 chastota bilan aylanadi? Ipni qisqartirishda tashqi kuch qanday A ish bajardi? Sharchaning tekislikka ishqalanishi inobotiga olinmasin.

Berilgan: $l_1=1 \text{ m}, l_2=0,5 \text{ m}, m=0,1 \text{ kg}, v=1 \text{ s}^{-1}, l_2=0,5 \text{ m}$

Formula: $L = I\omega, \quad \omega = 2\pi\nu, \quad I = ml^2, \quad A = W_{k2} - W_{k1}, \quad W = \frac{J\omega^2}{2}$

Yechish:

Keltirilgan formulalardan so'ralgan fizik kattaliklarni topib olamiz:

$$L_1 = L_2 \text{ orqali } v_2 = \left(\frac{l_1}{l_2} \right)^2 \cdot v_1 = 4 \text{ s}^{-1}$$

$$A = \frac{J_1\omega_1^2}{2} - \frac{J_2\omega_2^2}{2} = 2\pi^2 m v_1 \left(\frac{l_1}{l_2} \right)^2 (l_1^2 - l_2^2) = 5,92 \text{ J}$$

Javob: $4 \text{ s}^{-1}, 5,92 \text{ J}$.

7-masala. Bir xil $m=2 \text{ kg}$ massaga ega bo'lgan chambarak va yaxlit silindr bir xil $v=5 \text{ m/s}$ tezlik bilan sirpanishsiz dumalamoqda. Bu jismlarning kinetik energiyalari W_{k1} va W_{k2} topilsin?

Berilgan: $m=2 \text{ kg}, v=5 \text{ m/s}$

Formula: $W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}, \quad I = \frac{2}{5} mR^2, \quad \omega = \frac{v}{R}$

Yechish:

Kinetik energiyalarni topish formulalardan foydalanamiz.

$$W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{7mv^2}{5} = 14 J$$

$$W_{k1} = \frac{mv^2}{2} = 10 J, \quad W_{k2} = W_k - W_{k1} = 4 J.$$

Javob: 10 J, 4 J.

Mustaqil yechish uchun masalalar

4.1 $m=0,5$ kg massali moddiy nuqtaning nuqtadan $r=40$ sm uzoqlikdan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti J aniqlansin.

Javob: $0,08 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

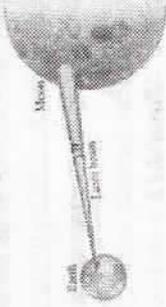
4.2 Radianlarda quyidagi (a) 45° , (b) 60° , (c) 90° , (d) 360° va (e) 445° burchaklarni ifodalang. Raqam qiymatlari va π dagi ko'rinish kabi ifodalang.

Javob:

4.3 Quyosh yerdan $L=150000000$ km uzoqlikda Yerga taxminan $\varphi=0,5'$ burchakda joylashgan. Quyoshning radiusini hisoblang.

Javob:

4.4 Lazer nuri yerdan $L=380000$ km uzoqlikda joylashgan Oyga yo'naltirilgan. Nur $\theta=1,4 \cdot 10^{-5}$ radian burchak ostida tarqaladi (rasm 4.4). Lazer nuri oyda qanday diametrlil dog' hosil qiladi?



Rasm-4.4

Javob:

4.5 Bir bola boshqa bir bolaga balandligi $h=3,5$ m bo'lgan zinadan ko'ptokni yumalatdi. Agar ko'ptok $N=12$ marta aylansa, uning diametri qanday bo'ladi?

Javob:

4.6 G'ildiragining diametri $d=68$ sm bo'lgan velosiped $S=9,2$ km harakatlandi. Velosipedning g'ildiraklari necha marta aylangan?

Javob:

4.7 Avtomobil motori $t=2,5$ s da $v_1=3500$ ayl/min dan $v_2=1200$ ayl/min ga sekinlashadi: (a) burchak tezlanishi o'zgarmas deb qabul qilingan holda, uni hisoblang; (b) ushbu vaqt davomida motorning umumiy aylanishlar sonini aniqlang.

Javob:

4.8 Shamol parragi $\omega=850$ rad/min tezlikka erishganda $N=1250$ marta aylanadi: a) parrakning burchak tezlanishini aniqlang; b) parrak butunlay to'xtashi uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?

Javob:

4.9 Mashina tezligini $v_1=95$ km/soat dan $v_2=55$ km/soat ga kamaytirganda mashinaning g'ildiragi $N=75$ marta aylanadi. Mashina g'ildiragining diametri $d=0,8$ m ni tashkil etadi. G'ildiraklarning burchak tezlanishini aniqlang? Agarda mashina sekinlashishda davom etsa uning to'xtashi uchun unga qancha vaqt va masofa kerak bo'ladi?

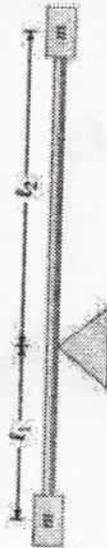
Javob:

4.10 $m=52 \text{ kg}$ odam tepalikdan sakrash vaqtida o'zining bor og'irligini mototsikli pedaliga qo'ydi. Pedal aylanmasining radiusi $r=17 \text{ sm}$. Odamning ta'sirida maksimal aylanish momenti qanday?
Javob:

4.11 Bir kishi $l=96 \text{ sm}$ kenglikdagi eshikning oxiriga $F=42 \text{ N}$ kuch bilan ta'sir qilmoqda, agar ta'sir kuchi eshikka perpendikulyar va eshik yuziga $\varphi=60^\circ$ ostida ko'rsatilsa, aylantiruvchi momentning kattaligi qanday boladi?

Javob:

4.12 4.12 - rasmda tasvirlangan tayanchdagi vaznsiz taxtaning uchlariga har birining massasi m bo'lgan bloklar ilingan. Dashtlab taxta gorizontal holatda qo'yildi va qo'yib yuborildi. Ushbu holatda sistemadagi aylantiruvchi momentning yo'nalishi va kattaligi aniqlansin?



Rasm-4.12

Javob:

4.13 O'z mazkazy o'qi bo'ylab aylanayotgan $r=0.648 \text{ m}$ radius va $m=10 \text{ kg}$ massaga ega sharning inersiya momentini aniqlang.

Javob:

4.14 Diametri $d=67 \text{ sm}$ bo'lgan velosiped g'ildiragining inersiya momentini aniqlang. Shina va diskning birgalikdagi massasi $m=1,1 \text{ kg}$. Markazdagi massani yo'q deb hisoblang.

Javob:

4.15 Uzunligi $l=40 \text{ sm}$ bo'lgan sterjen $m=6 \text{ kg}$ massaga ega. Sterjen uzunligiga perpendikulyar va o'rtasidan o'tgan o'q atrofida aylanadi. Sterjen burilish burchagining t vaqtga bog'liqligi $\varphi=4t^3 - t^2 + 8t + C$ tenglama bilan ifodalaniadi. Harakat boshlangandan so'ng $t=2 \text{ s}$ o'tgach, sterjenga ta'sir qilayotgan aylantiruvchi kuch momenti topilsin.

Javob:

4.16 G'ildirak $\omega_1=300 \text{ ayl/min}$ tezlik bilan aylanadi. Tormozlanish boshlangandan $t=1 \text{ minut}$ o'tgach, uning tezligi $\omega_2=180 \text{ ayl/min}$ gacha kamayadi. G'ildirakning inersiya momenti J aniqlansin. G'ildirakning burchakli tezlanishi va tormozlovchi momentni M toping.

Javob:

4.17 $R=0,2 \text{ m}$ radiusli bir jinsli diskning gardishiga urinma ravishda $F=98,1 \text{ N}$ o'zgarmas kuch ta'sir qiladi. Aylanma harakat qilayotgan diska $M_{\text{ishq}}=4,9 \text{ N}\cdot\text{m}$ ishqalanish kuchning momenti ta'sir qiladi. Agar disk

o'z g'ildirak $\omega=100 \text{ rad/s}^2$ burchak tezlanish bilan aylanayotgan bo'lsa, diskning m massasi topilsin.

Javob:

4.18 Yerning radiusi $R=6,4 \cdot 10^3 \text{ km}$ va massasi $m=6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ bo'lgan shar deb hisoblab, uning aylanish o'qiga nisbatan J inersiya momentini aniqlang.

Javob:

4.19 Sharung sirtiga o'tkazilgan urinma bilan mos tushuvchi o'qqa nisbatan J inersiya momentini aniqlang. Sharung massasi $m=5 \text{ kg}$, radiusi esa $r=0,1 \text{ m}$.

Javob:

4.20 Uzunligi $l=0,5 \text{ m}$, massasi $m=0,2 \text{ kg}$ bo'lgan ingichka to'g'ri sharning unga perpendikulyar bo'lib, uchlarining biridan $l=0,15 \text{ m}$ masofada bo'lgan nuqtasidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini toping.

Javob:

4.21 Uzunligi $l=0,5 \text{ m}$ va massasi $m=0,4 \text{ kg}$ bo'lgan ingichka bir jinsli tayanchga vertikal tekislikda o'z o'rtasidan o'tgan gorizontal o'q atrofida aylanmoqda. Agar aylantiruvchi moment $M=0,01 \text{ N}\cdot\text{m}$ ga teng bo'lsa, sterjen qanday burchakli tezlanish bilan aylanadi.

Javob:

4.22 Inersiya momenti $J=245 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ga teng bo'lgan maxovik g'ildirak $\omega=30 \text{ ayl/s}$ bilan aylanadi. Aylantiruvchi M momentning ta'siri to'xtatilgandan $t=1 \text{ min}$ o'tgach g'ildirak to'xtaydi: 1) M_{ishq} - ishqalanish kuchining momenti; 2) aylantiruvchi moment ta'siri to'xtatilgandan boshlab to'g'ildirak to'xtaguncha uning N -aylanishlar soni topilsin.

Javob:

4.23 $M=9 \text{ kg}$ massali barabanga ip o'ralgan bo'lib, uning uchiga $m=2 \text{ kg}$ massali yuk osilgan. Yukning tezlanishi topilsin. Baraban bir jinsli silindir deb hisoblanmasin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

Javob:

4.24 $R=0,5 \text{ m}$ radiusli barabanga ip o'ralgan, uning uchiga $m=10 \text{ kg}$ massali yuk osilgan. Agar yukning pastga $a=2,04 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tushayotgani ma'lum bo'lsa, barabanning inersiya momenti topilsin.

Javob:

4.25 Inersiya momenti $J=0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ga teng bo'lgan, $R=20 \text{ sm}$ radiusli barabanga ip o'rilib, uning uchiga $m=0,5 \text{ kg}$ massali yuk osilgan. m yuk baraban aylanguncha poldan $t=1 \text{ m}$ balandlikda bo'lgan: 1) Qancha vaqtdan keyin yukning polga tushishi; 2) yuk polga urilgan paytdagi kinetik energiyasi; 3) ipning T taranglik kuchi topilsin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

Javob:

4.26 Massasi $m=10,0$ kg va radiusi $R=20$ sm bo'lgan shar o'z markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanadi. Sharning aylanish tenglamasi $\varphi=A+Bt^2+Ct^3$ ko'rinishga ega, bunda $B=4$ rad/s², $C=1$ rad/s³. Sharchaga ta'sir etayotgan kuch momentining o'zgarish qonuni topilsin. Vaqtning $t=2$ s paytdagi kuch momenti M aniqlansin.
Javob:

4.27 $m=4$ kg massali disk gorizontal tekislikda $v=5$ m/s tezlik bilan sirpanishsiz dumalaydi. Diskning kinetik energiyasi topilsin.
Javob:

4.28 $d=6$ sm diametrlil shar gorizontal tekislikda sekundiga $v=4$ ayl/s bilan sirg'anishsiz dumalaydi. Sharning massasi $m=0,25$ kg. Sharning kinetik energiyasi W_k topilsin.
Javob:

4.29 $m=2$ kg massali yaxlit silindr gorizontal sirt bo'ylab sirpanishsiz dumalamoqda. Silindr o'qining chiziqli tezligi $v=1$ m/s. Silindrning to'la kinetik energiyasi W_k aniqlansin.
Javob:

4.30 Bir xil $m=3$ kg massaga ega bo'lgan chambarak va yaxlit silindr bir xil $v=5$ m/s tezlik bilan sirpanishsiz dumalamoqda. Bu jismlarning kinetik energiyalari W_{k1} va W_{k2} topilsin.
Javob:

4.31 Shar gorizontal sirt bo'ylab sirpanishsiz dumalamoqda. Sharning to'liq kinetik energiyasi $W_k=14$ J. Sharning ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalari W_{k1} va W_{k2} aniqlansin.
Javob:

4.32 $v_1=0,1$ m/s tezlik bilan sirpanishsiz dumalayotgan $m=1$ kg massali shar devorga urilib, undan $v_2=8$ m/s tezlik bilan qaytadi. Urilish vaqtida ajralgan Q issiqlik miqdori topilsin.
Javob:

4.33 Massasi $m=100$ kg va radiusi $R=0,5$ m bo'lgan disk shaklidagi tinch turgan maxovikni $v=10$ ayl/s chastota bilan aylantirish uchun qancha A ish bajarish kerak.
Javob:

4.34 Maxovikning massasi $m=5$ kg. Massa $d=1,6$ m diametrlil gardish bo'yicha tekis taqsimlangan deb hisoblash mumkin. Maxovikning aylanish chastotasini 0 dan 120 min⁻¹ gacha o'rtirish uchun qancha A ish bajarish kerak.
Javob:

4.35 $R=0,1$ m radiusli mis shar o'z markazidan o'tuvchi o'q atrofida $v=20$ ayl/s ga mos o'zgarmas tezlik bilan aylanadi. Sharning burchak tezligini ikki marta o'rtirish uchun qancha A ish bajarish kerak.
Javob:

4.36 Maxovik $v=10$ ayl/s ga mos o'zgarmas tezlik bilan aylanmoqda. Uning kinetik energiyasi $W_k=7,84$ kJ. Maxovikning aylantiruvchi kuch momenti $M=50$ N·m bo'lsa, maxovikning burchakli tezligi qancha vaqtidan keyin 2 marta ortadi.
Javob:

4.37 $m=5$ kg massali diskning gardishiga urinma bo'ylab $F=19,6$ N o'zgarmas kuch qo'yilgan kuchning ta'siri boshlangandan keyin $t=5$ s o'tgach, disk qanday W_k - kinetik energiyaga ega bo'ladi.
Javob:

4.38 G'ildirak tormozlanish natijasida tekis sekinlanuvchan aylanma harakat qilib, $t=1$ min davomida o'z tezligini $v_1=300$ ayl/min dan $v_2=180$ ayl/min gacha kamaytiradi. G'ildirakning inersiya momenti $J=2$ kg·m². 1) G'ildirak burchak tezlanishi, 2) tormozlovchi moment M , 3) tormozlanish ishi A , 4) g'ildirakning $t=1$ min davomidagi N -aylanishlar soni topilsin.
Javob:

4.39 Massasi $m=100$ kg va radiusi $R=0,4$ m bo'lgan disk shaklidagi tinch turgan maxovikni $v=10$ ayl/s chastota bilan aylantirish uchun qancha A ish bajarish kerak.
Javob:

4.40 $v=20$ ayl/s tezlik bilan aylanayotgan $m=50$ kg massali va radiusi $R=0,3$ m bo'lgan maxovikni $t=20$ s vaqt ichida to'xtatish uchun unga qanday tormozlovchi moment qo'yish lozim. Maxovikning massasi uning gardishi bo'ylab taqsimlangan, deb hisoblang. Tormozlovchi moment qancha ish bajaradi.
Javob:

4.41 Ventilyator $v=900$ ayl/min ga mos tezlik bilan aylanadi. Ventilyator uchirilgandan keyin, tekis sekinlanuvchan harakatlanib, to'xtaguncha $N=75$ marta aylanadi. Tormozlanish ishi $A=44,4$ J ga teng. 1) Ventilyatorning J -inersiya momenti, 2) tormozlash kuchini momenti M topilsin.
Javob:

4.42 Inersiya moment $J=245$ kg·m² bo'lgan maxovik g'ildirak $v=20$ ayl/s bilan aylanadi. G'ildirak aylantiruvchi kuch momentining ta'siri to'xtagandan keyin $N=100$ marta aylanib to'xtaydi. 1) Ishqalanish kuchining momenti M , 2) aylantiruvchi kuch momentining ta'siri to'xtatilgan paytdan g'ildirakning to'liq to'xtash paytigacha o'tgan vaqt topilsin.
Javob:

4.43 $\varepsilon=0,5$ rad/s² o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanayotgan maxovik g'ildirak harakat boshlanishidan $t=15$ s o'tgandan keyin $L=73,5$ kg m²/s ga teng harakat miqdori momentiga ega bo'ladi. Harakat boshlanishidan $t=20$ s o'tgandan keyin g'ildirakning kinetik energiyasi topilsin.
Javob:

4.44 Maxovik $v=10$ ayl/s ga mos o'zgarmas chastota bilan aylanadi. Uning kinetik energiyasi $W_k=7,85$ kJ. Maxovikni aylantiruvchi $M=50$ N·m kuch momenti uning burchak tezligini qancha vaqtdan keyin ikki marta oshiradi.

Javob:

4.45 Uzunligi $l=0,85$ m bo'lgan bir jinsli sterjen yuqori uchidan o'tuvchi o'qqa gorizontaal osilgan. Sterjen o'q atrofidagi to'liq aylanishi uchun uning pastki uchiga eng kamida qanday tezlik berishi kerak.

Javob:

4.46 $l=0,15$ m uzunlikdagi tik qo'yilgan qalam stolga yiqilib tushayapti. Yiqilishning oxirida: 1) qalamning o'rasi; 2) uning yuqori uchi qanday ω burchak tezlikka va v chiziqli tezlikka ega bo'ladi.

Javob:

4.47 $R=1,0$ m, massasi $m=1000$ kg bo'lgan disk shaklidagi giroskopning burchak tezligi $\omega=31$ rad/s ga yetgan bo'lsa, giroskopni harakatga keltiradigan motorning quvvati N qancha bo'lishi shart. Ishqalanish va havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

Javob:

4.48 $m=100$ kg massali gorizontaal platforma o'z og'irlik markazidan o'tuvchi vertikal o'q atrofidagi $v=10$ ayl/min chastota bilan aylanadi. Bunda $m=60$ kg massali odam platformaning chekkasida turadi. Agar odam platformaning chetidan markaziga o'tib olsa, platforma qanday ω tezlik bilan aylanadi. Platformani bir jinsli doiraviy disk deb, odamni esa moddiy nuqta deb hisoblang.

Javob:

4.49 Oldingi masala shartidan odam platformaning chekkasidan uning markaziga o'tganda qanday ish bajaradi. Platformaning radiusi $R=2,5$ m ga teng.

Javob:

4.50 Massasi $m=80$ kg va radiusi $R=1$ m bo'lgan gorizontaal platforma $v=20$ ayl/s ga mos chastota bilan aylanadi. Platformaning markazida qo'llarini yoyib, toshlarni ushlagan holda odam turibdi. Agar odam qo'lini tushirib, o'zining inersiya momentini $J_1=2,94$ kg·m² dan $J_2=0,98$ kg·m² gacha kamaytirsa platformaning $t=1$ min dagi aylanishlar soni N qancha bo'ladi. Platforma bir jinsli doiraviy disk deb hisoblang.

Javob:

4.51 Oldingi masala shartida platformaning odam bilan birgalikda kinetik energiyasi necha marta oshadi.

Javob:

4.52 $m=100$ kg massali harakatsiz platformaning ustida $m=60$ kg massali odam turibdi. Agar odam aylanish o'qining atrofidagi $r=5$ m radiusli

aylana bo'ylab platformaga nisbatan $v=4$ km/soat tezlik bilan harakatlansa, platforma $t=1$ min da necha martadan aylana boshlaydi. Platformaning radiusi $R=10$ m. Platforma bir jinsli doiraviy disk deb, odamni moddiy nuqta deb hisoblansin.

Javob:

4.53 Bir jinsli sterjen o'zining yuqori uchidan o'tuvchi gorizontaal o'q atrofidagi, vertikal tekislikda kichik tebranma harakat qiladi. Sterjenning uzunligi $l=0,5$ m ga teng bo'lsa, uning tebranish davri T topilsin.

Javob:

4.54 Agar oldingi masalada sterjenning aylanish o'qi o'zining yuqori uchidan $d=10$ sm pastrok nuqtadan o'tgan bo'lsa, sterjenning aylanish davri T topilsin.

Javob:

4.55 Yer sharini sharsimon hisoblab uning aylanish o'qiga nisbatan harakat miqdorini va inersiya momentini hisoblang. Yer uchun $R=6400$ km, $\omega=24$ soatda 1 marta aylanadi.

Javob:

4.56 Ikki atom birlashib molekula hosil qilgan. Uglerod atomlari orasi. Har bir uglerod massasi. Shu sistemaning O' o'qqa nisbatan inersiya momentini hisoblang.

Javob:

4.57 Osh tuzining inersiya momentini hisoblang: NaCl. Na o'lchami - $0,95 \cdot 10^{-10}$ A Cl o'lchami - $1,81 \cdot 10^{-10}$ A.

Javob:

4.58 $J=63,6$ kg·m² g'ildirak $\omega=31,4$ rad/s burchak tezlik bilan aylanmoqda. Agar g'ildirak tormozlovchi kuch ta'sirida $t=10$ sek o'tib to'xtasa, tormozlovchi kuchni aniqlang.

Javob:

4.59 Radiusi $R=1$ m bo'lgan massasi esa $m=40$ kg g'ildirakka $F=98$ N kuch ta'sir qilmoqda. G'ildirakning burchak tezlanishini toping.

Javob:

4.60 Maxovik $J=200$ kg·m² inersiyaga ega bo'ladi sekundiga u 10 marta aylanadi. Aylantirish momenti 30 sekund o'tgach g'ildirak to'xtaydi. Aylanishni to'xtatuvchi tormozlovchi kuch qiymatini aniqlang. To'xtatuguncha g'ildirak qancha marta aylanishga ulgiradi.

Javob:

4.61 Elektrivigatel rotori minutiga 955 ayl/min bilan aylanmoqda. Motor to'xtagach motor $t=10$ s ichida to'xtadi. Uning aylanishida burchak sekinlagich qancha bo'ladi. To'xtatuguncha necha marta aylanadi?

Javob:

4.62 Reaktiv samolyot o'lik halqa traektoriyasiga ko'ra harakat qilib $v=108 \text{ km/s}$ tezlik bilan ketmoqda. Halqa $R=1 \text{ km}$ radiusga ega bo'lsa uchuvchi past halqa qismidan o'tayotganda qanday kuch bilan o'rindiqqa bosadi. Uchuvchi massasi $m=70 \text{ kg}$.

Javob:

4.63 Gorizontal samolyot shipiga yuk osilgan. Yuk $\alpha=30^\circ$ - burchakka burilgan bo'lsa samolyot qanday tezlanish bilan uchmoqda?

Javob:

4.64 Massasi $m_1=2 \text{ kg}$ bo'lgan tosh massasi $m_2=8 \text{ kg}$ bo'lgan blokka osib qo'yilgan. Toshning tezlanishi topilsin.

Javob:

4.65 Radiusi $R=0,5 \text{ m}$ bo'lgan barabanga massasi $m=2 \text{ kg}$ bo'lgan yuk osilgan. Agar yuk $\alpha=2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tushsa barabanning inersiya momenti anqlansin.

Javob:

4.66 Og'irligi ikki xil bo'lgan ikkita jism ip bilan tutashirilgan bunda ip blokka o'rnatilgan. Blokning inersiya momenti $J=20 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, radiusi $r=20 \text{ sm}$. Blok aylanganda ishqalanish kuchi $F_{\text{shq}}=98 \text{ N}\cdot\text{m}$ yuzaga kelaadi. Blokka osilgan jismlardagi iplarning taranlik kuchi topilsin. Agar blok $\varepsilon=2,36 \text{ rad/s}^2$ burchak tezlanishi bilan aylansa, taranlik kuchi farqi qancha.

Javob:

4.53 Vertikal o'qqa ikkita jism ip bilan osilgan. Vertikal o'q aylanishi natijasida yuklar yuqoriga ko'tariladi. Shu ko'tarilish burchak tezligi bilan qanday bog'langan. Osilgan iplar uzunligi L .

Javob:

4.54 Massasi $m=50 \text{ kg}$ o'q g'ildirak chetiga tegib o'rnatilgan. G'ildirak inersiya momenti $J=0,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. O'q g'ildirak markazidan $R=30 \text{ sm}$ masofada o'rnatilgan. O'q g'ildirak chetiga o'rnatilgan. G'ildirak qanday tezlik bilan aylanadi. O'qning tezligi $v=100 \text{ m/s}$.

Javob:

4.55 G'ildirakka ip o'rnatilgan edi. Iplarning uchiga $m_2=1 \text{ kg}$ massali tosh o'rnatilgan. Toshni qo'yib yuborsak ip ta'sirida g'ildirak ham aylana boshlaydi. G'ildirak massasi $m_1=20 \text{ kg}$. Og'irlik ta'sirida ipga osilgan yuk qanday tezlanish bilan tushadi.

Javob:

4.56 G'ildirak radiusi $r=10^{-2} \text{ m}$. G'ildirakka ip o'rnatilgan bo'lib uning uchiga $m=0,2 \text{ kg}$ yuk osilgan. Og'irlik kuchi ta'sirida yuk $t=5 \text{ s}$ vaqtda $h=1,2 \text{ m}$ pastga tushadi. Inersiya qonuni ta'sirida yuk yana $t=0,8 \text{ m}$ balandlikka ko'tarildi. G'ildirakning inersiya momentini aniqlang. Havo qarshiligi o'tilgan yo'lga proporsional.

Javob:

4.57 Radiusi $r=12 \text{ sm}$ va massasi $m=3 \text{ kg}$ bo'lgan silindr yer sirtida yoni bilan yotibdi. Silindr bilan yer sirti umumiy chiziqliqqa nisbatan silindrning inersiya momentini aniqlang.

Javob:

4.57 Silindrning asosidagi o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang. Silindr massasi m , radiusi R .

Javob:

4.58 R -radiusli, m -massali tutash sharning markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang.

Javob:

4.59 Uzunligi l ga teng bo'lgan ikki ip vertikal ustunga bog'langan. Ipga m -massali iplar ulangan. Agar ustunni aylantirsa iplar bir-biridan qochadi. Ularning ajralish burchagi α -bo'lsa yuklarning kinetik energiyasini aniqlang.

Javob:

4.60 Shar qiyalikdan tushmoqda qiyalik uzunligi $l=7 \text{ m}$ qiyalik burchagi $\alpha=30^\circ$. Qiyalik oxiriga borganda sharning tezligi qancha bo'ladi.

Javob:

4.61 Shar gorizontal tekislikda dumalamoqda. Umumiy kinetik energiyaning ilgari harakat qancha qismni tashkil etadi?

Javob:

4.62 Tutash bo'lmagan g'ildirak 30° ostida bo'lgan qiya tekisligidan dumalamoqda. G'ildirak massasi $m=2 \text{ kg}$ tashqi radiusi $R=5 \text{ sm}$. G'ildirak $l=2 \text{ m}$ masofaga dumalaydi. Agar qiya tekislik chegarasiga $v=3,3 \text{ m/s}$ tezlik bilan yetib kelgan bo'lsa. G'ildirakning inersiya momentini aniqlang.

Javob:

4.63 Diametri $d=0,6 \text{ m}$ va massasi $m=1 \text{ kg}$ bo'lgan disk o'zining tekisligiga perpendikulyar o'q atrofiga aylanmoqda. Bunda $v=20 \text{ ay/s}$ sodir bo'lmoqda. Shu diskni to'xtatish uchun qancha ish bajarish kerak.

Javob:

4.64 G'ildirak sekundiga 5 marta aylanmoqda. Bunda uning energiyasi $W=60 \text{ J}$ ga teng. G'ildirakning impuls momentini aniqlang.

Javob:

4.65 Velosiped $v=9 \text{ km/soat}$ tezlikda ketmoqda. Velosipedchining velosiped bilan birga massasi $m=78 \text{ kg}$. G'ildiraklarning massasi $m_1=3 \text{ kg}$. G'ildiraklarni halqasimon deb hisoblang.

Javob:

4.66 Bir bola halqa g'ildirakni gorizontal tekislikda $7,2 \text{ km/soat}$ tezlik bilan tepalik tomonga g'ildiratmoqda. G'ildirak o'z energiyasi hisobiga qancha masofaga boradi. Tepalikning balandligi har $100 \text{ metrda } 10 \text{ m}$ ga teng.

Javob:

4.67 Radiusi $R=0,1$ m bo'lgan mis shar o'z o'qi atrofida sekundiga 2 marta aylanadi. Sharining burchak tezligini ikki marta orttirish uchun yana qancha ish bajarish kerak.

Javob:

4.68 Shar, disk, g'ildirak sirpanishsiz tushmoqda. Balandlik $\alpha=30^\circ$ burchak ostida. Dastlab barcha jismlar tezligi bir xil edi. Jismlar qanday tezlanish bilan tushadi.

Javob:

4.69 Ikkita silindr bor, biri ichi tutash alyuminiydan yasalgan, ikkinchi silindr qo'rg'oshindan yasalgan. Uning ichi g'ovak, ikkalasining massasi $m=5$ kg. Ular 30° ga teng burchak ostida tushmoqda. Ularning inersiya momentini aniqlang. Ular qancha vaqtda tushadi.

Javob:

4.70 Katta g'ildirak $J=245$ kg·m² inersiya momentiga ega $v=20$ ay/s bilan aylanmoqda. G'ildirakning aylantiruvchi momenti to'xtagach g'ildirak $N=100$ marta aylanib to'xtaydi. Ishqalanish kuchini toping, aylantiruvchi moment to'xtagach g'ildirakning o'zi qancha vaqtdan keyin to'xtaydi.

Javob:

4.71 G'ildirak $\varepsilon=0,5$ rad/s² tezlanish bilan tebranmoqda. Tebraniş boshlangach $t_1=15$ s o'tkach g'ildirak $L=73,5$ kg·m²/s impuls momentiga ega bo'ladi. Aylanish boshlangach $t_2=20$ s dan so'ng g'ildirakning kinetik energiyasi aniqlansin.

Javob:

4.72 Maxovik $v=10$ ay/s tezlik bilan aylanmoqda. Bunda uning kinetik energiyasi $W_k=800$ J. Shu maxovikni $M=50$ N·m kuch momenti aylantirmoqda. Maxovik burchak tezligini 2 marta orttirish uchun kuch momenti qancha vaqt ta'sir etadi.

Javob:

4.73 Massasi $m=100$ kg bo'lgan platforma o'z markazidan o'tgan vertikal o'q atrofida aylanmoqda. Aylanish minutiga 10 marta. Massasi $M=60$ kg bo'lgan odam platforma chekkasida turgan edi. Agar odam platforma markaziga o'tsa platforma qanday tezlik bilan aylanadi. Platformani bir jinsli silliq sirtli disk deb hisoblansin. Odamni esa moddiy nuqta sifatida hisoblang.

Javob:

4.74 Odam platforma markaziga o'tishda qancha ish bajaradi. Avvalgi masala shartiga qarang. Platformaning radiusi $R=1,5$ m.

Javob:

5-§. Tebranişlar va to'liqlar

Jismlarning bitta to'liq tebranişini amalga oshirish uchun ketgan vaqtda tebraniş davri (T) deb ataladi. Agar t vaqtda davomida jism N marta tebrangan bo'lsa, uning davri:

$$T = \frac{t}{N} \quad [s] \quad (1)$$

Vaqt birligi ichida tebranişlar soniga tebraniş chastotasi (ν) deb ataladi:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} \quad [Hz] \quad (2)$$

2π sekund ichida ro'y beradigan tebranişlar soniga teng bo'ladigan kattalikka doiraviy yoki siklik chastota (ω) deyiladi, ya'ni

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad \left[\frac{rad}{s} \right] \quad (3)$$

Ifoda orqali aniqlanadi.

Tebranna harakatning eng sodda turi bu – garmonik tebranişdir. Agar tebranna harakatni ifodalashlovchi biror fizik kattalik (masalan, muvozanat holatidan siljish masofasi, og'ish burchagi, tezligi) miqdori vaqt o'tishi bilan sinus yoki kosinus qoidasi bo'yicha o'zgarsa, bunday tebranişlarga garmonik tebranişlar deb ataladi

$$x = A \sin(\omega t + \alpha_0) \quad \text{yoki} \quad x = A \cos(\omega t + \alpha_0) \quad (4)$$

bu yerda, A - siljishning maksimal qiymati – amplituda, $(\omega t + \alpha_0)$ - tebranna harakatning tebraniş fazasi, α_0 - boshlang'ich faza, ω - esa tebranişning siklik chastotasi deb ataladi.

Cho'zilmas va vaznsiz ipga osilgan, massasi bir nuqtada muvozanatlashgan va faqat og'irlik kuchi ta'sirida tebranna harakat qila olibidigan sistemaga matematik mayatnik deb ataladi. Matematik mayatnikning tebraniş davri:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad [s] \quad (5)$$

Fizik mayatnik deb, inersiya markazidan o'tmaydigan gorizontal cho'zilmas aylaniş o'qi atrofida og'irlik kuchi ta'sirida harakatlanib olibidigan qattiq jisimga aytiladi.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{mgh}} \quad [s] \quad (6)$$

E'ndi, fizik mayatnikning tebraniş davriga teng bo'lgan davr bilan tebraniş matematik mayatnikning uzunligini topaylik. Buning uchun, matematik mayatnik tebraniş davrini fizik mayatnik tebraniş davriga tenglashibramiz:

$$2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{mgh}}$$

Yuqoridagi ifodadan l ning qiymatini topamiz va uni l_k deb belgilaymiz:

$$l_k = \frac{l}{mh} \quad (7)$$

Yuqoridagi ifoda bilan aniqlanadigan l_k uzunlik **fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi** deb ataladi. Unga quyidagicha ta'rif beriladi: fizik mayatnikning barcha massasini fikran bitta nuqtaga to'plab va bu moddiy nuqtani l_k uzunlikdagi ipga osib vujudga keltirilgan matematik mayatnikning tebranish davri mavjud fizik mayatnikning tebranish davriga teng bo'ladi.

Garmonik tebranma harakat kinetik energiyasi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} [A \cos(\omega t + \alpha_0)] = -A\omega \sin(\omega t + \alpha_0)$$

$$E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \alpha_0) \quad (8)$$

Potensial energiyaning qiymati esa moddiy nuqtani muvozanat vaziyatidan x masofaga siljitish uchun elastiklik kuchi (F_{el}) ning bajargan ishi bilan aniqlanadi:

$$E_p = \int_0^x F dx = \int_0^x kx dx = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} kA^2 \cos^2(\omega t + \alpha_0) \quad (9)$$

(8) va (9) lardagi sinus va kosinusning maksimal qiymati 1 ga teng. Shuning uchun, tebranma harakat qilayotgan moddiy nuqtaning kinetik va potensial energiyalarining maksimal qiymatlari uchun quyidagi ifodalar o'rinni:

$$E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2, \quad E_p = \frac{1}{2} kA^2 \quad (10)$$

Garmonik tebranma harakat qilayotgan moddiy nuqtaning harakat qilayotgan ixtiyoriy vaziyatidagi to'liq energiyasi kinetik va potensial energiyalar yig'indisidan iborat:

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \alpha_0) + \frac{1}{2} kA^2 \cos^2(\omega t + \alpha_0) \quad (11)$$

(11) ifodani $k = m\omega^2$ hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \quad (12)$$

Mexanik to'liqin deb, mexanik tebranishlarning elastik muhitda tarqalish jarayoniga aytiladi. To'liqlar tebranishlari va tarqalish yo'nalishlariga qarab ikki turga bo'linadi: **bo'ylama** va **ko'ndalang** to'liqlar.

Agar muhit zarralarining tebranishi to'liqin tarqalayotgan yo'nalish bo'yicha bo'lsa, bunday to'liqlar **bo'ylama to'liqlar** deyiladi. Bo'ylama to'liqin tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (13)$$

bu yerda, E - Yung moduli, ρ - muhiting zichligi.

Agar muhit zarralarining tebranishi to'liqin tarqalish yo'nalishiga tik bo'lsa, bunday to'liqin **ko'ndalang to'liqin** deyiladi va uning tarqalish tezligi quyidagi formuladan topiladi:

$$v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (14)$$

bunda, G - siljish moduli, yoki siljish deformatsiyasini ifodalovchi kattalik.

To'liqin ifodalash hishtikalari: to'liqin tarqalish yo'nalishida ikkita ketma - ket bir xil fazada tebranayotgan nuqtalar orasidagi masofa **to'liqin uzunligi** deb ataladi.

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \nu \cdot T \quad [m] \quad (15)$$

bu yerda, ν - to'liqinning tarqalish tezligi, T - tebranish davri, ν - tebranish chastotasi.

$$y = A \sin \omega(t - \tau) \quad (16)$$

ifoda "x" o'qi bo'yicha tarqalayotgan **yassi to'liqin tenglamasi**. Bunda, $\tau = \frac{x}{v}$ - tebranishlarning O markazidan ixtiyoriy zarrachasigacha tarqalish vaqti.

Elastik muhitda tarqalayotgan to'liqlar chastotasi 16 dan 20000 Hz gacha bo'lgan bo'ylama mexanik to'liqlar **tovush to'liqlari** yoki tovush deb ataladi. Tovush hodisalarini o'rganiladigan fizika bo'limiga **akustika** deyiladi. Amalda tovushning ta'sirini baholash uchun tovushning kuchi yoki intensivligi degan tushunchalar kiritiladi.

Tovushning intensivligi deb, tovush to'liqlarining yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan bir birlik yuza orqali vaqt birligi ichida o'tgan tovush energiyasiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$I = \frac{W}{St} \quad (17)$$

bu yerda, W - tovush to'liqinining energiyasi, S - to'liqin o'tgan yuza, t - to'liqinning o'tish vaqti.

Masala yechish uchun namunalar:

1-masala: Bir necha kishi mashinada ketishyapti. Bunda mashinadagi odamlar og'irligi $m=200$ kg va mashina og'irligi $M=1200$ kg. Shu holatda mashina harakatlanganda mashina prujinasi $\Delta l=3$ sm ga siqiladi. Quyidagi savollarga javob bering.

a) Agar jami og'irlik barcha prujinaga bir xil ta'sir qilsa, mashinadagi prujina bikrligi qanday bo'ladi?

b) Agar mashinadagi odamlar og'irligi $m=200$ kg emas, $M=300$ kg bo'lganda mashina necha sm ga cho'kadi?

Guk qonunidan foydalanamiz: odamlar og'irligi $P=mg$, $\Delta l=3$ sm siqilishiga sabab bo'ladi.

Yechim: (a) berilgan qo'shimcha 1960 N kuch prujinalarni $\Delta l = 3 \cdot 10^{-2}$ m siqilishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun, prujina bikrligi:

$$k = F/\Delta l = 1960 \text{ N} / (3 \cdot 10^{-2}) \text{ m} = 6.5 \cdot 10^4 \text{ N/m.}$$

(b) Agar mashinadagi odamlar og'irligi 300 kg bo'lganda, Guk qonuniga ko'ra:

$$\Delta l = F/k = 2940 \text{ N} / 6.5 \cdot 10^4 \text{ N/m} = 4.5 \cdot 10^{-2} \text{ m yoki } \Delta l = 4.5 \text{ sm}$$

Estatma: (b) da biz k ni topmasdan turib Δl ni topsak ham bo'lar ekan: ya'ni Δl , F ga proporsionaligidan 200 kg yuk natijasida prujina 3 sm ga siqilsa, so'ngra og'irlikni $1,5$ marta ortadi yoki $4,5$ sm bo'ladi.

2-masala: Prujinaga $m=0,3$ kg massali jism osilganda prujina $\Delta l_0=0,15$ m ga cho'ziladi. Prujina so'ngra ishqalanishsiz stolda $m=0,3$ kg massali jism bilan gorizontol holatda tinch turibdi. Jismini cho'zganida prujina boshlang'ich nuqtasidan $\Delta l=0,1$ m ga uzaydi va u tinch holatdan qo'zg'atildi. Hisoblang: (a) prujina bikrligi k ni, (b) gorizontol tebranishning amplitudasi A ni, (c) maksimal tezligini ($v_{\max}=?$), (d) jism muvozanat vaziyatidan $x=0,05$ m masofada bo'lgandagi tezligini, (e) jismning maksimal tezlanishini ($a_{\max}=?$) toping.

Ko'rsatma: Haqiqatdan ham savollar ko'p lekin biz ularga bittama-bitta javob bera olamiz. Prujina tinch turganda unga $0,3$ kg massali jism osilgan. Bunda biz vertikal kuchlar uchun Nyutonning 2-qonunidan foydalanamiz: $F=mg-k\Delta l_0$, shuning uchun $k=mg/\Delta l_0$. Gorizontol tebranishlar uchun energiyani saqlanish qonunidan tezliklar va amplituda topiladi, hamda $F=ma$ dan tezlanish topiladi.

Yechim: $m=0,3$ kg yuk hisobiga prujina $\Delta l_0=0,15$ m ga cho'ziladi, shuning uchun:

$$k = \frac{F}{\Delta l_0} = \frac{mg}{\Delta l_0} = \frac{0,3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,15 \text{ m}} = 19,6 \text{ N/m}$$

Prujina stolda gorizontol turibdi. U muvozanat vaziyatidan $0,1$ m ga cho'ziladi, ammo boshlang'ich tezlik yo'q shuning uchun $A=0,1$ m. Jism muvozanat vaziyatidan o'lganda ya'ni barcha energiyasi kinetik energiyaga aylanganida maksimal tezlikka erishadi (v_{\max}). Muvozanat vaziyatidagi holati bilan prujina maksimal cho'zilgandagi ($A=0,1$ m) holati orqali to'liq energiyani (tenglamaga qarag'ani) taqqoslash orqali energiyani saqlanish qonuni bizga quyidagini ma'lum qiladi:

$$\frac{1}{2} m v_{\max}^2 + 0 = 0 + \frac{1}{2} k A^2$$

v_{\max} ni hisoblash uchun (tenglamadan foydalanamiz) bizda quyidagilar bor:

$$v_{\max} = A \sqrt{\frac{k}{m}} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{19,6}{0,3}} = 0,808 \text{ m/s}$$

(d) Bunda esa biz energiyani saqlanish qonunidan yoki shu qonundan kelib chiqqan tenglamadan foydalanamiz va so'ralgan tezlikni topamiz:

$$v = v_{\max} \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}} = 0,808 \cdot \sqrt{1 - \frac{0,05^2}{0,1^2}} = 0,7 \text{ m/s.}$$

(e) Nyutonning 2-qonuni orqali $F=ma$. Shu sababli kuch qayerda katta bo'lsa maksimal tezlanish ham o'sha $x=A=0,1$ m da sodir bo'ladi. Shunday qilib,

$$a_{\max} = \frac{F_{\max}}{m} = A \frac{k}{m} = \frac{19,6 \cdot 0,1}{0,3} = 6,53 \text{ m/s}^2$$

Estatma: Biz kinematik tenglamalardan foydalana olmaymiz, chunki oddiy garmonik harakatlarda tezlanishlar o'zgaruvchidir.

3-masala: Prujina 2 marta ko'p uzaydi ($x=2A$ amplitudaga) deb faraz qilamiz. (a) Sistema energiyasi, (b) tebralayotgan jismning maksimal tezligini, (c) hamda maksimal tezlanishini toping.

Yechim: (a) mexanik energiya A amplituda kvadratiga proporsional bo'ladi, ya'ni 2 marta uzayganligi uchun energiya 4 marta ortadi. Siz e'tiroz bildirishingiz mumkin "Men prujinani $x=0$ dan $x=A$ gacha cho'zib ish bajardim va bu bajargan ishim $x=A$ dan $x=2A$ gacha cho'zib bajargan ishingiz teng emasmi? Lekin aslida bunday emas. Chunki siz berayotgan kuchingiz x masofaga proporsional shuning uchun 2-safar $x=A$ dan $x=2A$ gacha bajargan ishingiz 1-galdagi ($x=0$ dan $x=A$ gacha) bajargan ishingizdan ko'proq ish bajarasiz.

(b) Amplituda 2 marta oshirilsa maksimal tezlik ham 2 marta oshishini ko'ra olamiz.

(c) Biz prujinani dastlabkidan 2 marta ko'p cho'zsak unga beradigan kuchimiz ham 2 marta ortadi ($F=kx$ ligi sababli). Shu sababli tezlanish ham 2 marta oshadi: $a \rightarrow F \rightarrow x$.

Prujina $x = -A$ gacha siqildi deb faraz qiling ammo bunda o'ng tarafga itaruvchi kuch ham berilgan va m massali jismning boshlang'ich tezligi v_0 . Bu kuch (a) sistema to'liq energiyasiga, (b) maksimal tezligiga, (c) maksimal tezlanishiga qanday ta'sir qiladi.

4-masala: Oddiy garmonik tebranishlar amplitudasi $A=10$ sm, prujina bikirligi $k=19.6$ N/m bo'lgan xol uchun (a) to'liq energiyani (b) kinetik va potentsial energiyalarni yarim amplitudada ($x=\pm A/2$) hisoblang.

Ko'rsatma: Bunda energiyani saqlanish qonunini prujinaga osilgan jism sistemasi uchun berilgan tenglamalardan foydalanamiz.

Yechim: (a) $k=19.6$ N/m va $A=0.1$ m, to'liq energiya W_T quyidagicha topiladi:

$$W_T = \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} \cdot 19.6 \cdot 0.1^2 = 9.8 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

(b) $x=A/2=0.05$ m da, biz quyidagilarga egamiz:

$$W_p = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \cdot 19.6 \cdot 0.05^2 = 2.45 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

Energiyaning saqlanish qonunidan kinetik energiya quyidagicha topiladi:

$$W_k = W_T - W_p = 7.35 \text{ J}.$$

5-masala: $m=0.30$ g massali o'rgimchak vazinsiz to'rida turibdi. Nozik harakat ham uni taxminan $v=15$ Hz chastotada tebranishga sabab bo'ladi: a) to'r uchun bikrikli qiymati k hisoblang, b) agar o'rgimchak to'ruga qo'shimcha ravishda $m_1=10$ g li hashorat qo'yilsa, to'r qanday chastota bilan tebranadi.

Izoh: Biz faqat oddiy taxmin qilamiz, o'rgimchak to'ri juda murakkab va chastotalar aralashmasi uni tebrata oladi. Biz OGH dan taxminiy na'muna sifatida foydalanamiz.

Yechim: OGH ning chastotasi quyidagi tenglikda berilgan:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

bu formuladan k ni topamiz.

$$k = (2\pi v)^2 m = (2 \cdot 3.14 \cdot 15)^2 \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 2.7 \text{ kg}$$

(b) umumiy massa hozir $0.10 \text{ g} + 0.30 \text{ g} = 4.0 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$. Biz $m = 4.0 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ ni tenglikning o'rniga qo'ya olamiz. Yana shuni eslatib o'tish kerakki chastota massaning kvadrat ildiziga, ya'ni massa birinчисidan 4/3 marta kattaligi uchun chastota $\sqrt{3/4}$ marta o'zgaradi.

Shunday qilib, $v = 15 \cdot \sqrt{3/4} = 13 \text{ Hz}$.

6-masala: Geologlar yerning muayyan joyida uzunligi $l=37.10$ sm va chastotasi $v=0.8190$ Hz bo'lgan kichik mayatnikdan foydalanishadi. Bu joyda erkin tushish tezlanishining qiymati nimaga teng bo'ladi?

Izoh: Biz mayatnikning l uzunligi va v chastotasidan foydalanishimiz mumkin.

Yechish: Misolni g uchun yechamiz va quyidagiga ega bo'lamiz:

$$g = (2\pi v)^2 l = (2\pi)^2 (0.8190 \text{ s}^{-1})^2 (0.3710 \text{ m}) = 9.824 \text{ m/s}^2.$$

7-masala: Uzunligi $\lambda=0.30$ m bo'lgan to'lqin massasi $m=15$ kg, uzunligi $l=300$ m bo'lgan arqon bo'ylab pastga tomon tarqalmoqda. Agar arqonga $F_T=1000$ N taranglik kuchi ta'sir qilsa, bu to'lqinning tezligi va chastotasi nimaga teng?

Eslatma: Arqonda bu to'lqinning tezligi tenglamasi bilan beriladi. Chastotani $v = \nu / \lambda$ tenglamadan topamiz.

Yechish: Tenglamadan tezlikni topamiz:

$$v = \sqrt{\frac{1000 \text{ N}}{(15 \text{ kg}) / (300 \text{ m})}} = \sqrt{\frac{1000 \text{ N}}{0.050 \text{ kg/m}}} = 140 \text{ m/s}$$

Chastota:

$$v = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{140 \text{ m/s}}{0.300 \text{ m}} = 470 \text{ Hz}.$$

Izoh: Taranglik kuchining katta bo'lishi v va ν ning ortishiga olib keladi, shu bilan bir vaqtda arqon og'irroq, ya'ni zichroq bo'lishi v va ν ning kamayishiga olib keladi.

8-masala: Ko'tshapalak, delfin va tishli kitlarda foydalaniladigan his qilish, idrok etish organlarning tabiiy shaklidir. Hayvonlar tovush to'lqinlar impulsini (bo'ylama to'lqinlar) tarqatadilar, bu to'lqinlar obyektga akslanib, hayvonga qaytadi. Tabiiy to'lqinlar odatda 100000 Hz ga yaqin chastotaga ega bo'lib, hayvonlar dengizdagi to'lqinlarning uzunligini ularga qarab aniqlaydilar. Agar to'siq hayvondan $S=100$ m masofada joylashgan bo'lsa, hayvonlar bu masofadan qaytadigan tovushni qancha vaqt kutadilar?

Eslatma: Biz dastlab dengizdagi bo'ylama to'lqinning uzunligini tenglamasidan hamda jadvallardan foydalanib hisoblaymiz. To'lqin uzunligi

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

Yechish: Zichligi toza suvnikidan bir oz kattaroq bo'lgan dengiz suvida tarqaladigan bo'ylama to'lqinning tezligi quyidagiga teng:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^9}{1,025 \cdot 10^3}} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ m/s.}$$

U holda tenglamadan foydalanib quyidagini topamiz:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{1,4 \cdot 10^3}{10^3} = 14 \text{ mm}$$

Hayvon bilan to'siq o'rtasidagi masofani ikki tomonga bosib o'tish uchun zarur bo'lgan vaqt:

$$t = \frac{S}{v} = \frac{2 \cdot 100}{1,4 \cdot 10^3} = 0,14 \text{ s}$$

Eslatma: Quyida biz o'lchamlari to'liq uzunligiga yaqin yoki undan katta bo'lgan obyektlarni aniqlash uchun foydalanilishi mumkinligini ko'ramiz. Shunday qilib, delfin to'siqning o'lchamlarini 1 sm ga yaqin xatolik bilan aniqlashi mumkin ekan.

9-masala: Seysmik P -to'liqning intensivligi markazdan $S=100 \text{ km}$ masofada $I=1,0 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$ ni tashkil etadi. Yer qimirlashi markazidan $L=400 \text{ km}$ masofada bu to'liqning intensivligi nimaga teng?

Eslatma: Intensivlik markazgacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayadi.

Yechish: U $L=400 \text{ km}$ masofada har $S=100 \text{ km}$ da o'lchanadigan intensivlikning $(\frac{1}{4})^2 = \frac{1}{16}$ qismiga teng ekanligi sababli $I=6,2 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$ ga teng bo'ladi.

Xulosa: Agar quyidagi tenglamadan foydalansak,

$$I_2 = \frac{I_1 r_1^2}{r_2^2} = (1,0 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2) (100 \text{ km})^2 / (400 \text{ km})^2 = 6,3 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2.$$

10-masala: Obyekt $x=A \cos \omega t$ qonuniyat bilan tebranmoqda. Obyekt o'zgarishi quyidagi tenglikda tasvirlangan, x metr va t sekundlarda hisoblanadi:

$$x=(0,30 \text{ m}) \cos(8,0t)$$

Tebralayotgan obyektning: (a) amplitudasi, (b) tezligi, (c) davri, (d) maksimal tezligi va maksimal tezlanishini aniqlang.

Yechim: Biz ismi x uchun berilgan tenglamani taqqoslashdan boshlaymiz. Asosiy yechim $x=A \cos(2\pi\nu t)$ dan ko'rinib turibdiki, amplituda $A=0,30 \text{ m}$ ga va $2\pi\nu=8,0 \text{ s}^{-1}$ ga tengligini ko'ramiz, shu sababli $\nu=(8,0 \text{ s}^{-1})/(2\pi)=1,27 \text{ Hz}$. Keyin esa $T=1/\nu=0,79 \text{ s}$. Maksimal tezlik:

$$v_{\text{max}}=2\pi A\nu=(2\pi)(0,30)(1,27 \text{ s}^{-1})=2,4 \text{ m/s}$$

Maksimal tezlanish Nyutonning 2-qonuniga ko'ra $a_{\text{max}}=F_{\text{max}}/m=kA/m$ ga teng chunki $F=kx$ eng katta bo'lganda x ham katta bo'ladi. $k/m=(2\pi\nu)^2$. Shu sababli,

$$a_{\text{max}} = \frac{k}{m} = (2\pi\nu)^2 A = (2\pi)^2 (1,27 \text{ s}^{-1})^2 (0,30 \text{ m}) = 19 \text{ m/s}^2.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

5.1 Moddiy nuqta $t=2$ munda $N=600$ marta tebranadi. Tebranishning davri T , chastotasi ν va siklik chastotasini toping?

$$\text{Javob: } T = \frac{t}{N} = 0,2 \text{ s}, \nu = \frac{1}{N} = 5 \text{ Hz}, \omega = 2\pi \frac{N}{t} = 3,14 \text{ rad/s.}$$

5.2 Moddiy nuqta $x=0,25 \sin(\pi t + \frac{\pi}{3})$ [m] qonun bo'yicha harmonik tebransa, tebranishning amplitudasi A , davri T , chastotasi ν , siklik chastotasi ω va boshlang'ich fazasi ϕ_0 ni toping.

$$\text{Javob: } x = A \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow A = 0,25; \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow T = 2 \text{ s};$$

$$2\pi\nu t \Rightarrow \nu = 0,5 \text{ Hz}; \omega t = \pi t \Rightarrow \omega = \pi \text{ rad/s}; \phi_0 = \frac{\pi}{3} = 60^\circ.$$

5.3 Agar harmonik tebranishning amplitudasi, $A=0,2 \text{ m}$, davri $T=2 \text{ s}$ va boshlang'ich fazasi $\phi_0=\pi/4$ bo'lsa, tebranishning siljish tenglamasini yozing.

$$\text{Javob: } x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \phi_0\right) = 0,2 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ [m].}$$

5.4 Agar harmonik tebranishning amplitudasi $A=6 \text{ sm}$, chastotasi $\nu=5 \text{ Hz}$ va boshlang'ich fazasi $\phi_0=\pi/5$ bo'lsa, tebranishning siljish tenglamasini yozing.

$$\text{Javob: } x = A \sin(2\pi\nu t + \phi_0) = 0,6 \sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{5}\right) \text{ [m].}$$

5.5 Moddiy nuqta $x=0,04 \sin(2\pi t + \pi/2)$ qonun bo'yicha harmonik tebransa, tebranishning amplitudasi A , davri T , chastotasi ν , siklik chastotasi ω , boshlang'ich fazasi ϕ_0 ni shuningdek, maksimal tezligi v_{max} va maksimal tezlanishi a_{max} ni toping.

Javob:

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \phi_0\right) = A \sin(2\pi\nu t + \phi_0), 0,04 \sin(2\pi t + \pi/2), m \Rightarrow A = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m};$$

$$\frac{2\pi}{T} t = 2\pi t \Rightarrow T = 1 \text{ s}; 2\pi\nu t = 2\pi t \Rightarrow \nu = 1 \text{ Hz}; \phi_0 = \frac{\pi}{2} = 90^\circ;$$

$$v_{\text{max}} = A \frac{2\pi}{T} = 0,25 \text{ m/s}; a_{\text{max}} = -A \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = -1,58 \text{ m/s}^2$$

5.6 Amplitudasi $A=5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, siklik chastotasi $\omega=2\pi \text{ rad/s}$ ga teng bo'lsa, tebranishning maksimal tezligi v_{max} ni va maksimal tezlanishi a_{max} ni toping.

$$\text{Javob: } v_{\text{max}} = A \cdot \omega = 0,314 \text{ m/s} \quad a_{\text{max}} = -A\omega^2 = -1,37 \text{ m/s}^2.$$

5.7 Massasi $m=0,2$ kg bo'lgan jism $x = 0,05 \sin(4\pi t + \pi)$, m qonun bo'yicha garmonik tebranmoqda. Tebranishning maksimal tezligi v_{\max} ni, maksimal tezlanishi a_{\max} ni, hamda tebranishning to'liq energiyasi W_T ni toping.

Javob:

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi_0\right) = 0,05 \cdot (4\pi t + \pi) \text{ m};$$

$$v_{\max} = A\omega = 0,05 \cdot 4\pi = 0,628 \text{ m/s};$$

$$a_{\max} = -A\omega^2 = -0,05(4\pi)^2 = -7,89 \text{ m/s}^2;$$

$$W_T = \frac{m A^2 \omega^2}{2} = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 5^2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 (4\pi)^2 / \text{s}}{2} = 3,94 \cdot 10^{-2} \text{ m}.$$

5.8 Bikriklik koeffitsienti $k=200$ N/m bo'lgan prujinaga osilgan yuk $t=2$ min da $N=240$ marta tebranadi. Yukning massasi m ni toping.

$$Javob: m = \frac{k}{4\pi^2} \left(\frac{t}{N}\right) = 1,26 \text{ kg}.$$

5.9 Prujinaga osilgan $m=0,1$ kg massali yuk vertikal yo'nalishda $A=5$ sm amplituda bilan tebranmoqda. Agar prujina $F=0,24$ N kuch ta'sirida $t=2$ sm ga cho'zilsa, prujinaning bikriklik koeffitsienti k , prujinali mayatnikning tebranish davri T , hamda energiyasi W_T ni toping.

$$Javob: k = \frac{F}{l} = 12 \text{ N/m}, T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 0,57 \text{ s}, W_T = \frac{kl^2}{2} = 24 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

5.10 Sankt-Peterburgdagi Isaakiy soborida o'rnatilgan Fuko mayatnigining uzunligi $l=98$ m bo'lsa uning tebranish davri T ni toping.

$$Javob: T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 19,86 \text{ s}.$$

5.11 Uzunligi $l=155$ sm bo'lgan matematik mayatnik $t=5$ min davomida $N=120$ marta tebrangan bo'lsa erkin tushish tezlanishi g ni toping.

$$Javob: g = 4\pi^2 l \left(\frac{N}{t}\right)^2 = 9,78 \text{ m/s}^2.$$

5.12 Uzunligi $l=1$ m bo'lgan matematik mayatnik liftning shiftiga osilgan. Lift $a=5$ m/s² tezlashish bilan: 1) tik yuqoriga; 2) tik pastga harakatlangandagi mayatnikning tebranish davrlari T_1, T_2 ni toping.

$$Javob: T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g+a}} = 1,63 \text{ s}, T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g-a}} = 2,87 \text{ s}.$$

5.13 Nuqta $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ qonun bo'yicha tebranadi, bunda $A=2$ sm. Agar $x(0) = -3^{1/2}$ sm va $x'(0) < 0$ bo'lsa, boshlang'ich faza ϕ_0 aniqlansin.

$$Javob: \phi_0 = 5\pi/6.$$

5.14 m [g] massali moddiy nuqta v [Hz] chastota bilan garmonik tebranadi. Tebranish amplitudasi A [sm] bo'lsa:

- 1) Nuqtaning siljish x [sm] bo'lgan ondagi tezligi v ;
- 2) Nuqtaga ta'sir etuvchi maksimal kuch F_{\max} ;
- 3) Tebranyotgan nuqtaning to'liq energiyasi W_T aniqlansin.

$$Javob: v = \pm 2\pi v \sqrt{A^2 - x^2}; F_{\max} = 4\pi^2 v^2 m A; W_T = 2\pi^2 v^2 m A^2.$$

5.15 $x_1(t) = A_1 \cos(\omega t + \tau_1)$; $x_2(t) = A_2 \cos(\omega t + \tau_2)$ tenglamalar bilan ifodalangan, bir xil yo'nalishli ikkita tebranish qo'shiladi. Bunda $A_1 = 1$ sm, $A_2 = 2$ sm, $\tau_1 = 1/6$ s; $\tau_2 = 1/2$ s, $\omega = \pi$ 1/s bo'lsa: 1) Qo'shiluvchi tebranishlarning boshlang'ich fazalari ϕ_1 va ϕ_2 lar aniqlansin; 2) Natijaviy tebranishning amplitudasi A va boshlang'ich fazasi ϕ topilsin. Natijaviy tebranishning tenglamasi yozilsin.

$$Javob: \phi_1 = \omega \tau_1, \phi_2 = \omega \tau_2; A = (A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos \Delta \phi)^{1/2};$$

$$\phi = \arctg \frac{A_1 \sin \phi_1 + A_2 \sin \phi_2}{A_1 \cos \phi_1 + A_2 \cos \phi_2}.$$

5.16 Nuqtaning tebranish tenglamasi $x(t) = A \cos(\omega t + \tau)$ ko'rinishga ega, bunda $\omega = \pi$ 1/s, Tebranishning davri T va boshlang'ich fazasi ϕ_0 aniqlansin.

$$Javob: T = 2 \text{ s}; \phi_0 = 36^\circ.$$

5.17 $x(t) = A \sin(\omega t + \tau)$ tenglama bilan berilgan tebranishning davri T , chastotasi ν va boshlang'ich fazasi ϕ_0 aniqlansin. Bunda $\omega = 2,5\pi$ 1/s, $\tau = 0,4$ s.

Javob:

5.18 Tebrangich so'nuvchi tebranishlarining amplitudasi $t=5$ min vaqtda ikki marta kamaydi. Boshlang'ich momentdan hisoblaganda qancha t vaqtda amplituda 8 marta kamayadi?

$$Javob: 15 \text{ min}.$$

5.19 $t=8$ min vaqtda tebrangich so'nuvchi tebranishlarining amplitudasi 3 marta kamaydi. So'nish koeffitsienti δ aniqlansin.

$$Javob: 0,0023 \text{ s}^{-1}$$

5.20 Uzunligi $l=1$ m bo'lgan tebrangich so'nuvchi tebranishlarning amplitudasi $t=10$ min vaqtda ikki marta kamaydi. Tebranishlarning logarifmik dekrementi θ aniqlansin.

$$Javob: 2,31 \cdot 10^{-3}$$

5.21 Tebrangich tebranishining logarifmik dekrementi $\theta=0,003$. Tebrangichning amplitudasi ikki marta kamayishi uchun kerak bo'lgan to'la tebranishlar soni N aniqlansin.

$$Javob: N=231$$

5.22 $m=5$ g massali jism so'nuvchi tebranmoqda. $t=50$ s vaqt davomida jism o'z energiyasining 60% ini yo'qotdi. Qarshilik koeffitsienti b aniqlansin.

$$Javob: 9,16 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}.$$

5.23 To'liqin $v=4$ Hz chastotada $v=12$ m/s tezlik bilan tarqalayotgan bo'lsa, uning to'liqin uzunligi λ ni va bir-biridan $\Delta l=2$ m masofada yotgan nuqtalarning fazalar farqi $\Delta\varphi$ ni toping.

$$\text{Javob: } \lambda = \frac{v}{\nu} = 3 \text{ m} \quad \Delta\varphi = 2\pi \frac{\nu}{v} \Delta l = 240^\circ$$

5.24 Tebranish manbaidan $S_1=10$ m va $S_2=16$ m masofalardagi ikki tebranishning fazalar farqi $\Delta\varphi$ ni toping. Tebranish davri $T=0,04$ s va tarqalish tezligi $v=200$ m/s.

$$\text{Javob: } \Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta S}{\lambda} = 2\pi \frac{S_2 - S_1}{Tv} = \pi = 180^\circ$$

5.25 Uzunligi $\lambda=0,8$ m va chastotasi $\nu=5$ Hz bo'lgan to'liqinning davri T ni va tarqalish tezligi v ni toping.

$$\text{Javob: } T = \frac{1}{\nu} = 0,2 \text{ s} \quad v = \pi\nu\lambda = 4 \text{ m/s}$$

5.26 Agar momaqaldiroqning birinchi shovqinini kuzatuvchi yashin chaqngandan $t=4,5$ s o'tgach eshitgan bo'lsa, yashin kuzatuvchidan qanday S masofada chaqngan? Tovushning havoda tarqalish tezligi $v=340$ m/s.

$$\text{Javob: } S = v \cdot t = 1530 \text{ m}$$

5.27 Temir quvurning bir uchida urilgan zarb tovushi uning ikkinchi uchida turgan kuzatuvchiga havodan quvur bo'ylab kelganidan $\Delta t=10$ s keyin yetib kelgan. Agar tovushning havodagi tezligi $v_0=340$ m/s, temirdagi tezligi esa $v=4840$ m/s bo'lsa, quvurning uzunligi S ni toping.

$$\text{Javob: } S = \frac{v \cdot v_0}{v - v_0} \Delta t = 3657 \text{ m}$$

5.28 Agar tovushning aks sadosi $t=25$ s o'tgandan keyin eshitilgan bo'lsa, tovush qaytgan to'siqgacha bo'lgan masofa S ni toping. Tovushning havodagi tezligi $v=340$ m/s.

$$\text{Javob: } S = \frac{vt}{2} = 4250 \text{ m}$$

5.29 Mayoqdan paroxodga bir vaqtda tovushning ikkita signali: birinchisi havodan, ikkinchisi esa suvdan yuborildi. Paroxoddagi kuzatuvchi tovushning birinchi signalini iktichisidan $\Delta t=4$ s keyin eshitiladi. Agar mayoqdan paroxodgacha bo'lgan masofa $S=1775$ m va tovushning havoda tarqalish tezligi $v=340$ m/s bo'lsa, tovushning suvda tarqalish tezligi v ni toping.

$$\text{Javob: } v = v_0 \frac{S}{S - v_0 \Delta t} = 1454 \text{ m/s}$$

5.30 Tovushning suvda tarqalish tezligi $v=1450$ m/s. Agar tovushning chastotasi $\nu=725$ Hz bo'lsa, qarama-qarshi fazalarda tebranayotgan qo'shni nuqtalar bir-biridan qanday, S masofada bo'ladi?

$$\text{Javob: } S = \frac{v}{2\nu} = 1 \text{ m}$$

5.31 Okeanning chuqurligi exolot yordamida o'lchangan. Agar tovush paydo bo'lgan paytdan uni qabul qilib olgunga qadar $t=5$ s vaqt o'tgan bo'lsa, okeanning chuqurligi h ni toping. Tovushning okean suvida tarqalish tezligini $v=1450$ m/s deb oling.

$$\text{Javob: } h = \frac{vt}{2} = 3625 \text{ m}$$

5.32 Proigrivatel plastinkasida "lya" tonining chastotasi $\nu=436$ Hz ga mos kelgan, plastinkaning markazidan $r=12$ sm masofada yozilgan tovush to'liqining qo'shni do'ngliklari orasidagi masofa l ni toping ($l=\lambda$ bo'ladi). Plastinkaning aylanish chastotasi $\nu_0=33$ ayl/min.

$$\text{Javob: } l = 2\pi r \frac{\nu_0}{\nu} = 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,95 \text{ mm}$$

5.33 a) Odam qulog'i uchun maksimal diapozoni $\nu_1=20$ Hz dan $\nu_2=20000$ Hz gacha bo'lgan tovushning havo harorati $t=20^\circ\text{C}$ dagi to'liqin uzunligini hisoblang. (b) $\nu_3=18$ MHz ultratovush to'liqidagi to'liqin uzunligi nimaga teng?

Javob:

5.34 Issiq yoz kunida (31°C) aks-sado ko'lining narigi qirg'og'dagi cho'qqidan $t=4,80$ s da qaytib keladi. Qish kunida aks-sado $t=5,20$ s da qaytib keladi. Qish kunida temperatura qanday bo'lgan?

Javob:

5.35 Tosh tepalik ustidan tashlab yuborildi. Uning oqibatida paydo bo'lgan pastdagi suv mavjlarining tovushi $t=2,7$ s kechroq eshitildi. Tepalik balandligi qancha?

Javob:

5.36 Og'riq darajasi 120 dB bo'lgan tovushning intensivligi qanday bo'ladi? Uni 20 dB shivirlash bilan solishtiring.

Javob:

5.37 Tovush intensivligi $I=1,5 \cdot 10^{-6}$ W/m² bo'lganda uning tovush darajasi nimaga teng?

Javob:

5.38 2 ta tovush to'liqini amplitudalari teng jipslashgan, lekin birining chastotasi boshqasidan 2,2 marta katta. Ularning intensivlik nisbati nimaga teng?

Javob:

5.39 Organ trubasining uzunligi $l=116$ sm. Uning asosiy va birinchi 3 ta eshitiladigan overtonlarini aniqlang. Bunda a) trubaning bir uchi yopiq; b) ikki tomoni ham ochiq.

Javob:

5.40 (a) Organning asosiy chastotasi $\nu=294$ Hz bo'lishi uchun ochiq turbasining uzunligi qancha bo'lishi kerak, (b) turba geli bilan to'ldirilganda uning asosiy chastotasi qanday bo'ladi?

Javob:

5.41 Mamba to'lqin uzunligi $\lambda_1=2,54$ m va $\lambda_2=2,72$ m li tovushlarni yasayapti. (a) Sekundiga nechta titrashlar eshitiladi? (b) Fazoda qanday masofada maksimal intensivlik tumani joylashgan?

Javob:

5.42 Sirenasining boshlang'ich chastotasi $\nu=1650$ Hz bo'lgan o't o'chirish mashinasi tinch holatda turibdi. Agar siz $\nu=30$ m/s tezlik bilan harakatlanayotganingizda chastota qanday holatda bo'ladi: a) avtomobilga yaqinlashayotganingizda; b) undan uzoqlashayotganingizda.

Javob:

5.43 Haqiqiy Doppler tajribalaridan biri. Ikki poyezd signallari $\nu=75$ Hz bo'lgan bir xil chastotaga ega va ulardan biri harakatlanishni boshladi, ikkinchi poyezd esa temiryo'l stansiyasida qoldi. Poyezd $\nu=14$ m/s tezlik bilan stansiyani tark etayotganda stansiyada qolgan poyezd qanday titrash chastotasini qabul qiladi?

Javob:

6-§. Yaxlit muhit mexanikasi

Mutlaqo yopishmaydigan va siqilmaydigan suyuqlik *ideal suyuqlik* deyiladi. Suyuqlikning harakatlanishi *oqish*, harakatlanayotgan suyuqlikning tashkil etuvchi qismlar (zarralar) to'plamiga *oqim* deb ataladi.

Oqim chiziqclarining ko'rinishi vaqt o'tishi bilan o'zgarishi mumkin. Oqim chiziqclarining manzarasi o'zgarayotgan holdagi suyuqlikning harakatini barqaror harakat yoki *statsionar oqim* deb ataladi.

Oqim nayining S_1 va S_2 kesimlaridagi suyuqlik oqimining tezliklari mos ravishda v_1 va v_2 suyuqlikning zichliklari esa ρ_1 va ρ_2 bo'lsin. Oqim nayining S_1 va S_2 kesimlaridan 1s davomida statsionar ravishda oqib o'tayotgan suyuqlik massalari,

$$m_1 = \rho_1 v_1 S_1 \text{ va } m_2 = \rho_2 v_2 S_2$$

o'zaro teng bo'lishi kerak (aks holda, ya'ni $m_1 \neq m_2$ bo'lgan holda suyuqlikning oqishi nostatsionar bo'lib qoladi).

Shuning uchun,

$$\rho_1 v_1 S_1 = \rho_2 v_2 S_2$$

ifoda siqiluvchan suyuqliklar uchun *uzluksizlik tenglamasini* ifodalaydi. Siqilmas suyuqliklar (muayyan masalani hal qilayotganda siqilishini hisobga olmasa ham bo'ladigan suyuqliklar) uchun $\rho_1 = \rho_2$ bo'ladi. Natijada quyidagi ko'rinishga keladi:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

siqilmas suyuqliklar uchun *uzluksizlik tenglamasini* ifodalaydi.

Statsionar oqayotgan ideal suyuqlikning ixtiyoriy oqim chizig'i bo'ylab

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

shart bajariladi. Bu ifodaga *Bernulli tenglamasi* deb ataladi.

Bernulli tenglamasidagi P —harakatlanuvchi suyuqlik ichidagi bosimni anglatadi. U *statik bosim* deb ataladi. $\frac{\rho v^2}{2}$ ga esa *dinamik bosim* deb ataladi.

U suyuqlik ichidagi bosim suyuqlikning harakatlanishi tufayli qandaydir miqdorga kamayishini ifodalashlaydi. ρgh — *gidravlik bosim*. U oqim nayi h balandlikka ko'tarilgan taqdirda statik bosimning qanchaga kamayishini ifodalaydi.

Ichki ishqalanish kuchi bilan bog'liq bo'lgan suyuqlik xossasiga *qovushqoqlik* deyiladi.

Suyuqlikda harakatlanayotgan sharsimon jisimga ta'sir qilayotgan qovushqoqlik kuchini quyidagicha ifodalanaadi:

$$F_{\text{ishq}} = 6\pi\eta vr$$

bu yerda, η - qovushqoqlik koeffitsientlari [$kg/m \cdot s$], v - jismning tezligi, r - radius.

Jism suyuqlikda katta tezlik bilan harakatlanganda unga ko'rsatadigan qarshilik kuchi keskin ortib ketadi. Bunda jism oldidagi qatlam zichlashadi, jismning orqa qismidagi qatlam esa uyurmaviy harakat hosil qiladi. Uyurmada zarralar katta tezlikda harakat qilganida, Bernulli tenglamasiga ko'ra jism ortidagi bosim kamayadi. Bu bosimlar farqi jism harakatiga tormozlovchi kuch sifatida ta'sir etadi. U ham qovushqoqlik kuchi kabi, jismning shakliga V ga, ko'ndalang kesim yuzasiga S ga, suyuqlik zichligiga ρ ga va jismning tezligi v ga bog'liq:

$$F = 6\pi S \rho v^2$$

$$S \propto L^2$$

L - jismning uzunligini e'tiborga oluvchi koeffitsientlar.

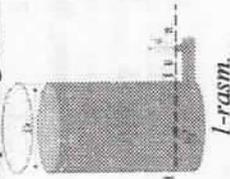
$$Re = \frac{\rho L v}{\eta}$$

bu yerda, Re - jismning shakliga bog'liq bo'lmagan o'lchamsiz kattalik - Reynolds soni. U gidro va aerodinamikaning eng asosiy parametrlaridan biridir. Reynolds soni ishtirok etgan η/ρ odatda, **kinematik qovushqoqlik** deb ataladi.

Reynolds soni neft, gaz quvurlari yoki kanallarda oqayotgan suvlarning chegaraviy tezligini aniqlashda keng ishlatiladi. Masalan, silindrsimon nayda suyuqlikning oqishi **laminar** tabiatga ega bo'lishi uchun $Re < 2300$ bo'lishi lozim. $Re > 2300$ bo'lganda esa **turbulent** oqim kuzatiladi.

Masala yechish uchun namunalar:

1-masala: Suv favvoraga katta silindirik bakdan beriladi (1-rasm) va II-II teshikdan $v_2=12$ m/s tezlik bilan chiqadi. Bakning diametri $D=2$ m, II-II kesimining diametri $d=2$ sm. 1) Bakdagi suvning pasayish tezligi v_1 ; 2) qanday p bosim ostida suv favvoraga berilishi; 3) bakdagi suv sathining balandligi h_1 va favvoradan chiqayotgan suv oqimining balandligi h_2 aniqlansin.



1-rasm.

Yechish: 1. Favvoraning II-II kesimi sathida bakda I-I kesim o'tkazamiz. I-I kesimning yuzi S_1 yuzasi II-II kesimning S_2 yuzasidan ko'p marta katta bo'lganligidan, kichkina vaqt oralig'i uchun bakdagi suv sathini o'zgarmas, oqimni esa barqaror deb hisoblash mumkin. Barqaror oqim uchun esa oqimning uzluksizlik sharti o'rinaldir: $v_1 S_1 = v_2 S_2$, bundan

$$v_1 = \frac{v_2 S_2}{S_1} = v_2 \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (1)$$

Berilgan kattaliklarning qiymatlarini (1) tenglikka qo'yib va hisoblab quyidagini topamiz:

$$v_1 = v_2 \left(\frac{d}{D} \right)^2 = 12 \cdot \left(\frac{0,02}{2} \right)^2 = 0,0012 \text{ m/s}$$

Bakdagi suv sathi shunday tezlik bilan pasayadi. Ko'rinib turibdiki, bu tezlik favvoradagi suv oqimining tezligidan juda kichik.

2. Qanday p_1 bosim ostida suv favvoraga berilayotganini Bernulli tenglamasidan topamiz. Oqimning gorizontal nayi uchun uning ko'rinishi quyidagicha:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (2)$$

$p_2=0$ ekanligini hisobga olib (bosim deb atmosfera bosimidan ortiqchasi tushumiladi). (2) tenglikdan quyidagini olamiz:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (3)$$

$v_1 \square v_2$ bo'lganligi tufayli (3) tenglikdan:

$$P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2}$$

Shu formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak,

$$P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} = \frac{1000 \cdot 12^2}{2} = 72 \text{ kPa}$$

3. Bakdagi suv sathining balandligi h_1 ni $P_1 = h_1 \rho g$ munosabatdan topamiz, bundan

$$h_1 = \frac{P_1}{\rho g} = \frac{72000}{1000 \cdot 9,8} = 7,35 \text{ m}$$

2-masala: Stol ustidagi suvli idishning yon sirtida idishning asosidan h_1 masofada va suvning sathidan h_2 masofada joylashgan teshigi bor. Idishdagi suvning sathi har doim o'zgarmas saqlanadi. Suv jarayoni stolga (gorizontol bo'ylab) qanday masofada tushadi? Masala 1) $h_1=25 \text{ sm}$ va $h_2=16 \text{ sm}$; 2) $h_1=16 \text{ sm}$ va $h_2=25 \text{ sm}$ hollar uchun yechilsin.

Yechish: Masalani yechish uchun Bernulli teoremasidan foydalanamiz.

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} \text{ yoki } v_1^2 + 2g h_1 = v_2^2$$

v_1 - idishdagi suv sathining pasayish tezligi, v_2 - idishdagi teshikdan chiqayotgan suv oqimining tezligi. $v_1 = 0$ $v_2 = \sqrt{2g h_1}$ $h_1 = \frac{g t^2}{2}$ bundan

vaqtni topamiz: $t = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ masofa esa $l = v_2 t = \sqrt{4g h_1 h_2} / g = 2\sqrt{h_1 h_2}$ formula orqali topiladi.

Keltirilgan formuladan masofani topib qo'yamiz,

$$l = 2\sqrt{h_1 h_2} = 2\sqrt{25 \cdot 16} = 40 \text{ sm}.$$

3-masala: Sharcha zichligi materialning zichligidan 4 marta katta zichlikli suyuqlikning ichidan o'zgarmas tezlik bilan chiqib kelmoqda. Chiqib kelayotgan sharchaga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi, bu sharchaning og'irligidan necha marta katta?

Yechish: Masala shartidan kelib chiqqan holda unga mos tenglama hosil qilamiz:

Niuyutonning 2-qonuniga ko'ra $F_A - mg - F_{ishq} = 0$ (1) ni hosil

$$\text{qilamiz. Bu yerda, } F_A = \rho_1 g V \rightarrow m = \rho_2 V \rightarrow V = \frac{m}{\rho_2}.$$

$$F_A = 4\rho_2 \frac{m}{\rho_2} g = 4mg$$

Tenglama (1) ga binoan $F_{ishq} = 3mg$ bundan $\frac{F_{ishq}}{mg} = 3$ kelib chiqadi. Demak, ishqalanish kuchi sharchaning og'irligidan 3 marta katta ekan.

4-masala: Po'kadan yasalgan $R=5 \text{ mm}$ radiusli sharcha kanakunjut moy to'ldirilgan idishning tubidan $v=3,5 \text{ sm/s}$ o'zgarmas tezlik bilan chiqib kelayotgan bo'lsa, tajriba shartiga asosan kanakunjut moyining dinamik va kinematik yopishqoqligi topilsin. $\rho_p = 200 \text{ kg/m}^3$, $\rho_k = 900 \text{ kg/m}^3$

Laboratoriya tajribalarida Stoks kuchi orqali aniqlanadigan tajriba ishiga murojbat qilgan holda aniqlaymiz.

$$F_A - mg - F_{ishq} = 0$$

$$m = \rho_p V = \rho_p \frac{4\pi r^3}{3}$$

Arhimed kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$F_A = \rho_k V g = \rho_k g \frac{4\pi r^3}{3}$$

Suyuqlikning qarshilik kuchi Stoks kuchi orqali ifodalanadi:

$$F = 6\pi\eta r v$$

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_p - \rho_k)}{9v} = \frac{2 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 9,8 \cdot (900 - 200)}{9 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2}} = 1,09 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$\eta = 1,09 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ - dinamik yopishqoqlik.

$$v = \frac{\eta}{\rho_k} = \frac{1,09}{900} = 12,1 \frac{\text{sm}^2}{\text{s}} \text{ - kinematik yopishqoqlik.}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

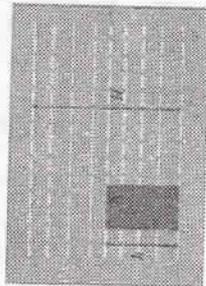
6.1 Diametri $d=25$ sm bo'lgan silindrik chelakka $V=12$ l hajmni egallovchi suv quyilgan. Chelak tubidan $h=10$ m balandlikka uning devorigacha bosim p bosim qanday?
Javob: $1,2 \cdot 10^5$ Pa.

6.2 Suyuqlikning idish devoriga bosim kuchi F idish tubiga bo'lgan bosim kuchiga teng bo'lishi uchun R radiusli silindrik idishga qanday balandlik H gacha suyuqlik quyish kerak?
Javob: $H=R$.

6.3 Suv bilan limmo-lim to'ldirilgan chelakka muz parchasi tushirildi. Bunda muzning suvga botgan qismining hajmiga teng miqdordagi suv chelakdan tashib tushdi. Muz eriganda chelak tubiga bo'lgan bosim o'zgaradimi?
Javob: O'zgarmaydi.

6.4 Uzunligi $l=10$ sm bo'lgan probirkani yuqori chetigacha suv bilan to'ldirilgan va ochiq uchi bilan suvli stakanga tushirilgan. Bunda probirka deyarli suv ustida turadi. Suvning probirka tubigacha bo'lgan bosimi p ni toping. Atmosfera bosimi $p_0=760$ mm.sim.usht.
Javob: $752,6$ mm.sim.usht.

6.5 Suv to'ldirilgan basseynga balandligi $h=1$ m bo'lgan silindrik idish to'ng'irilgan holda tushirilgan (6.5-rasm). Bu idish zichligi $\rho=900$ kg/m³ bo'lgan yog' bilan to'ldirilgan. Silindring pastki ochiq tomoni basseyndagi suv sirtidan $H=3$ m chuqurlikda joylashgani ma'lum bo'lsa, idishning bevosita tubi ostidagi A nuqtadagi bosimini toping. Atmosfera bosimi $p_0=10^5$ Pa.



6.5-rasm

Javob: $1,206 \cdot 10^5$ Pa.

6.6 U simon naychaga simob quyilgan. Keyin nayning tirsaklaridan biriga yog' va suv bilan ajralish sirtlari har ikki tirsakda bir sathda turadi. Yog' ustunining balandligi $H=20$ sm, uning zichligi esa $\rho=0,9$ g/sm³ bo'lsa, suv ustunining balandligi h ni aniqlang.
Javob: 18 sm.

6.7 Har bir qadamda gidravlik pressning kichik porsheni $h=0,2$ m masofaga tushadi, katta porsheni esa $H=0,01$ m ko'tariladi. Kichik porsheniga

$F=500$ N kuch ta'sir qilayotgan bo'lsa, press siqilgan jismga qanday F kuch bilan ta'sir qiladi?

Javob: 10^4 N.

6.8 $m=2$ t massali yukni gidravlik press yordamida ko'tarish uchun $A=40$ J ish sarf qilinadi. Bunda kichik porshen har bir yurishda $h=10$ sm siljigani holda $n=10$ yurish qildi. Katta porshenning yuzi kichik porshenning yuzidan necha marta katta?

Javob: 490.

6.9 Bir xil qalinlikdagi katta muz parchasi suv sirtidan $h=2$ sm chiqqan holdan suzib yuribdi. Muz parchasi asosining yuzi $S=200$ sm² bo'lsa, uning og'irligi P qancha? Muzning zichligi $\rho=0,92$ g/sm³.

Javob: $45,1$ N.

6.10 Tekis oqim bilan bakka suv quyilyapti. Oqim tezligi $Q=2$ l/s. Bakning tubida $S=2$ sm² yuzli teshik bor. Bakdagi suv qanday h sathda turadi?

Javob: 5 m.

6.11 Gorizontol joylashgan quvirming keng qismidan neft $v_1=2$ m/s tezlik bilan oqmoqda. Agar quvirming keng va tor qismlaridagi bosimlar farqi $\Delta p=6,65$ kPa bo'lsa, neftni quvirming tor qismidagi tezligi v_2 aniqlansin.

Javob: $4,33$ m/s.

6.12 Trubaning ko'ndalang kesimidan yarim soatda $m=0,51$ kg karbonat angidrid gazi oqib o'tganligi ma'lum bo'lsa, trubadagi gazning oqim tezligi topilsin. Gazning zichligini $\rho=7,5$ kg/m³ ga teng deb olinsin. Trubaning diametri $d=2$ sm ga teng.

Javob: $0,12$ m/s.

6.13 Kesimi o'zgaruvchan bo'lgan gorizontol ravishda joylashgan quvirdan suv oqmoqda. Quvirming keng qismida suvning tezligi $v_1=20$ sm/s. Quvirming diametri d_2 keng qismining diametri d_1 dan $1,5$ marta kichik bo'lgan tor qismidagi tezlik v_2 aniqlansin.

Javob: $0,45$ m/s.

6.14 Nasos gorizontol silindrining diametri $d_1=20$ sm. Unda $d_2=2$ sm diametri teshikdan suvni haydagancha $v_1=1$ m/s tezlik bilan porshen harakatlanadi. Suv teshikdan qanday v_2 tezlik bilan oqib chiqadi? Suvning silindrdagi ortiqcha bosimi p qanday bo'ladi?

Javob: 100 m/s; 5 MPa.

6.15 Gorizontol joylashgan dori purkagich porsheniga $F=15$ N kuch qo'yilgan. Agar porshenning yuzasi $S=12$ sm² bo'lsa, dori purkagichning uchligidan suvning oqib chiqish tezligi v aniqlansin.

Javob: 5 m/s.

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

Javob: $8,80$ m/s.

6.17 Diametri $d=2$ sm bo'lgan, $v=10$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan suv oqimi oqimiga tik qo'yilgan harakatsiz yassi sirtga uriladi. Suv zarralarining sirtga urilgandan keyingi tezligini nolga teng deb hisoblab, suv oqimining sirtga bosim kuchi F topilsin.
Javob: 31,4 N.

6.18 Idishga har 1 sekundda 0,2 l suv quyila boriladi. Bunda idishdagi suvning sathi $h=8,3$ sm balandlikda o'zgarmas qolishi uchun idish tubidagi teshikning d diametri qanday bo'lishi kerak?
Javob: 1,4 sm.

6.19 Dinamik yopishqoqligi $\eta=1,2 \cdot 10^{-4}$ g/sm s ga teng havodagi $d=0,3$ mm diametri yomg'ir tomchisi eng ko'pi bilan qanday tezlikka erishadi?
Javob: 4,1 m/s.

6.20 $d=1$ mm diametri po'lat sharcha katta idishdagi kanakunjit moyiga $v=0,185$ sm/s o'zgarmas tezlik bilan tusha boradi. Kanakunjit moyining dinamik yopishqoqligi topilsin.
Javob: 2 N·s/m².

6.21 Suv diametri $d=5$ sm bo'lgan yumaloq silliq quvurdan o'rtacha $v_{o'rt}=10$ sm/s tezlik bilan oqmoqda. Quvurdagi suyuqlik oqimi uchun Reynolds soni Re aniqlansin va suyuqlikning oqish xarakteri ko'rsatilsin.
Javob: 500; harakat turbulent bo'ladi.

6.22 Quvurdan mashina yog'i oqmoqda. Yog'ning bu quvurdagi harakati laminar bo'lib qoladigan maksimal tezlik $v_{max}=3,2$ sm/s. Shu quvurning o'zida qanday v tezlikda glitserinning harakati laminarlikdan turbulentshikka o'tadi?
Javob: 1,84 sm/s.

6.23 Ichki diametri $d=3$ sm bo'lgan quvurdan suv oqmoqda. Laminar oqimda suvning maksimal sarfi Q_{max} aniqlansin.
Javob: 54,2 g/s.

6.24 Kanakunjit moyida $d=1$ sm diametri mis sharcha o'zgarmas tezlik bilan tushmoqda. Sharcha tushishi natijasida vujudga kelgan moy harakati laminar bo'ladimi? Reynolds sonining kritik qiymati $Re_k=0,5$.
Javob: turbulent bo'ladi.

6.25 Glitserinli idishning tubiga qo'rg'oshin sharcha tushmoqda. Shar tushishi natijasida vujudga keladigan glitserin qatlamlarining harakati laminar bo'lishi uchun sharcha diametrlarining maksimal qiymati qanday bo'lishi lozimligi aniqlansin. Harakat barqaror deb hisoblandsin.
Javob:

II BOB

MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

1-§. Ideal gazning holat tenglamalari

Moddaning kimyoviy xossalarni o'zida saqlab qola oladigan, hamda mustaqil tarzda mavjud bo'la oladigan eng kichik zarrachasiga shu moddaning *molekulasi* deb ataladi.

O'lchamlari hisobga olmas darajada kichikki, ularni e'tiborga olmaslik mumkin bo'lgan, hamda o'zaro tortishish kuchlari ham hisobga olmas darajada kichik bo'lgan va o'zaro to'qnashishlari absolyut elastik tarzda sodir bo'luvchi erkin zarralar sistemasi *ideal gaz* deb ataladi.

Gazning bosimi $[P]$, hajmi $[V]$ va temperaturasi $[T]$ orasidagi bog'lanishni ifodalovchi tenglama *ideal gaz holat tenglamasi* deyiladi. Ular orasidagi bog'lanish, $p = f(V, T)$ funksiya bilan aniqlanadi.

$$p = nkT \quad (1)$$

$$n = \frac{N}{V} \quad (2)$$

$$pV = NkT \quad (3)$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT \quad (4)$$

$$pV = \nu RT \quad (5)$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad (6)$$

Bu yerda:

p – ideal gazning bosimi $[Pa]$;

n – gaz molekularining konsentratsiyasi $[m^{-3}]$;

$k=1,38 \cdot 10^{-23}$ $[J^{\circ}K]$ – Boltsman doimiysi;

T – absolyut temperatura $[^{\circ}K]$;

V – hajm $[m^3]$;

N – molekular soni;

ρ – gaz zichligi $[kg/m^3]$;

μ – molyar massa $[kg/mol]$;

m – gaz massasi $[kg]$;

ν – modda miqdori $[mol]$;

$R=8,31$ $[J/(mol \cdot K)]$ – universal gaz doimiysi.

Dalton qonuni:

$$p = \sum p_i \quad (7)$$

Bu yerda, p – aralashma gaz bosimi $[Pa]$, p_i – partial bosim $[Pa]$, i – aralashma gazning komponenti.

O'zgarmas massali ideal gazning termodinamik jarayoni:

a) izotermik jarayon, $T = \text{const}$, $pV = \text{const}$;

b) izobarik jarayon, $p = \text{const}$, $\frac{V}{T} = \text{const}$;

c) izoxorik jarayon, $V = \text{const}$, $\frac{p}{T} = \text{const}$.

Masala yechish uchun namunalari:

1-masala: $m = 2.5$ g massali kislorod va $m = 75$ g massali azot aralashmasining molyar massasi M topilsin.

Yechish: Aralashmaning molyar massasi μ_{ar} aralashma massasi m_{ar} ning aralashmadagi modda miqdori ν_{ar} ga nisbatiga teng, ya'ni

$$\mu_{ar} = \frac{m_{ar}}{\nu_{ar}} \quad (1)$$

Aralashmaning massasi aralashmaning tashkil etuvchilari massalari yig'indisiga teng: $m_{ar} = m_1 + m_2$.

Aralashmaning modda miqdori aralashmaning tashkil etuvchilari modda miqdorlarining yig'indisiga teng:

$$\nu_{ar} = \frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}$$

μ_{ar} va ν_{ar} larning ifodalari (1) formulaga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$\mu_{ar} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}} \quad (2)$$

Birinchi navbatda kislorod va azotning molyar massalarini topamiz. D.I. Mendeleyev davriy sistemasidan kislorod va azot ikki atomli gaz bo'lganligi uchun molyar massalari quyidagicha bo'ladi:

$$\mu_1 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol},$$

$$\mu_2 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

Berilgan va topilgan kattaliklardan foydalangan holda (2) formuladan hisoblaymiz:

$$\mu_{ar} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}} = \frac{2.5 \cdot 10^{-3} + 75 \cdot 10^{-3}}{\frac{2.5 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} + \frac{75 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}}} = 28.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

Javob: $28.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

2-masala: Hajmi $V = 0.2 \cdot m^3$ bo'lgan idishda $T = 300$ K temperaturada $m = 0.004$ kg vodorod bor. Vodorodning bosimini topilsin. $\mu(H_2) = 0.002 \text{ kg/mol}$.

Yechish: Ideal gazlar, gazning V hajmini, uning p bosimini, T absolyut temperaturasini va m massasini o'zaro bog'lovchi Mendeleyev-Klapeyron tenglamasiga bo'ysunadi:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

(1) tenglamada R – gaz doimiysi bo'lib, SI birliklar sistemasida 8.31 J/(mol·grad) ga teng. Shu (1) tenglamadan p bosimini aniqlaymiz:

$$p = \frac{mRT}{\mu V}$$

Masalaning shartiga asosan berilgan kattaliklardan foydalanib hisoblab qo'yamiz:

$$p = \frac{mRT}{\mu V} = \frac{0.004 \cdot 8.31 \cdot 300}{0.002 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 2.5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Javob: $2.5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

3-masala: Muayyan miqdor vodorod $T_1 = 200$ K temperaturada va $p_1 = 3$ mm.sim.usl. = 400 Pa bosimda turibdi. Gazni $T = 10000$ K temperaturagacha qizdirildi. Bunda vodorod molekulari deyarli batamom atomlarga ajralib ketadi. Agar gaz hajmi va massasi o'zgarmagan bo'lsa, uning bosimini aniqlang.

Yechish: Gazning massasi $m = m_0 n$ va uning molyar massasi $\mu = m_0 N_A$, bunda m_0 – bitta molekulaning massasi, n – berilgan hajmdagi molekular soni va N_A – bir moldagi molekular soni (Avagadro soni) m va μ larning bu qiymatlarini $pV = \frac{m}{\mu} RT$ holat tenglamasiga qo'yib $p = \frac{n}{N_A} RT$ ni topamiz,

ya'ni boshqa barcha sharoitlar birday bo'lganda bosim n zarralar soniga proporsionaldir. Bizning holda, agar molekularlar sochilmasa, Sharl qonuniga muvofiq T_2 temperaturada bosim $p_2 = p_1 T_2 / T_1$ bo'lar edi. Har bir vodorod molekulasini ikki atomga bo'linib ketishi tufayli zarralar soni ikki baravar ortadi. Shu sababli T_2 temperaturada bosim:

$$P_2 = 2P_1' = \frac{2p_1 T_2}{T_1} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 10000}{200} = 40 \text{ kPa}$$

Javob: 40 kPa .

Mustaqil yechish uchun masalalar

1.1 Massalari $m_1=3$ kg bo'lgan alyuminiy ($\mu=26$ kg/kmol) va $m_2=0,4$ kg bo'lgan kislorod ($\mu=32$ kg/kmol) gazining modda miqdorlari ν_1 , va ν_2 ni toping.

Javob: $\nu = \frac{m_1}{\mu_1} = 0,111$ kmol; $\nu = \frac{m_2}{\mu_2} = 12,5$ mol.

1.2 Modda miqdori $\nu=0,3$ kmol bo'lgan azot ikki oksidi (NO ; $\mu=30$ kg/kmol) ning massasi m va V hajmini toping. Normal sharoit ($T_0=263$ K, $p_0=1$ atm, $\mu=1,0132 \cdot 10^5$ Pa) da 1 kmol gazning hajmi $V_0=22,4$ m³/kmol ga teng.

Javob: $m=\nu\mu=9$ kg, $V=\nu V_0=6,72$ m³.

1.3 Massasi $m=5,4$ kg bo'lgan alyuminiy ($\mu=26$ kg/kmol) quymasidagi atomlar soni N ni toping. Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $N = N_A \cdot \frac{m}{\mu} = 1,25 \cdot 10^{26}$.

1.4 Vodorod (H_2 ; $\mu=2$ kg/kmol) va kislorod (O_2 ; $\mu=32$ kg/kmol) gazlari molekularining massalari m_1 , va m_2 ni toping. Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $m_1 = \frac{\mu_1}{N_A} = 3,3 \cdot 10^{-26}$ kg; $m_2 = \frac{\mu_2}{N_A} = 4,65 \cdot 10^{-26}$ kg.

1.5 Normal sharoit ($T_0=263$ K, $p_0=1$ atm, $\mu=1,0132 \cdot 10^5$ Pa) da hajmi $V=0,4$ l bo'lgan idishdagi gaz molekularining soni N ni toping. Normal sharoitda $\nu=1$ kmol gazning hajmi $V_0=22,4$ m³/kmol ga teng.

Javob: $N = N_A \cdot \nu = N_A \cdot \frac{V}{V_0} = 1,08 \cdot 10^{27}$.

1.6 Hajmi $V=1$ l bo'lgan suvdagi molekular soni N ni toping. Suvning zichligi $\rho=1 \cdot 10^3$ kg/m³ ga, molyar massasi $\mu=18$ kg/kmol va Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $N = N_A \cdot \frac{m}{\mu} = N_A \cdot \frac{\rho V}{\mu} = 3,3 \cdot 10^{25}$ ta molekula.

1.7 Suv molekulasini (H_2O ; $\mu=18$ kg/kmol) ning diametri d ni toping. Suvning zichligi $\rho=1 \cdot 10^3$ kg/m³ ga va Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $d = \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} = \sqrt[3]{\frac{\mu}{\rho \cdot N_A}} = 3,1 \cdot 10^{-10}$ m

1.8 Temir (Fe ; $\mu=56$ kg/kmol) atomlari orasidagi masofa, ya'ni atomning diametri d ni toping. Temirning zichligi $\rho=7800$ kg/m³ ga va Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $d = \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} = \sqrt[3]{\frac{\mu}{\rho \cdot N_A}} = 2,36 \cdot 10^{-10}$ m.

1.9 Sirti $S=20$ sm bo'lgan buyumga $h=1$ mkm qalinlikda qoplangan kumush (Ag ; $\mu=108$ kg/kmol) qatlamidagi atomlar soni N ni toping. Kumushning zichligi $\rho=10,5 \cdot 10^3$ kg/m³ ga, Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $N = N_A \cdot \frac{m}{N_n} = N_A \cdot \frac{\rho h S}{\mu} = 1,16 \cdot 10^{26}$.

1.10 Normal sharoitda ($T_0=263$ K, $p_0=1$ atm, $\mu=1,0132 \cdot 10^5$ Pa) dagi kislorod ($\mu=32$ kg/kmol) gazi molekularining konsentratsiyasi n ni toping. Kislorodning zichligi $\rho=1,43$ kg/m³ ga, Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $n = N_A \cdot \frac{\rho}{\mu} = 2,7 \cdot 10^{25}$ 1/m³.

1.11 Normal sharoit ($T_0=263$ K, $p_0=1$ atm, $\mu=1,0132 \cdot 10^5$ Pa) dagi suv bug'i molekularining markazlari orasidagi o'rtacha masofa d ni toping. Normal sharoitdagi gazning molyar hajmi $V_0=22,4$ m³/kmol ga, Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $d \approx \sqrt[3]{\frac{V_0}{N_A}} = 3,31 \cdot 10^{-9}$ m

1.12 $V=5$ l hajmi idishdagi massasi $m=20$ g bo'lgan kislorod (O_2 ; $\mu=32$ kg/kmol) gazi molekularining konsentratsiyasi n_0 ni toping. Avogadro soni $N_A=6,025 \cdot 10^{26}$ 1/kmol ga teng.

Javob: $n_0 = \frac{N}{V} = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{N_A}{V} = 7,52 \cdot 10^{24}$ 1/m³.

1.13 Ballonda $p=1,5$ MPa bosim ostida $t=37^\circ\text{C}$ haroratli $V=40$ l gaz bor. Normal sharoit ($T_0=263$ K va $p_0=1 \cdot 10^5$ Pa) da shu gazning hajmi V_0 qanday bo'ladi?

Javob: $V_0 = V \cdot \frac{p T_0}{p_0 T} = 0,528$ m³.

1.14 Normal ($T_0=263$ K va $p_0=1 \cdot 10^5$ Pa) dagi $V_0=9,5$ l hajmli gazni $t=15^\circ\text{C}$ haroratgacha isitilganda uning hajmi $V=4,0$ l bo'lishi uchun bosimi p qanday bo'lishi kerak?

Javob: $p = p_0 \cdot \frac{V_0 T}{V T_0} = 2,5 \cdot 10^5$ Pa.

1.15 $t=15^\circ\text{C}$ haroratda $p_1=2 \cdot 10^5$ Pa bosim ostida vodorod $V_1=3$ l hajmi egallagan. Gazning hajmi $V_2=1,5$ l bo'lguncha siqilganda bosim $p_2=420$ kPa bo'lgan bo'lsa, uning T_2 haroratini toping.

Javob: $T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 302,4$ K.

1.16 Siqish taktining oxirida harorati $t_1=47^\circ\text{C}$ dan $t_2=367^\circ\text{C}$ ga ortib hajmi $V_1=1,8$ l dan $V_2=0,3$ l gacha kamaysa, ichki yonuv dvigateli silindrida

gazsimon ishchi modda aralashmasining bosimi p_2 qanday bo'ladi? Dastlabki bosimni $p_1 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ deb oling.

Javob: $p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$.

1.17 Havo elastik qobiqda $t_1 = 20^\circ \text{C}$ harorat va $p_1 = 100 \text{ kPa}$ bosim ostida $V_2 = 2 \text{ l}$ hajmini egallaydi. Bu havo harorati $t_2 = 4^\circ \text{C}$ bo'lgan suv ostidagi $h = 136 \text{ m}$ chuqurlikda qanday V_2 hajmini egallaydi? Suvning zichligini $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ deb oling.

Javob: $V_2 = V_1 \frac{p_1 T_2}{(p_1 + \rho g h) T_1} = 0,13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

1.18 Uydagi havoning hajmi $V = 100 \text{ m}^3$ ga teng. Agar harorati $t_1 = 10^\circ \text{C}$ dan $t_2 = 25^\circ \text{C}$ gacha oshirilsa va atmosfera bosimi $p_2 = 770 \text{ mm.sim.ust}$ ga teng bo'lsa, uydan qancha Δm massali havo chiqib ketadi? Normal sharoit ($T_0 = 263 \text{ K}$ va $p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) da havoning zichligi $\rho_0 = 1,29 \text{ kg/m}^3$.

Javob: $\Delta m = \rho_0 V_1 \frac{p_2 T_0}{p_0 T_2} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 6,5 \text{ kg}$.

1.19 Ballonda harorati $t_1 = 26^\circ \text{C}$, bosimi $p_1 = 4 \text{ MPa}$ bo'lgan gaz bor. Agar ballondagi gaz massasining yarmi chiqarib yuborilgandan keyin harorati $t_3 = 12^\circ \text{C}$ ga tushib qolgan bo'lsa, ballondagi bosim p_2 qanday bo'ladi?

Javob: $p_2 = p_1 \frac{T_3}{2T_1} = 19 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

1.20 Aerostatning hajmi $V = 300 \text{ m}^3$ unga $t = 20^\circ \text{C}$ haroratda $p = 750 \text{ mm.sim.ust}$ li bosimda vodorod to'ldirilgan. Agar ballondan aerostatga har $\Delta t = 1 \text{ s}$ da $\Delta m = 2,5 \text{ g}$ vodorod o'tib tursa, aerostatni vodorod bilan to'ldirish qancha t vaqt davom etadi? Normal sharoit ($T_0 = 263 \text{ K}$ va $p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) da vodorodning zichligi $\rho_0 = 0,09 \text{ kg/m}^3$.

Javob: $\tau = \Delta t \cdot \frac{\rho_0 V}{\Delta m} \cdot \frac{p T_0}{p_0 T} = 9,93 \cdot 10^3 \text{ s}$.

1.21 Ichida $m_1 = 20 \text{ kg}$ karbonat angidrid bo'lgan ballon sinash vaqtida $t_1 = 386^\circ \text{C}$ haroratda portlab ketgan. Mustahkamlik zonasi 5 marta katta qilib olinganda bunday ballonda $t_2 = 26^\circ \text{C}$ haroratda qancha t_2 miqdorda vodorod saqlash mumkin? Normal sharoitda karbonat angidridning zichligi $\rho_0 = 1,98 \text{ kg/m}^3$ vodorodning zichligi esa $\rho_0 = 0,09 \text{ kg/m}^3$ ga teng.

Javob: $m_2 = m_1 \cdot \frac{\rho_0}{\rho_0} \cdot \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} = 0,4 \text{ kg}$.

1.22 Hajmi $V = 20 \text{ l}$ bo'lgan ballonda $t_1 = 26^\circ \text{C}$ harorat va $p_1 = 7,5 \text{ MPa}$ bosim ostida siqilgan kislorod bor. Agar ballondagi gaz bilan payvandlash vaqtida ballondagi gazning harorati $t_2 = 22^\circ \text{C}$ gacha pasaygan va bosimi $p_2 = 5,9 \text{ MPa}$ ga teng bo'lsa, qancha Δm massali kislorod sarflangan. Kislorodning normal sharoitda zichligi $\rho_0 = 1,43 \text{ kg/m}^3$.

Javob: $\Delta m = \rho_0 V_1 \frac{p_2 T_0}{p_0 T_2} \left(\frac{p_1 T_2}{p_0 T_1} - 1 \right) = 38,29 \text{ g}$.

1.23 Hajmi $V = 500 \text{ sm}^2$ bo'lgan idishda $t = 17^\circ \text{C}$ haroratli $m = 0,89 \text{ g}$ vodorod ($\mu = 2 \text{ kg/kmol}$) bor. Gazning bosimi p ni toping.

Javob: $p = \frac{m RT}{\mu V} = 2,17 \text{ Pa}$.

1.24 $t = 26^\circ \text{C}$ haroratli, $p = 760 \text{ mm.sim.ust}$ bosimli, $V = 25 \text{ l}$ hajmdagi oltingurt gaz (SO_2) ning massasi m ni toping. CO_2 gazning kilomolyar massasi $\mu = (16+32) \text{ kg/kmol} = 48 \text{ kg/kmol}$.

Javob: $m = \frac{p V \mu}{RT} = 48 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$.

1.25 Hajmi $V_1 = 40 \text{ l}$ bo'lgan ballonda $m = 1,98 \text{ kg}$ karbonat angidrid gaz (CO_2) bor. Ballon $p = 3 \text{ MPa}$ bosimgacha chidash bera olsa, qanday T haroratda portlash xavfi bor? Gazning molyar massasi $\mu = (12+32) \text{ kg/kmol} = 44 \text{ kg/kmol}$.

Javob: $T = \frac{p V \mu}{Rm} = 320 \text{ K}$.

1.26 $t = 20^\circ \text{C}$ haroratda $p = 750 \text{ mm.sim.ust}$ bosimda $m = 10 \text{ g}$ kislorod ($\mu = 32 \text{ kg/kmol}$) qanday V hajmini egallaydi?

Javob: $V = \frac{m RT}{\mu p} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

1.27 Vodorod ($\mu_1 = 2 \text{ kg/kmol}$) va kislorod ($\mu_2 = 32 \text{ kg/kmol}$) ning normal sharoit ($T_0 = 263 \text{ K}$ va $p_0 = 12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) dagi zichliklari ρ_{01} va ρ_{02} ni toping.

Javob: $\rho_{01} = \frac{p_0 \mu_1}{RT_0} = 0,09 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{02} = \frac{p_0 \mu_2}{RT_0} = 1,41 \text{ kg/m}^3$.

1.28 Kavsharlangan idish hajmining yarmigacha suv (H_2O) to'ldirilgan. Agar $t = 400^\circ \text{C}$ haroratda suv to'liq bug'ga aylangan bo'lsa, shu haroratda suv bug'ining zichligi p va bosimi p ni toping. Suvning zichligi $\rho_0 = 10^3 \text{ kg/m}^3$ va molyar massasi $\mu = 18 \text{ kg/kmol}$.

Javob: $p = \frac{m}{V} = \frac{\rho_0}{2} = 500 \text{ kg/m}^3$, $p = \frac{\rho_0 RT}{2\mu} = 155 \cdot 10^6 \text{ Pa}$.

1.29 Havoning normal sharoit ($T_0 = 263 \text{ K}$ va $p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) dagi zichligi $\rho_0 = 1,29 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, uning $t = 126^\circ \text{C}$ harorat va $p = 500 \text{ kPa}$ bosim ostidagi zichligi ρ qanday?

Javob: $\rho = \rho_0 \left(\frac{p}{p_0} \right) \left(\frac{T_0}{T} \right) = 4,4 \text{ kg/m}^3$.

1.30 $T = 360 \text{ K}$ maksimal haroratda bosim $p = 6 \text{ MPa}$ dan oshmasligi uchun $v = \frac{m}{\mu} = 50 \text{ mol}$ gaz saqlanadigan ballonning hajmi V qanday bo'lishi kerak?

Javob: $V = \frac{m RT}{\mu p} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 25 \text{ l}$.

1.31 Balandligi $h=7134$ m bo'lgan cho'qqilardan birida bosim $p=288$ mm.sim.usl. ni tashkil qiladi. Agar cho'qqi tepasida harorat $t=0$ °C bo'lsa, havoning zichligi ρ ni toping. Havoning molyar massasini $\mu=29$ kg/kmol deb oling.

Javob: $\rho = \frac{p\mu}{RT} = 0.49$ kg / m³.

1.32 Ballondagi $m=4$ g massali vodorod ($\mu_1=2$ kg/kmol) $t_1=60$ °C haroratda $p_1=444$ kPa bosimni hosil qiladi. Agar shu ballonga solingan $m=7$ g massali noma'lum gaz $t_2=26$ °C haroratda $p_2=50$ kPa bosimni yuzaga keltursa, uning molyar massasi μ_2 ni toping.

Javob: $\mu_2 = \mu_1 \cdot \frac{m_1 \cdot p_2 \cdot T_2}{m_2 \cdot p_1 \cdot T_1} = 28$ kg / mol.

1.33 Havoning bosimi $p_1=720$ mm.sim.usl. ga teng. Agar bosim $p_2=2 \cdot 10^5$ Pa ga yetsa, havo hajmi V_1 ning nisbiy o'zgarishi $\Delta V/V$ nimaga teng bo'ladi?

Javob: $\frac{\Delta V}{V} = \frac{p_2 - p_1}{p_1} = 0.525$.

1.34 Hajmi $V_1=5$ l bo'lgan havoli idish $V_2=4.5$ l hajmli bo'sh idish bilan normal bosimi ($p_0=1 \cdot 10^5$ Pa) ostida tutashirilganda idishlarda yuzaga keladigan umumiy bosimi p ni toping.

Javob: $p = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_1 + V_2} = 53$ kPa.

1.35 Hajmi $V_1=400$ l bo'lgan ballonda $p_1=2$ MPa bosim ostida gaz bor. Bosim $p_2=1$ MPa gacha kamaygan bo'lsa, ballondan chiqarib yuborilgan gazning massasi Δm ni toping. Normal sharoit ($p_0=1 \cdot 10^5$ Pa, $T_0=263$ K) da gazning zichligi $\rho_0=0.6$ kg/m³ ga teng. Jarayonni izotermik deb hisoblang.

Javob: $\Delta m = p_0 \Delta V = p_0 V_1 \left(\frac{p_1}{p_0} - 1 \right) = 2.4$ kg.

1.36 Berk idishda $p_1=500$ kPa bosim ostida gaz bor. Agar jumrak ochilgandan keyin gazning $p=4/5$ qism massasi chiqib ketse, idishda qolgan vazning bosimi p_2 qanday bo'lib qoladi?

Javob: $p_2 = p_1 (1 - n) = 100$ Pa.

1.37 Normal sharoitda gaz $V_0=1$ m³ hajmni egallaydi. Shu gazning bosimi o'zgarmas $p_1=4.9$ MPa ga teng bo'lgan holdagi V_1 hajmini toping.

Javob: $V_1 - V_0 \cdot \frac{p_2}{p_1} \approx 0.2$ m³

1.38 Gaz boshlang'ich $V_1=6$ l hajmdan $V_2=4$ l hajmgacha siqilganda bosim $\Delta p=2 \cdot 10^5$ Pa ga ortgan bo'lsa, boshlang'ich bosim p_1 ni toping.

Javob: $p = \Delta p \cdot \frac{V_2}{V_1 - V_2} = 4 \cdot 10^5$ Pa.

1.39 Hajmi $V=40$ l bo'lgan bo'sh ballonga dam berish kerak. Agar kompressor har $\Delta t=1$ min da $\Delta V=5$ m³ atmosfera havosini so'rsa, ballondagi havo bosimini $p=1.5$ MPa gacha yetkazish uchun unga qancha τ vaqtgacha dam berish kerak? Atmosfera bosimi $p_0=1 \cdot 10^5$ Pa ga teng.

Javob: $\tau = \Delta t \cdot \frac{V p_0}{\Delta V p} = 7.2$ s.

1.40 Agar $t_0=0$ °C da „Volga“ avtomobili shinasining kamerasidagi havo $p=0.17$ MPa bosim ostida bo'lsa, shu havoning zichligi ρ ni toping. Normal sharoitda, ya'ni ($p_0=1$ atm= 10^5 Pa va $t_0=0$ °C) da havoning zichligi $\rho_0=1.29$ kg/m³ ga teng.

Javob: $\rho = \rho_0 \cdot \frac{p}{p_0} \approx 3.5$ kg / m³.

1.41 Silindring porsheni ostida gaz bor. Porshenning og'irligi $P=6$ N, tubining yuzi $S=20$ sm², atmosfera bosimi esa $p_0=750$ mm.sim.usl. ga teng. Silindrdagi gazning hajmini ikki marta kamaytirish ($V_1/V_2=2$) uchun, porshenga qanday qo'shimcha F kuch ta'sir etishi kerak? Jarayonni izotermik deb hisoblang.

Javob: $F = \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) (p - p_0 S) = 206$ N.

1.42 Aerostat qobig'i gaz bilan oxirigacha to'ldirilmaydi. Aerostat ko'tarilgani sari atmosfera bosimi kamaya boradi va qobiq kengaya boradi. Agar aerostat qobig'i $V_0=500$ m³ gely bilan $p_0=10$ Pa bosimda to'ldirilgan bo'lsa, qanday h balandlikka ko'tarilgandan keyin gaz qobig'ining hajmi $V=600$ m³ ga teng bo'lib qoladi? har $\Delta h=11$ m ga ko'tarilganda atmosfera bosimi $\Delta p=133$ Pa ga kamayadi. Harorati balandlikka bog'liq emas (o'zgarmas) deb hisoblang.

Javob: $h = \Delta h \cdot \frac{p_0}{\Delta p} \cdot \frac{V - V_0}{V} = 1.378$ km.

1.43 Silindirda porshen ostidagi $V_1=10$ l hajmli gazning harorati $T_1=326$ K dan $T_2=263$ K gacha izobarik ravishda sovitilsa, uning V_2 hajmi qanday bo'ladi?

Javob: $V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8.35 \cdot 10^{-3}$ m³

1.44 Ventilyatsiya kamerasi orqali tashqaridan metropoliten tunneliga yuborilgan havo $t_1=20$ °C dan $t_2=30$ °C gacha isitilsa, havo hajmining necha marta o'zgarishi V_2/V_1 ni toping.

Javob: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 1.2$ marta.

1.45 Agar havo $\Delta T=30$ K ga qizdirilganda uning hajmi dastlabki hajmining $\Delta V/V=10\%$ ga ortsa, havoning boshlang'ich T_1 va oxirgi T_2 haroratlarini toping.

Javob: $T_1 = \frac{\Delta T}{\Delta V/V} = 300$ °K, $T_2 = \Delta T \cdot \left(\frac{1}{\Delta V/V} + 1 \right) = 330$ K.

1.54 Rezina qayiqqa erta tongda havoning harorati $t_1=7^\circ\text{C}$ bo'lganda dam berildi. Agar kunduzi quyosh nurlari ta'sirida rezina $t_2=35^\circ\text{C}$ haroratgacha qizisa, undagi havo bosimi necha protsentga ortishi $\Delta p/p_1$ ni toping.

$$\text{Javob: } \frac{\Delta p}{p_1} = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = 0,1 = 10\%$$

1.55 O'zgarmas hajmda gazni $\Delta T=25\text{ K}$ ga isitilganda uning bosimi 5% ga ortgan ($\Delta p/p_1=5\%$) bo'lsa, gazning boshlang'ich T_1 va oxirgi T_2 haroratlarini toping.

$$\text{Javob: } T_1 = \frac{\Delta T}{\Delta p/p_1} = 500^\circ\text{K}, T_2 = \Delta T \left(1 + \frac{1}{\Delta p/p_1} \right) = 525^\circ\text{K}.$$

1.56 $t_1=-13^\circ\text{C}$ haroratda avtomobil kamerasidagi havoning bosimi $p=160\text{ kPa}$ bo'lgan. Agar avtomobil uzoq vaqt harakatlanishi natijasida kamerasidagi havo $t_2=37^\circ\text{C}$ haroratgacha qizigan bo'lsa, kamerasida qaror topgan p_2 bosimini toping. Atmosfera bosimini $p_1=1\text{ atm.}=1\cdot 10^5\text{ Pa}$ deb oling.

$$\text{Javob: } p_2 = (p + p_0) \cdot \frac{T_2}{T_1} = 310\text{ kPa}$$

1.57 Berk idishdagi gazni $\Delta T=140\text{ K}$ ga qizdirilganda bosim $p_2/p_1=1,5$ marta ortgan idishdagi dastlabki harorat T_1 ni toping.

$$\text{Javob: } T_1 = \frac{\Delta T}{p_2/p_1 - 1} = 280^\circ\text{K}.$$

1.58 $t_1=50^\circ\text{C}$ haroratda $p_1=1,65\cdot 10^7\text{ Pa}$ bosim ostida bo'lgan ballondagi gazni $t_2=20^\circ\text{C}$ haroratgacha sovigandan keyingi bosimi p_2 ni toping.

$$\text{Javob: } p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 15\text{ MPa}.$$

1.59 Gaz to'ldirilgan balon bo'yni kesimining yuzi $S=2,5\text{ sm}^2$ bo'lib, u og'irligi $P=12\text{ N}$ bo'lgan klapan bilan berkitilgan. Ballondagi havoning boshlang'ich bosimi va tashqi bosim bir xil bo'lib, $p_0=1\cdot 10^5\text{ Pa}$, harorat $t_1=3^\circ\text{C}$ ga teng. Ballondagi havo klapani ochib chiqishi uchun uni qanday T_2 haroratgacha qizdirish kerak?

$$\text{Javob: } T_2 = T_1 \cdot \frac{p_0 + P/S}{p_0} = 400^\circ\text{K}.$$

1.60 Silindr porsheni ostidagi havoning bosimi $p_1=2\cdot 10^5\text{ Pa}$, harorati $t_1=26^\circ\text{C}$ havoni $t_2=50^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdirilgandan keyin silindrdagi havoning hajmi boshlang'ich hajmga teng bo'lishi uchun porshenga og'irligi P qanday bo'lgan yuk qo'yilishi kerak? Porshening kesim yuzini $S=30\text{ sm}^2$ deb oling.

$$\text{Javob: } P = p_1 \cdot S \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 46\text{ N}.$$

1.46 Ochiq kolbadagi $t_1=22^\circ\text{C}$ haroratli havoning zichligini 2 marta kamaytirish ($p_1/p_2=2$) uchun havoni qanday T_2 haroratgacha isitish kerak?

$$\text{Javob: } T_2 = T_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} = 590\text{K}$$

1.47 Hajmi $V_1=250\text{ sm}^3$ bo'lgan ochiq shisha kolba $t=126^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdirilib, uning ochiq bo'g'izi $t_1=7^\circ\text{C}$ haroratli suvga botirilganda kolbaga kirgan suvning massasi Δm ni toping. Atmosfera bosimi normal va kolbaning hajmi o'zgarmas deb hisoblang. Suvning $t_2=7^\circ\text{C}$ haroratdagi zichligini $\rho_2=1000\text{ kg/m}^3$ ga teng deb oling.

$$\text{Javob: } \Delta m = \rho_2 V_1 \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right) = 0,075\text{ kg}.$$

1.48 Hajmi $V_f=1000\text{ m}^3$ bo'lgan havo shari $T_1=293\text{ K}$ haroratli vodorod bilan to'ldirildi. Agar bosimni o'zgartirmagan holda harorati $T_2=313\text{ K}$ gacha orttirilsa, shardan chiqib ketadigan vodorodning hajmi ΔV ni toping.

$$\text{Javob: } \Delta V = V_f \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 68\text{ m}^3$$

1.49 Hajmi $V=500\text{ sm}^3$ bo'lgan berk gorizontl silindrdagi gazni erkin qo'zg'aluvchan porshen bilan massalari bir xil bo'lgan ikki qismga bo'lingan. Porshening bir tomonida $t_1=-73^\circ\text{C}$, ikkinchi tomonida esa $t_2=26^\circ\text{C}$ haroratli gazlar bo'lgan. Agar porshen muvozanatda bo'lsa, V_1 va V_2 hajmlarni toping.

$$\text{Javob: } V_1 = V \cdot \frac{T_1}{T_1 + T_2} = 2\cdot 10^{-4}\text{ m}^3, V_2 = V' \cdot \frac{T_2}{T_1 + T_2} = 3\cdot 10^{-4}\text{ m}^3$$

1.50 $m=12\text{ g}$ massali gazning $t=177^\circ\text{C}$ haroratdagi hajmi $V=4\text{ l}$. Agar bosim o'zgarmas bo'lsa, gazning zichligi qanday T_2 xaroratda $\rho_2=6\cdot 10^{-6}\text{ kg/m}^3$ ga teng bo'ladi?

$$\text{Javob: } T_2 = T_1 \cdot \frac{m}{\rho_2 V} = 225^\circ\text{K}.$$

1.51 Agar elektr lampochka yongandan keyin undagi gazning harorati $t_1=26^\circ\text{C}$ dan $t_2=326^\circ\text{C}$ gacha ko'tarilgan bo'lsa, bosimning necha marta ortishi p_2/p_1 topilsin.

$$\text{Javob: } \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2\text{ marta}.$$

1.52 Gaz $t_1=12^\circ\text{C}$ haroratda $p_1=1,5\cdot 10^5\text{ Pa}$ bosim ostida bo'lgan. Agar shu gaz o'zgarmas hajmda $t_2=42^\circ\text{C}$ haroratgacha isitilsa, uning bosimi p_2 qanday bo'ladi?

$$\text{Javob: } p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 166\text{ kPa}.$$

1.53 $t_1=26^\circ\text{C}$ haroratda yopiq idishdagi gazning bosimi $p_1=90\text{ kPa}$ bo'lsa, $t_1=123^\circ\text{C}$ haroratda bu bosim qancha Δp ga o'zgaradi?

$$\text{Javob: } \Delta p = p_1 \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = 15\cdot 10^3\text{ Pa}.$$

2-§ Molekulyar-kinetik nazariya asoslari

Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasi gaz holatini ifodalashlovchi kattaliklari bilan molekullar harakati o'rtasidagi bog'lanishni hosil qiladi.

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v^2 \rangle = \frac{1}{3} \rho \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle$$

Bu yerda, p – gaz bosimi [Pa]; n – molekullarning konsentratsiyasi [m^{-3}]; m_0 – molekula massasi [kg]; $\langle v^2 \rangle$ – molekula ilgarilanna harakatining o'rtacha kvadratik tezligi [m/s]; ρ – zichlik [kg/m^3]; $\langle E_k \rangle$ – molekula ilgarilanna harakatining o'rtacha kinetik energiyasi [J].

Energiyani erkinlik darajasi bo'yicha bir tekis taqsimlash qonuni: molekullarning ilgarilanna, tebranma va aylanma harakatining har bir erkinlik darajasi uchun o'rtacha energiyasi bo'ladi.

$$\langle E \rangle = \frac{1}{2} kT$$

Gaz molekulasining o'rtacha energiasi:

$$\langle E \rangle = \frac{i}{2} kT$$

Bu yerda, i – molekulaning erkinlik darajasi.

Gaz molekullarining tezligi:

$$v_{0,av} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \quad \text{— o'rtacha kvadratik tezlik;}$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}} \quad \text{— o'rtacha arifmetik tezlik;}$$

$$v_r = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} \quad \text{— ehtimoliy tezlik.}$$

Maksvell taqsimot funksiyasi:

$$F(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} \cdot v^2 \exp\left(-\frac{m_0 v^2}{2kT} \right)$$

Boltsman taqsimoti:

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{E_p}{kT} \right)$$

Bu yerda, n – E_p potensial energiyali molekullar konsentratsiyasi; n_0 – $E_p=0$ potensial energiyali molekullar konsentratsiyasi; E_p – molekullar potensial energiyasi.

Masala yechish uchun namunalar:

1-masala: Sig'imi $V=0,5$ l bo'lgan kolbada normal sharoitda kislorod bor. Kolbadagi hamma molekullarning ilgarilanna harakat o'rtacha energiyasi $\langle W_p \rangle$ aniqlansin.

Yechish: Hamma molekullarning ilgarilanna harakat o'rtacha energiyasi

$$\langle W_p \rangle = \langle E_p \rangle = N \quad (1)$$

munosabat yordamida ifodalaniishi mumkin. Bunda $\langle E_p \rangle$ bitta molekulaning ilgarilanna harakat o'rtacha energiyasi; N – kolbadagi barcha molekullar soni.

Ma'lumki,

$$\langle E_p \rangle = \frac{3}{2} kT \quad (2)$$

bunda k – Boltsman doimiysi; T – termodinamik harorat. Kolbadagi molekullar sonini

$$N = \nu N_A \quad (3)$$

formuladan topamiz. Bunda ν – kislorodning modda miqdori; N_A – Avagadro doimiysi.

Modda miqdori ν ni quyidagi mulohazalardan topamiz: ma'lumki, normal sharoitlarda molyar hajmi $V_m=22,4$ l. Masalaning shartiga binoan kolbadagi kislorod normal sharoitda bo'lganligidan, kolbadagi kislorodning modda miqdori:

$$\nu = \frac{V}{V_m} \quad (4)$$

munosabat bilan ifodalanadi.

ν ning (4) bo'yicha ifodasini (3) ga qo'yib quyidagini olamiz:

$$N = \frac{V}{V_m} N_A \quad (5)$$

(2) va (5) hisobga olinganda, molekulaning ilgarilanna harakat energiyasi (1)

$$\langle W_p \rangle = \frac{3kTVN_A}{2V_m} \quad (6)$$

ko'rinish oladi.

Hisoblash formulasidan hisob ishlarini bajaramiz:

$$\langle W_p \rangle = \frac{3kTVN_A}{2V_m} = \frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{2 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}} = 76 \text{ J}$$

Javob: 76 J.

2-masala: Qanday T haroratda geliy atomining o'rtacha kvadratik tezligi ikkinchi kosmik tezlik $v_2=11,2 \text{ km/s}$ ga teng bo'ladi? Shu T harorat uchun geliy atomining o'rtacha arifmetik va ehtimoliy tezligi ham topilsin.

Yechish: Masalani hisoblashda o'rtacha kvadratik tezlik formulasi

$$v_{o.kv} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

dan T temperaturani topib olamiz va hisoblaymiz. Bu yerda R – universal gaz doimiyi bo'lib, $R=8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$.

$$T = \frac{\mu v_{o.kv}^2}{3R} = \frac{0,004 \cdot 11200^2}{3 \cdot 8,31} = 20100 \text{ }^\circ\text{K}$$

O'rtacha arifmetik tezlikni keltirilgan formulasi bo'yicha topib qo'yamiz:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 8,31 \cdot 20100}{3,14 \cdot 0,004}} = 10,3 \text{ km/s}$$

Ehtimoliy tezlikni ham topamiz:

$$v_e = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,31 \cdot 20100}{0,004}} = 9,14 \text{ km/s}$$

Javob: 20100 $^\circ\text{K}$, 10,3 km/s, 9,14 km/s.

Mustaqil yechish uchun masalalar

2.1 Ochiq stakandagi $m=300 \text{ g}$ massali suv $t=25 \text{ sutka}$ da bug'lanib ketdi. Har sekundda nechta suv molekulasi bug'langan?

Javob:

2.2 O'rtacha chuqurligi $h=5 \text{ m}$ va yuzasi $S=4 \text{ km}^2$ bo'lgan ko'ini "tuzlash" uchun unga $m=10 \text{ mg}$ massali NaCl osh tuzi solindi. Oradan ko'proq vaqt o'tigandan keyin ko'ldan $V=200 \text{ sm}^3$ hajimli stakanni to'ldirib suv olindi. Stakanda nechta natriy ion mavjud?

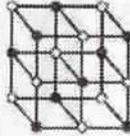
Javob:

2.3 Oddiy kubik panjarali kristalni ko'rib chiqamiz (rasmga qarang). Har bir atomning massasi m , kubik panjara qirrasining uzunligi a bo'lsa, uning zichligini aniqlang.



Javob:

2.4 NaCl osh tuzi kristalining kubik sistemasi naybatma navbat keluvchi natriy va xlor ionlaridan iborat (rasmga qarang). Tuzning zichligi $\rho=2200 \text{ kg/m}^3$. Yonma-yon ionlar markazlari orasidagi masofani aniqlang.



Javob:

2.5 Ko'pchilik metallar qattiq holatda yuq bo'yicha markazlashgan kubik panjarani tashkil etadi: metal ionlari kubik yacheikaning uchlari va yoqlarning markazlarida joylashgan. Agar metalning molyar massasi μ , kubik yacheyka qirrasining uzunligi a bo'lsa, kristalning zichligini aniqlang.

Javob:

2.6 Siqilgan gazda molekular orasidagi o'zaro ta'sir ahamiyatli hisoblanadi. Agar siqilgan gaz molekular orasidagi o'zaro ta'sir to'satdan yo'qolib qolsa, idishdagi bosim qanday o'zgaradi?

Javob:

2.7 Berk idishda p_0 bosim ostida bir mol kislorod va ikki mol vodorod aralashmasi bor. Ular orasida reaksiya bo'lib, shundan so'ng suv bug'iga aylanadi. Idish boshlang'ich temperaturagacha sovutilsa, qanday bosim qaror topadi? Bug'ning kondensatsiyalanishi yuz bermadi.

Javob:

2.8 Berk ballonda $p_1=2,35 \cdot 10^5$ Pa bosim ostida $m_1=0,5$ g vodorod va $m_2=8$ g kislorod aralashmasi bor. Ular orasida reaksiya sodir bo'lib, shundan so'ng ular suv bug'iga aylanadi. Idish boshlang'ich temperaturagacha sovutilsa, qanday p bosim qaror topadi? Bug'ning kondensatsiyasi sodir bo'lmaydi.

Javob:

2.9 Kislorod va vodorod molekularining $t=27$ °C temperaturadagi ilgariylanma harakatining W o'rtacha kinetik energiyasi va $v_{0,1}$ o'rtacha kvadratik tezligini aniqlang.

Javob:

2.10 Molekulalari ilgariylanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi $W_k=16,16 \cdot 10^{-21}$ J bo'lgan gazning harorati T ni toping. Boltsman doimiyi $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K ga teng.

$$\text{Javob: } T = \frac{2W_k}{3k} = 800 \text{ } ^\circ\text{K}$$

2.11 Harorati $T_1=73$ °C bo'lgan gaz molekulari ilgariylanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi W_{km1} , ni uch marta orttirish uchun (ya'ni $W_{km}=3W_{km1}$ bo'lishi uchun) gazni qanday T_2 haroratgacha orttirish kerak?

$$\text{Javob: } T_2 = T_1 \cdot \frac{W_{km2}}{W_{km1}} = 600 \text{ } ^\circ\text{K}$$

2.12 Harorati $T=350$ K bo'lgan metan gazi (CH_4) molekulari ilgariylanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi W_{km} ni toping. Boltsman doimiyi $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K ga teng.

$$\text{Javob: } W_{km}=3/2 \cdot kT=72,45 \cdot 10^{-21} \text{ J.}$$

2.13 Harorati $t=126$ °C bo'lgan bir atomli ($i=3$) inert gaz-radon (Rn), ikki atomli ($i=5$) azot (N_2) va uch atomli ($i=6$) karbonat angidrid (CO_2) molekulari issiqlik harakatining o'rtacha kinetik energiyalari W_{km1} , W_{km2} va W_{km3} ni toping. Boltsman doimiyi $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K ga teng.

$$\text{Javob: } W_{km1} = \frac{i_1}{2} kT = 8,28 \cdot 10^{-21} \text{ J; } W_{km2} = \frac{i_2}{2} kT = 13,8 \cdot 10^{-21} \text{ J;}$$

$$W_{km3} = \frac{i_3}{2} kT = 16,56 \cdot 10^{-21} \text{ J.}$$

2.14 Vodorod bombasi portlaganda harorat $T=10^7$ K gacha ko'tariladi. Vodorod ionlari ($\mu=1$ kg/kmol) ning o'rtacha kvadratik tezligi v_{kv} ni toping. Gazning universal doimiyi $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K ga teng.

$$\text{Javob: } v_{kv} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = 5 \cdot 10^5 \text{ m/s.}$$

2.15 Vodorod ($\mu=2$ kg/kmol) molekularining o'rtacha kvadratik tezligi $v_{kv1}=2000$ m/s ga teng bo'ladigan haroratda kislorod ($\mu_2=32$ kg/kmol) molekularining o'rtacha kvadratik tezligi v_{kv2} qanday bo'lishini toping.

$$\text{Javob: } v_{kv2} = v_{kv1} \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}} = 500 \text{ m/s.}$$

2.16 Normal sharoit ($T=263$ °K, $p_0=1,0132 \cdot 10^5$ Pa) dagi gaz molekularining kontsentratsiyasi n_0 ni toping. Boltsman doimiyi $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K ga teng.

$$\text{Javob: } n_0 = \frac{p_0}{kT_0} = 2,7 \cdot 10^{25} \text{ 1/m}^3.$$

2.17 Harorati $T=550$ °C va bosimi $p=150$ kPa bo'lgan gaz molekularining kontsentratsiyasi n_0 ni toping. Boltsman doimiyi $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K ga teng.

$$\text{Javob: } n_0 = \frac{p_0}{kT} = 2 \cdot 10^{25} \text{ 1/m}^3$$

2.18 Bosimi $p=6 \cdot 10^4$ Pa va kontsentratsiyasi $n_0=3 \cdot 10^{22}$ m⁻³ bo'lgan bir atomli ($i=3$) gaz molekulari issiqlik harakatining o'rtacha kinetik energiyasi W_{km} ni toping.

$$\text{Javob: } W_{km} = \frac{i}{2} kT = \frac{i}{2} k \frac{p}{kn_0} = \frac{i}{2} \frac{p}{n_0} = 3 \cdot 10^{-21} \text{ J.}$$

2.19 Gazni qizdirilganda molekularining kontsentratsiyasi 2 marta o'rtacha kinetik energiyasi 3 marta ortgan bo'lsa, uning bosimining o'zgarishini $\frac{p_2}{p_1}$ toping.

$$\text{Javob: } \frac{p_2}{p_1} = \frac{n_{02} \cdot kT_2}{n_{01} \cdot kT_1} = \left(\frac{n_{02}}{n_{01}} \right) \cdot \left(\frac{W_2}{W_1} \right) = 6 \text{ marta.}$$

2.20 $v=2$ mol ideal gazning $t=27$ °C temperaturadagi to'liq ilgariylanma harakat kinetik energiyasi qanday bo'ladi? Universal gaz doimiyi $R=8,31$ J/(mol·°K).

$$\text{Javob: } W_k=7470 \text{ J.}$$

2.21 $V=5$ l sig'imli ballonda $p=800$ kPa bosim ostida bo'lgan gaz molekularining to'liq ilgariylanma harakat kinetik energiyasi (kJ da) qanday bo'ladi?

$$\text{Javob: } (W_k=6 \text{ kJ})$$

2.22 Agar gaz $t_1=-73$ °C gacha sovutilganda uning molekularining o'rtacha kvadratik tezligi 2 marta kamaygan bo'lsa, gaz qanday temperatura ostida (°C da) bo'lgan?

$$\text{Javob: } t_2=527 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

2.23 Gazning bosimi $p=30$ kPa, uning zichligi $\rho=1$ kg/m³. Gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi qanchaga teng?
Javob: $v=300$ m/s.

2.24 $p_1=400$ kPa bosim ostidagi gazning zichligi $\rho=1,6$ kg/m³. $m=2$ kg massali boshqa gaz $p_2=200$ kPa bosim ostida $V=10$ m³ hajmini egallaydi. Ikkinchi gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi birinchi gazga qaraganda necha marta katta?
Javob: 2.

2.25 Gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi $v_1=1000$ m/s ga teng. Gazning bosimi va hajmi 1,2 marta oshirilgandan so'ng o'rtacha kvadratik tezlik qanchaga teng bo'ladi?

Javob: $v_2=1200$ m/s.

2.26 Gaz temperaturasi $T=100$ °K ga oshirganda uning molekularining o'rtacha kvadratik tezligi $v_1=300$ m/s dan $v_2=500$ m/s gacha oshdi. O'rtacha kvadratik tezlik $v_3=700$ m/s gacha ortishi uchun temperaturani yana necha gradusga ko'tarish kerak?
Javob: $t=150$ °C.

2.27 Gazning hajmi 2 marta kamaytirilganda bosim $p=120$ kPa ga o'zgardi, absolyut temperatura esa 10 % ga oshdi. Gazning dastlabki bosimi (kPa da) qanday bo'lgan?

Javob: $p=100$ kPa.

2.28 Gazning hajmi 7 marta oshirilganda bosim 10 marta kamayishi uchun absolyut temperaturasi necha foizga kamaytirish kerak?
Javob: 30 %

2.29 Ikki idish kranli, yuqqa trubka bilan ulangan. $V_1=3$ l hajmli birinchi idish $p=10$ kPa bosim ostida turgan gaz bilan to'ldirilgan, $V_2=6$ l hajmli boshqa idishda bosim hisobga olmas darajada kam. Birinchi idishdagi gazning temperaturasi $t_1=27$ °C. Agar kranni ochib, gazning temperaturasi $t_2=177$ °C gacha ko'tarilsa, idishlarda qanday bosim (kPa) qaror topadi?
Javob: $p=5$ kPa.

2.30 Normal sharoitda ($T_0=-273$ °K) porshenli nasos har yurishda atmosferadan $V_0=10$ dm³ havoni so'rib oladi va uni $V=10$ m³ hajmli rezervuarga uzatadi. Rezervuardagi temperatura doimiy va $T=364$ K ga teng. Rezervuardagi bosimni normaldan ($p_0=1$ atm) $p=10$ atm gacha ko'tarish uchun nasos porsheni necha yurish qilishi kerak?
Javob: 6750

2.31 Silindr porshenining ostidagi havo dastlab izotermik ravishda bosim 2 marta oshguncha siqildi, keyin esa o'zgarmas bosimda qizdirildi. Natijada havoning hajmi dastlabkisiga qaraganda 3 marta ortdi. Agar havoning boshlang'ich temperaturasi $T_0=300$ K bo'lgan bo'lsa, u qanday temperaturagacha (°K da) qizdirilgan?
Javob: $T=1800$ °K.

2.32 $t=127$ °C temperatura va $p=200$ kPa bosimda $V=3$ l hajmni egallagan gaz izotermik siqiladi, keyin -73 °C temperaturagacha izobar sovutiladi, undan so'ng hajm $V_1=1$ l gacha izotermik o'zgartiriladi. Gazning oxirgi bosimini (kPa da) toping.
Javob: $p=300$ kPa.

2.33 Silindr ichidagi porshen ostida joylashgan gaz o'zgarmas bosimda shunday qizdiriladi, bunda uning hajmi 1,5 marta ortdi. Keyin porshen mahkamlanib, uning bosimi 2 marta ortguncha qizdirildi. Gazning oxirgi absolyut temperaturasining boshlang'ich absolyut temperaturasiga nisbati qanday?

Javob: 3.

2.34 Ichida $T=300$ K temperaturada kislorod bo'lgan, ikkita bir xil idish o'rtasida simob ustuni joylashgan yuqqa gorizontal trubka bilan ulangan. Idishlarning hajmi $V=4 \cdot 10^3$ m³. Bir idish $T_1=3$ °K ga qizdirilib, boshqasi esa $T_2=3$ °K ga sovutilgandan so'ng simob ustuni $h=1$ sm ga siljidi. Trubkaning kesim yuzasi (mm² da) qanday?
Javob: $S=40$ mm².

2.35 Issiqlikni o'tkazmaydigan porshen ichida $t=7$ °C temperaturali gaz bo'lgan gorizontal idishni teng ikki qismga bo'ladi. Har bir qismning uzunligi $l_1=30$ sm. Idishning bir qismi qizdirilganda porshen $l_2=2$ sm ga siljidi. Gaz necha gradusga qizdirilgan? Idishning boshqa qismidagi gazning temperaturasi o'zgaragan.
Javob: $t=40$ °C.

2.36 Issiqlikni o'tkazmaydigan porshen ichida $t=5$ °C temperaturali gaz bo'lgan gorizontal idishni teng ikki qismga bo'ladi. Har bir qismning uzunligi $l=144$ sm. Idishning bir qismi $t_1=18$ °C ga, boshqasi esa $t_2=2$ °C ga qizdirildi. Porshen qancha masofaga (mm da) siljidi?
Javob: $S=4$ mm.

2.37 $V=40$ l hajmli ballon ichida $p=18$ MPa ostida $t=27$ °C temperaturali siqilgan havo bor. Shu balloning havosi yordamida suv osti kemasi sistemasi qanday hajmli (l da) suvni siqib chiqarish mumkin? Kena $t_1=7$ °C temperaturadagi $h=20$ m chuqurlikda joylashgan. Atmosferik bosim $p=0,1$ MPa, $g=10$ m/s².
Javob: 2200.

2.38 Havo bilan to'ldirilgan yuqqa rezinali shar suv ichiga $h=65,2$ m chuqurlikka tushirilganda uning radiusi necha marta kamayadi? Suv sirtidagi bosim $p=100$ kPa. Sirtidagi suvning temperaturasi $t_1=27$ °C, chuqurlikdagi $t_2=9$ °C.

Javob: 2.

2.39 Bir xil kesimdagi tutash idishlarda simob bor. Idishlardan biri yopiladi va uning ichidagi havo temperaturasi $T_1=300$ °K dan $T_2=400$ °K gacha oshiriladi. Agar yopiq idish ichidagi havo ustunining boshlang'ich

balandligi $h=10$ sm bo'lgan bo'lsa, simob sathlari orasida yuzaga keladigan farqni (sm da) toping. Atmosferik bosim $p=750$ mm.sim.ust.
 Javob: $\Delta h=5$ sm.

2.40 Germetik berk idish $t=27$ °C temperaturali suvga to'ldirilgan. Agar suv molekullari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari to'satdan yo'qolib qolsa, idish ichida qanday p bosim qaror topadi?
 Javob:

2.41 Suv ostida $h=5$ m chuqurlikda turgan kavsharlangan shisha nayning pastgi uchi teshildi va u orqali nay ichiga $m=1.95$ g suv kirdi. Dastlab, nay ichida p_1 bosim qanday bo'lgan? Nayning hajmi $V=2$ sm³, atmosfera bosimi $p_0=10^5$ Pa.
 Javob:

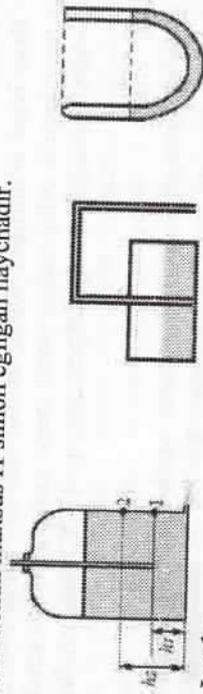
2.42 $l=1$ m uzunlikdagi ikki uchi ochiq shisha nay yarmigacha simobga botirildi. So'ngra yuqori uchi berkitildi va simobdan olindi. Nayda qolgan simob ustunining uzunligini toping. Atmosfera bosimi $p_0=750$ mm.sim.ust.
 Javob:

2.43 Idishdagi simobga ikki tomonlama ochiq shisha nay tushirildi, bunda nayning simob ustidagi qismining uzunligi $l=60$ sm bo'ldi. So'ngra nayning yuqori uchi berkitildi va yana $l=30$ sm ga simobga cho'ktirildi. Naydagi havo ustunining balandligini aniqlang. Atmosfera bosimi $p_0=750$ mm.sim.ust.
 Javob:

2.44 U-simon idishning uchi kavsharlangan chap tirsagida $h_1=30$ sm uzunlikda havo ustuni bor (rasmga qarang). Ikkala tirsakda simob sathi bir xil. Agar o'ng tirsakka to'lguncha simob quyilsa, chap tirsakdagi havo ustunining h balandligi qanday bo'ladi? Atmosfera bosimi $p_0=760$ mm.sim.ust.
 Javob:

2.45 $h=60$ sm balandlikdagi silindrik idish yarmigacha simob quyilgan va simob to'ldirilgan sifon naychali qopqoq bilan germetik yopilgan (rasmga qarang). Sifonning tirsaklari teng bo'lib, uning uchi idish tubicha boradi. Idishdagi havo bosimi qanday botganda simob sifon orqali oqishdan to'xtaydi. Oqish vaqtida simob sathi qanchaga pasayadi? Atmosfera bosimi $p_0=760$ mm.sim.ust.

Sifon - turli sathli bir idishdan ikkinchisiga suyuqlik o'tkazish uchun maxsus H-simon egilgan naychadir.



Javob:

2.46 Uzunligi $l=1$ m bo'lgan ikki uchi kavsharlangan va havosi so'rilgan gorizontal nayning o'rtasida $h=20$ sm uzunlikda simob ustuni bor. Agar nay vertikal joylashtirilsa, simob ustuni $l=10$ sm ga suriladi. Nay qanday p bosimgacha so'rilgan?
 Javob:

2.47 Gorizontal silindrik idish yupqa metal porshen orqali ikki qismga bo'lingan. Bir qismi kislorod bilan, ikkinchisi esa xuddi shunday massali vodorod bilan to'ldirildi. Agar idishning uzunligi $l=50$ sm bo'lsa, porshenning muvozanat holati qanday?
 Javob:

2.48 Hajmlari V_1 va V_2 bo'lgan ballonlar kranli nay bilan tutashtirilgan. Ular o'zida bir xil T temperaturali va mos holda p_1 va p_2 bosimli gazlarni saqlaydilar. Agar kran ochilsa, ballonlarda qanday bosim qaror topadi? Temperatura o'zgarmas, gazlar kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi.
 Javob:

2.49 Kompressor har bir taktida ΔV hajmli havoni V hajmli idishga haydaydi. Idishdagi boshlang'ich bosim p_0 atmosfera bosimiga teng. Kompressorning N ta taktidan so'ng idishda qanday bosim qaror topadi? Havo siqilganda uning temperaturasi o'zgarmaydi deb hisoblang.
 Javob:

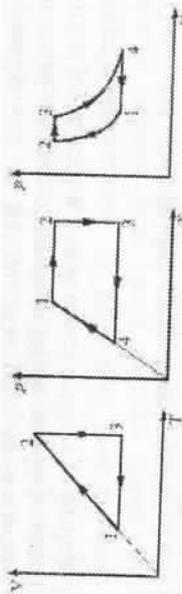
2.50 Avtomobil shinasidagi havo bosimi $t_1=14$ °C temperaturada $p_1=500$ kPa ga teng. Avtomobil harakatlanishi tufayli shinasidagi temperatura $t_2=57$ °C gacha ko'tarilgan bo'lsa, shinning yo'lga tegib turgan yuzasi necha marta kamayadi? Shina hajmining o'zgarishini hisobga olmag.

2.51 Gaz quvuri orqali metan (CH₄) gazi $t=17$ °C temperaturada $p=2 \cdot 10^6$ Pa bosim ostida o'tmoqda. $t=1$ soat vaqt davomida $m=32$ kg massali gaz ko'chiriladi. Gaz quvurining ko'ndalang kesim yuzasi $S=6,0$ sm². Quvurdagi gaz harakati tezligini aniqlang.
 Javob:

2.52 Rasmda keltirilgan jarayonni p , T va V , V koordinatali grafigini chizing. Gaz massasi doimiy.

2.53 Rasmda ko'rsatilgan idel gaz jarayonini p , T va V , T koordinata o'qlaridagi grafigini chizing. Gaz massasi o'zgarmas.

2.54 Rasmda ko'rsatilgan idel gaz jarayonini p , T va V , T koordinata o'qlaridagi grafigini chizing. Gaz massasi o'zgarmas. Grafigning 1-2 va 3-4 qismlari izotermik jarayonga mos keladi.



2.52-masalaga

2.53-masalaga

2.54-masalaga

Javob:

2.55 Silindrda uning $S=100 \text{ sm}^2$ yuza va $m_1=50 \text{ kg}$ massaga ega porsheni ostida $t_1=7^\circ\text{C}$ temperaturali havo mavjud. Porshen silindr tubidan $h_1=60 \text{ sm}$ balandlikda joylashgan. Havo va silindr $t_2=47^\circ\text{C}$ temperaturagacha qizdirildi va porshen ustiga $M=100 \text{ kg}$ tosh qo'yildi. Porshen qanday masofaga tushadi yoki ko'tariladi? Atmosfera bosimi $p_0=100 \text{ kPa}$, silindr va porshen orasidagi ishqalanishni hisobga olmag.

Javob:

2.56 $V=80 \text{ m}^3$ hajmli xonaning temperaturasi $t_1=15^\circ\text{C}$ dan $t_2=27^\circ\text{C}$ gacha ko'tarilganda nechta havo molekulasini xonadan chiqib ketadi? Atmosfera bosimi $p_0=100 \text{ kPa}$.

Javob:

2.57 Tarozli pallalariga ikkita bir xil idish qo'yildi. Idishlardan biri quuruq havo bilan, ikkinchisi esa nam (suv bug'i mavjud bo'lgan) havo bilan to'ldirilgan. Ikkala idishda temperatura va bosim bir xil. Qaysi idish og'ir?

Javob:

2.58 Idishda azot va vodorod aralashmasi bor. Boshlang'ich T temperaturada azot butunlay atomlarga dissotsiyalandi, vodorodning dissotsiyalanishini hisobga olmaslik mumkin. $2T$ temperaturagacha qizdirilganda ikkala gaz butunlay atomlarga dissotsiyalandi va idishdagi bosim esa boshlang'ich bosim bilan deyarli farqlanmadi. Aralashmadagi azot va vodorodning massalari qanday munosabatda?

Javob:

2.59 Balandligi $h=5,0 \text{ m}$ bo'lgan germetik berk bak suv bilan to'ldirildi. Uning tubida havo pufakchasi mavjud. Bak tubidagi bosim $p=0,15 \text{ MPa}$. Agar pufakcha qalqib chiqsa, bak tubidagi bosim qanday bo'ladi? Bak devorlari absolyut qattiq, suv esa siqilmaydi.

Javob:

2.70 Suvning siqilishi (bosim 1 Pa ga ortishi bilan hajmning nisbiy kamayishi) $f_1=5,0 \cdot 10^{10} \text{ Pa}^{-1}$ ga teng. Oldingi masalani yechishda silindr asosining S yuzasi qanday bo'lganda suvni haqiqatdan siqilmaydi deb hisoblash mumkin bo'ladi? Pufakchani boshlang'ich hajmi $V_0=15 \text{ mm}^3$.

Javob:

2.71 Balandligi $h=5,0 \text{ m}$ bo'lgan germetik berk bak suv bilan to'ldirildi. Uning tubida ikkita bir xil havo pufakchasi mavjud. Bak tubidagi bosim $p_0=0,15 \text{ MPa}$. Agar bir pufakcha qalqib chiqsa, bak tubidagi bosim qanday bo'ladi? Ikkala pufakcha ham qalqib chiqsachi? Bak devorlari absolyut qattiq, suv esa siqilmaydi.

Javob:

2.72 Agar havo shari qobig'ining har 1 m^2 yuzasining massasi $m=50 \text{ g}$ bo'lsa, gely bilan to'ldirilgan havo shari ko'tarila olishi uchun uning radiusi qanday bo'lishi kerak? Havoning temperaturasi $t=27^\circ\text{C}$, bosimi $p_0=100 \text{ kPa}$.

Javob:

2.73 Gazli ballon issiqlik o'tkazmaydigan kichik teshikka ega to'siq bilan ikki qismga ajratildi. To'siqning ikki tomonida har doim T_1 va T_2 temperatura saqlab turiladi. Qismlardagi gazning p_1 va p_2 bosimlari orasidagi munosabatni aniqlang. To'siqning teshigi shunday kichikki, undan faqat gaz molekulari o'tishi mumkin.

Javob:

3-§. Termodinamikaning birinchi qonuni

Termodinamika turli issiqlik, mexamik, elektr va hokazo jarayonlarda molekullarning issiqlik (tartibsiz) harakati tufayli energiyaning o'zgarishi va bir turdan ikkinchi turga aylanish qonuniyatlarini o'rganadi.

Termodinamikaning birinchi qonunining matematik ko'rinishi:

$$\delta Q = dU + \delta A \quad (1)$$

Bu yerda, δQ – termodinamik sistemaga uzatilgan elementar issiqlik miqdori [J]; dU – termodinamik sistemaning ichki energiyasining o'zgarishi [J]; δA – termodinamik sistemaning bajarilgan elementar ishi [J].

Termodinamika jarayon davomida sistema tomonidan olingan yoki chiqarilgan issiqlik miqdori,

$$Q = \int_1^2 \delta Q = \int_1^2 \nu C_{\mu} dT \quad (2)$$

Bu yerda T_1 va T_2 – gazning boshlang'ich va oxirgi harorati [$^{\circ}K$]; ν – gazning modda miqdori [mol]; C_{μ} – gaz jarayonidagi molyar issiqlik sig'imi [$J/^{\circ}K$].

Ideal gazning ichki energiyasi:

$$U = \frac{i}{2} m RT \quad (3)$$

Ideal gaz jarayonidagi ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta U = \int_{T_1}^{T_2} dU = \int_{T_1}^{T_2} \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R dT = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T \quad (4)$$

Gazning elementar ishi (muvozanatdagi gazning ishi, hajmning kichik o'zgarishida):

$$\delta A = p dV \quad (5)$$

Gaz jarayonida ish:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (6)$$

Bu yerda V_1 va V_2 – gazning boshlang'ich va oxirgi holati. O'zgarmas hajm va bosimdagi ideal gazning issiqlik sig'imi:

$$C_{\mu\nu} = \frac{i}{2} R \quad C_{\mu p} = \frac{i+2}{2} R \quad (7)$$

Mayer nisbati:

$$C_{\mu p} = C_{\mu\nu} + R \quad (8)$$

Adiabatik jarayon tenglamasi (issiqlik almashinuvisiz):

$$pV^{\gamma} = const \quad (9)$$

Bu yerda $\gamma = \frac{C_{\mu p}}{C_{\mu\nu}} = \frac{i+2}{2}$ – Puasson koeffitsienti.

Politropik jarayon tenglamasi (o'zgarmas issiqlik sig'imida sodir bo'layotgan jarayon):

$$pV^n = const \quad (10)$$

Bu yerda, n – politrop ko'rsatkichi.

Masala yechish uchun namunalar:

1-masala: Neon va vodorodni ideal gaz deb hisoblab, ularning o'zgarmas hajm (c_V) va bosim (c_P) dagi solishtirma issiqlik sig'implari hisoblang.

Yechish: Ideal gazlarning solishtirma issiqlik sig'implari

$$c_V = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{\mu} \quad (1)$$

$$c_P = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{\mu} \quad (2)$$

formula bilan ifodalanadi. Neon (bir atomli gaz) uchun $i_1=3$, $\mu_1=20 \cdot 10^{-3}$ kg/mol. i_2 , μ_2 va R larning qiymatlarini (1) va (2) formulalarga qo'yib hisoblasak:

$$c_V = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{\mu} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 623,25 \text{ J/(kg} \cdot \text{mol)},$$

$$c_P = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{\mu} = \frac{3+2}{2} \cdot \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{mol)}.$$

Vodorod (ikki atomli gaz) uchun $i_2=5$, $\mu_2=2 \cdot 10^{-3}$ kg/mol. (1) va (2) formulalar bo'yicha hisoblash vodorodning solishtirma issiqlik sig'implari uchun quyidagi qiymatlarni beradi:

$$c_V = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{\mu} = \frac{5}{2} \cdot \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 10,4 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{mol)},$$

$$c_P = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{\mu} = \frac{5+2}{2} \cdot \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 14,5 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{mol)}.$$

Javob: 623,25 J/(kg·mol), 1,04 kJ/(kg·mol), 10,4 kJ/(kg·mol), 14,5 kJ/(kg·mol).

2-masala: $m=0,8$ kg massali kislorod o'zgarmas bosimda $t_1=0$ °C haroratdan to $t_2=100$ °C haroratgacha qizdirilganda yutadigan issiqlik miqdori aniqlansin. Shuningdek, gaz ichki energiyasining o'zgarishi va bajargan ish topilsin.

Yechish: Izobarik qizitishda gaz yutadigan issiqlik miqdori

$$Q = mc_P \Delta T \quad (1)$$

formula bilan aniqlanadi: bunda m – qizdirilayotgan gazning massasi; c_P – uning o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi, ΔT – gaz haroratining o'zgarishi.

Ma'lumki, $c_P = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{\mu}$ c_P ning bu ifodasini (1) formulaga qo'yib,

$$Q = m \cdot \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{\mu} \cdot \Delta T$$

Bu formula bo'yicha hisoblash o'tkazsak, kislorod ikki atomli bo'lganligi uchun $i_2=5$, $\mu_2=32 \cdot 10^{-3}$ kg/mol.

$$Q = 0,8 \cdot \frac{5+2}{2} \cdot \frac{8,31}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 100 = 72,7 \text{ kJ}.$$

Ichki energiya $U = \frac{i}{2} m R T$ formula bilan ifodalanadi, binobarin, ichki energiyaning o'zgarishi

$$\Delta U = \frac{i}{2} m R \Delta T$$

Bu formulaga kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib hisoblashni bajarib,

$$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{0,8}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 100 = 52 \text{ kJ}.$$

Gazning kengayishdagi ishini termodinamikaning birinchi qonunini ifodalovchi formula $Q = \Delta U + A$ dan aniqlaymiz:

$$A = Q - \Delta U$$

Q va ΔU larning qiymatlarini o'rni qo'yib,

$$A = 72,7 - 52 = 20,7 \text{ kJ}.$$

Javob: 72,7 kJ, 52 kJ, 20,7 kJ.

Mustaqil yechish uchun masalalar

3.1 Gaz qizdirilganda uning ichki energiyasi $U_1=300 \text{ J}$ dan $U_2=700 \text{ J}$ gacha ortdi. Agar gazni qizdirish uchun $Q=1000 \text{ J}$ issiqlik sarflangan bo'lsa, gaz qanday A ish bajargan?
Javob: 600 J.

3.2 Gaz izoxor qizdirilganda uning ichki energiyasi $U_1=200 \text{ J}$ dan $U_2=300 \text{ J}$ gacha ortdi. Gazni qizdirish uchun qanday miqdordagi Q issiqlik sarflangan?
Javob: 100 J.

3.3 Izobar kengayishda gaz $A=100 \text{ J}$ ish bajardi va bunda uning ichki energiyasi $\Delta U=150 \text{ J}$ ga ortdi. So'ngra gazga izoxor jarayonda birinchi jarayonda berilgan kabi issiqlik miqdori berildi. Gazning ichki energiyasi bu ikki jarayon natijasida qanchaga ortgan?
Javob: 400 J.

3.4 Izotermik jarayonda gaz $A=1000 \text{ J}$ ish bajardi. Agar shu gazga birinchi jarayondagiga qaraganda ikki baravar ko'p issiqlik miqdori berib, jarayonni izoxor tarzda o'tkazilsa, gazning ichki energiyasi qanchaga ortadi?
Javob: 2000 J.

3.5 Gaz izotermik jarayonda $A=200 \text{ J}$ issiqlik oldi. Shundan so'ng adiabatik jarayonda gaz birinchi jarayondagiga qaraganda ikki marta ko'p ish bajardi. Shu ikki jarayonda gazning ichki energiyasi qanchaga kamaygan?
Javob: 400 J.

3.6 Izobar qizdirishda gazga $Q=16 \text{ J}$ issiqlik berildi, natijada gazning ichki energiyasi $\Delta U=8 \text{ J}$ ga, hajmi esa $\Delta V=0,002 \text{ m}^3$ ga ortdi. Gazning p bosimini (kPa da) toping.
Javob: 4 kPa.

3.7 Ideal gazni $p=0,1 \text{ MPa}$ o'zgarmas bosimda qizdirishda $Q=700 \text{ J}$ issiqlik sarflandi. Natijada gazning hajmi $V_1=0,001 \text{ m}^3$ dan $V_2=0,002 \text{ m}^3$ gacha ortdi. Ichki energiyasi esa $U_2=800 \text{ J}$ ga teng bo'ldi. Gazning dastlabki U_1 ichki energiyasi qancha bo'lgan?
Javob: 200 J.

3.8 Agar $v=0,5 \text{ mol}$ gazga $Q=290 \text{ J}$ issiqlik miqdori berilib, haroratini izobar ravishda $t_1=27 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $t_2=47 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha oshirilsa, uning ΔU ichki energiyasi qanchaga o'zgaradi? Universal gaz doimiysi $R=8300 \text{ J/(kmol}\cdot\text{K)}$.
Javob: 207 J.

3.9 Bir mol ideal gazning ichki energiyasi o'zgarmas bosimda $\Delta U=747 \text{ J}$ ga oshsa, uning harorati necha gradusga ortadi? O'zgarmas bosimda bir mol miqdorning issiqlik sig'imi universal gaz doimiysidan $20,75 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ga katta.
Javob: 30 J.

3.10 Bir mol ideal gaz o'zgarmas bosimda isitiladi. So'ngra o'zgarmas hajmda dastlabki haroratga teng bo'lgan $T=300 \text{ }^\circ\text{K}$ haroratli holatga

o'tkaziladi. Bunda gazga hammasi bo'lib $Q=12,45 \text{ kJ}$ issiqlik berildi. Gaz egallagan hajm necha marta o'zgargan? Universal gaz doimiysi $R=8300 \text{ J/(kmol}\cdot\text{K)}$.

Javob: 6

3.11 Molyar massasi $\mu=28 \text{ g/mol}$ bo'lgan ma'lum miqdordagi ideal gazni o'zgarmas bosimda $T=14 \text{ }^\circ\text{K}$ ga qizdirish uchun $Q=29 \text{ J}$ issiqlik sarf etildi. Shu gazni o'zgarmas hajmda dastlabki haroratigacha sovutish uchun undan $Q=20,7 \text{ J}$ issiqlikni olinishi kerak. Gazning massasini (g da) toping. Universal gaz doimiysi $R=8300 \text{ J/(kmol}\cdot\text{K)}$.

Javob: 2.

3.12 Harorati $t_1=80 \text{ }^\circ\text{C}$ va massasi $m_1=2 \text{ kg}$ bo'lgan suvni $\theta=60 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha sovutish uchun unga qo'shilgan $t_2=10 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratli sovuq suvning massasi m_2 ni toping.

Javob: $m_2 = m_1 \frac{t_1 - \theta}{\theta - t_2} = 0,8 \text{ kg} = 800 \text{ g}$

3.13 Issiqlik sig'imi $c=63 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$ bo'lgan kalorimetrga $t_1=12 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratli $m_1=250 \text{ g}$ moy qo'yilgan. Moyga $m_2=500 \text{ g}$ massali harorati $t_2=100 \text{ }^\circ\text{C}$ bo'lgan mis jism tushirilgandan keyin umumiy harorat $\theta=33 \text{ }^\circ\text{C}$ bo'lib qolgan. Tajriba ma'lumotlariga ko'ra moyning solishtirma issiqlik sig'imi c_1 ni toping. Misning solishtirma issiqlik sig'imi $c_2=380 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $c_1 = \frac{c_2 m_2 (t_2 - \theta) - c(\theta - t_1)}{m_1(\theta - t_1)} = 2173 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$

3.14 Vannada $\theta=36 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratli $m=550 \text{ g}$ massali suv tayyorlash uchun aralashirilgan, haroratlari mos ravishda $t_1=11 \text{ }^\circ\text{C}$ va $t_2=66 \text{ }^\circ\text{C}$ bo'lgan sovuq va issiq suvlarning massalari m_1 , va m_2 ni toping.

Javob: $m_1 = m \frac{t_2 - \theta}{t_2 - t_1} = 300 \text{ kg}$; $m_2 = m \frac{\theta - t_1}{t_2 - t_1} = 250 \text{ kg}$.

3.15 $m_2=0,2 \text{ kg}$ massali jez kalorimetrga $m_1=0,4 \text{ kg}$ massali, $t_1=10 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratli anilin solingan. Kalorimetrga yana $t_2=31 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratigacha isitilgan $m_2=0,4 \text{ kg}$ massali anilin qo'shildi. Ular aralashgandan so'ng $\theta=20 \text{ }^\circ\text{C}$ harorat qaror topgan anilinning solishtirma issiqlik sig'imi c ni toping. Jezning solishtirma issiqlik sig'imi $c_1=400 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$ deb oling.

Javob: $c = \frac{c_1 m_1 (\theta - t_1)}{m_2 (t_2 - \theta) - m_1 (\theta - t_1)} = 2 \cdot 10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$

3.16 $v=850 \text{ m/s}$ tezlik bilan uchayotgan po'lat o'q daraxtga kirib unga qudalib qolgan. Agar urilishda ajralgan issiqlikning $\eta=40\%$ i isitishga sarf bo'lsa, u qancha Δt haroratga isigan? Po'latning solishtirma issiqlik sig'imi $c=460 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $\Delta t = \frac{v^2}{2\eta c} = 322 \text{ }^\circ\text{C}$

3.17 Hajmi $V=60 \text{ m}^3$ bo'lgan auditoriyadagi havoning haroratini $\Delta t=15 \text{ }^\circ\text{C}$ ga isitish uchun qancha Q issiqlik miqdori kerak? Havoning zichligi $\rho=1,29 \text{ kg/m}^3$ va solishtirma issiqlik sig'imi $c=10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $Q = \rho V \Delta t = 1,16 \cdot 10^6 \text{ J}$.

3.18 Balandligi $h=120 \text{ m}$ bo'lgan sharsharadan tushayotgan suvning mexanik energiyasi to'liq o'zini isitishga sarf bo'lsa, sharshara asosidagi suv qancha Δt haroratga isishini toping. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c=4180 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $\Delta t = \frac{gh}{c} = 0,28 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.19 Hajmi $V=1 \text{ l}$ bo'lgan suvning $t_1=100 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $t_2=20 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha sovishida ajralgan energiya hisobiga $m_2=10 \text{ kg}$ massali yukni qanday h balandlikka ko'tarish mumkin? Suvning zichligi $\rho=10^3 \text{ kg/m}^3$ va solishtirma issiqlik sig'imi $c=4180 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $h = \frac{cpV(t_1 - t_2)}{gm} \approx 34 \text{ m}$.

3.20 Og'irligi $P=10 \text{ kN}$ bo'lgan bolg'a $h=2,5 \text{ m}$ balandlikdan tushib $m_1=200 \text{ kg}$ massali temir g'olaga kelib uriladi. Agar bolg'a urilishida ajralgan issiqlikning $\eta=60 \%$ i temir g'olani isitishga sarf bo'lsa, uning haroratini $\Delta t=40 \text{ }^\circ\text{C}$ ga ko'tarish uchun, bolg'aning unga necha marta urilishi kerakligi N ni toping. Temirning solishtirma issiqlik sig'imi $c=460 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $N = \frac{cm\Delta t}{\eta Ph} = 245 \text{ marta}$.

3.21 Pechkadagi haroratni aniqlash uchun uning ichida qizdirilgan $m_1=0,3 \text{ kg}$ massali temir g'olachani $t_2=5 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratli $m_2=1,2 \text{ kg}$ suvi bo'lgan $m_3=0,2 \text{ kg}$ massali mis idishga tashlanganda idishdagi suv $\theta=32 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha ko'tarilgan. Pechkaning harorati t_1 ni toping. Temir, suv va misning solishtirma issiqlik sig'imlari mos ravishda $c_1=460 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$, $c_2=4180 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$, $c_3=390 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $t_1 = \theta + \frac{(c_2 m_2 + c_3 m_3)(\theta - t_2)}{c_1 m_1} \approx 660 \text{ }^\circ\text{C}$

3.22 Massasi $m_2=100 \text{ g}$ bo'lgan temir kalorimetrdan $t=15 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratli $m_1=500 \text{ g}$ suv bor. Kalorimetrga umumiy massasi $m=150 \text{ g}$ va harorati $t_2=100 \text{ }^\circ\text{C}$ bo'lgan qo'rg'oshin va alyuminiy tanlashgan. Natijada suvning harorati $\theta=17 \text{ }^\circ\text{C}$ ga ko'tarilgan. Qo'rg'oshin va alyuminiyning massalari m_3 va m_4 ni aniqlang. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c_1=4180 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$, temirniki $c_2=460 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$, qo'rg'oshinniki $c_3=130 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$, alyuminiyniki esa $c_4=880 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

Javob: $m_3 = \frac{c_2 m_2 (t_2 - \theta) - (c_1 m_1 + c_3 m_3)(\theta - t_1)}{(c_4 - c_3)(t_2 - \theta)} = 0,108 \text{ kg}$ $m_4 = m - m_3 = 42 \text{ g}$.

3.23 Og'irligi $P=98 \text{ N}$, asosining yuzi $S=98 \text{ cm}^2$ bo'lgan vertikal joylashgan, ishqalanishsiz sirpanadigan porshen ostida havo bor. Agar havo o'zgarmas $p=100 \text{ kPa}$ bosim ostida qizdirilganda porshen $h=20 \text{ sm}$ ga ko'tarilgan bo'lsa, havoning kengayishdagi bajarilgan ishi A_p ni toping.

Javob: $A_p = \left(p + \frac{P}{S}\right) Sh = 215,6 \text{ J}$.

3.24 Massasi $m=440 \text{ g}$ bo'lgan karbonat angidrid gazi ($\mu=44 \text{ kg/kmol}$) ni $T=20 \text{ K}$ ga izobarik ($p=\text{const}$) ravishda qizdirilganda bajarilgan A_p ishi ni toping. Gazning universal doimiysi $R=8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol}\cdot\text{K}$.

Javob: $A_p = \frac{m}{\mu} R \Delta T = 1,662 \text{ kJ}$.

3.25 Massasi $m=500 \text{ g}$ bo'lgan havoni o'zgarmas bosimda $T=400 \text{ K}$ ga qizdirilganda $A_p=8 \cdot 10^4 \text{ J}$ ish bajarilgan bo'lsa, qizdirishda sarflangan issiqlik miqdori AQ_p va ichki energiyaning o'zgarishi ΔU ni toping. havoning o'zgarmas bosimidagi solishtirma issiqlik sig'imi $c_p=1 \cdot 10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Javob: $\Delta Q = cp m \Delta T = 200 \text{ kJ}$; $\Delta U = \Delta Q_p - A_p = 120 \text{ kJ}$.

3.26 Bir atomli gazga o'zgarmas bosim ($p=\text{const}$) da $\Delta Q_p=20 \text{ kJ}$ issiqlik berilgan bo'lsa, gazning ichki energiyasining o'zgarishi ΔU va gazning kengayishida bajarilgan ish A_p ni toping. Bir atomli gazning erkinlik darajasi $i=3$.

Javob: $\Delta U = \Delta Q_p \frac{i}{i+2} = 12 \text{ kJ}$.

3.27 Massasi $m=2 \text{ kg}$ bo'lgan gely ($M=4 \text{ kg/kmol}$) izobarik ($p=\text{const}$) ravishda $T_1=300 \text{ K}$ dan $T_2=400 \text{ K}$ gacha qizdirilganda gazning kengayishida bajarilgan ish A_p ni toping. Gazning universal doimiysi $R=8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol}\cdot\text{K}$.

Javob: $A_p = \frac{m}{\mu} R (T_2 - T_1) = 415 \text{ kJ}$.

3.28 $p=10^5 \text{ Pa}$ bosim ostida bo'lgan $V=10 \text{ l}$ hajmli havo ikki marta ($V_2/V_1=2$) kengaytirilgan. Sistemaning kengayishi: a) izotermik ($T=\text{const}$); b) izobarik ($p=\text{const}$) bo'lgan jarayonlarda bajarilgan ishlar A_T , A_p ni va oxirgi bosimlar p_1' , p_2'' ni toping.

Javob: $A_T = p_1 V \ln \frac{V_2}{V_1} = 702 \text{ J}$, $p_1' = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$,

$A_p = p_1 (V_2 - V_1) = 10^3 \text{ J}$, $p_2'' = 10^5 \text{ Pa}$.

4-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Issiqlik mashinasining samaradorligi (FIK):

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Bu yerda, A – ish, issiqlik mashinasi uchun sikl [J]; Q_1 , Q_2 – isitgich siklidan olingan issiqlik miqdori [J]; Q_2 – sovutgich sikliga uzatilgan issiqlik miqdori [J].

Karno sikli bo'yicha ishlaydigan issiqlik mashinasining foydali ish ko'effitsienti:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Bu yerda, T_2 – sovutgich harorati [$^{\circ}K$]; T_1 – isitgich harorati [$^{\circ}K$].
Termodinamik sistemada entropiyaning juda kichik o'zgarishi:

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Sistemaning 1 - holatdan 2 - holatga o'tishi paytida entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

Bir mol ideal gazning entropiyasi (qo'shimcha doimiy'lar aniqlik bilan aniqlanadi):

$$S_{\mu} = C_{\mu\nu} \ln T + R \ln V + const$$

$$S_{\mu} = C_{\mu p} \ln T - R \ln p + const$$

$$S_{\mu} = C_{\mu\nu} \ln p + C_{\mu p} \ln V + const$$

Sistemaning 1-holatdan 2-holatga o'tish jarayonida bir mol ideal gaz entropiyasining o'zgarishi:

$$\Delta S_{\mu} = C_{\mu\nu} \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S_{\mu} = C_{\mu p} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

$$\Delta S_{\mu} = C_{\mu p} \ln \frac{p_2}{p_1} + C_{\mu\nu} \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Entropiyaning qo'shilishi:

$$S = \nu S_{\mu}$$

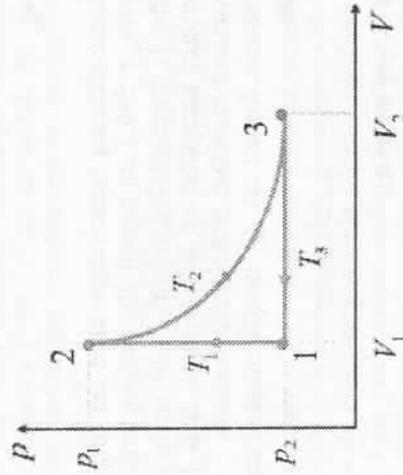
Entropiya va statistik vazn o'rtasidagi bog'liqlik (Boltsman formulasi):

$$S = k \ln \Omega$$

Bu yerda Ω – statistik vazn.

Masala yechish uchun namunalar:

1-masala. Ikki atomli ideal gaz ($\nu=3$ mol) $p_1=1$ MPa bosimda $V_1=5$ l hajmni egallaydi. Uni avval izoxorik ravishda $T_2=500$ K temperaturagacha qizdirildi. Keyin izotermik usulda dastlabki bosimgacha gaz kengaytirildi. Oxirida izobarik holda boshlang'ich holatga keltirildi. Siklning FIK ni toping.



Yechish: Har bir o'tish uchun termodinamikaning 1-qonunini qo'llaymiz:

$$Q = \Delta U + A$$

Gazga berilgan va undan olingan issiqlik miqdorlarini aniqlasak, Karno sikli bo'yicha siklning FIK ni hisoblashimiz mumkin. Masalani yechish ketma-ketligiga e'tibor qiling:

$$1 \rightarrow 2 \quad V_1 = const \quad A_{12} = 0 \quad Q_{12} = \Delta U_{12}$$

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

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

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

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

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

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

Demak, yuqorida topilgan issiqlik miqdorlarini umumlashtirib,

$$Q_1 = |Q_2 + Q_3|, \quad Q_2 = |Q_3|$$

ifodalarni olamiz. FIK ni aniqlaymiz:

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

Javob: 13,3 %.

2-masala: Karno siklining bajarayotgan ideal gaz isitgichdan $Q_1 = 4,2 \text{ kJ}$ issiqlik miqdori olib, $A = 590 \text{ J}$ ish bajardi. Bu siklining termik FIK η topilsin. Isitkichning harorati T_1 sovuqkichning harorati T_2 dan necha marta katta?

Yechish: Berilgan kattaliklar va so'ralayotgan fizik kattaliklarga mos formulalardan foydalanib hisoblash ishlarini olib boramiz:

Berilgan A ishimiz foydali ish. Q_1 issiqlik miqdori umumiy bajarilgan ishga teng. Bundan,

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$$

formuladan FIK η ni topamiz:

$$\eta = \frac{590}{4200} \cdot 100\% = 14\%$$

Isitkichning harorati T_1 sovuqkichning harorati T_2 dan necha marta katta ekanligini FIK η ning absolyut temperaturaga bog'liq formulasi orqali topamiz:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \quad \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta$$

Hosil bo'lgan formulaga asosan,

$$\frac{T_2}{T_1} = 1 - 0,14 = 0,86 \text{ yoki } \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1 - \eta} = \frac{1}{1 - 0,14} = 1,163.$$

Javob: 14 %, 0,86 yoki 1,163.

Mustaqil yechish uchun masalalar

4.1 Qanday massali simobning issiqlik sig'imi $m = 13 \text{ kg}$ spirtning issiqlik sig'imiga teng? Spirtning solishtirma issiqlik sig'imi $c_1 = 2440 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$, simobning solishtirma issiqlik sig'imi $c_2 = 130 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.
Javob: 244 kg.

4.2 Ikki bir xil jismining bir-biriga ishqalanishida ularning temperaturasi bir minutda $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ga ko'tarildi. Bu jismlarning o'zaro ishqalanishida hosil bo'ladigan o'rta qavat quvvat qanday? Har bir jismining issiqlik sig'imi $C = 800 \text{ J/K}$.
Javob: 800 W.

4.3 600 W quvvatli elektroplyunkada $V = 3 \text{ l}$ suvni qaynagunga qadar $t = 40 \text{ minut}$ isitiladi. Suvning boshlang'ich temperaturasi $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4200 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$. Qurilmaning FIK ni (foizlarda) aniqlang.
Javob: 70 %.

4.4 Qo'l parmasi (Drel) yordamida metallni parmalashda $m = 0,05 \text{ kg}$ massali parma $t = 200 \text{ s}$ to'xtovsiz ishlash davomida $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ga isidi. Drel parmalash jarayonida elektr tarmog'idan iste'mol qiladigan o'rta qavat quvvat $N = 10 \text{ W}$ ga teng. Agar parma materialining solishtirma issiqlik sig'imi $c = 460 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ bo'lsa, sarflangan energiyaning necha foizi parmaning qizishiga ketgan?
Javob: 23 %.

4.5 $N = 400 \text{ W}$ quvvatli elektromotor $t = 50 \text{ s}$ to'xtovsiz ishlash davomida $T = 10 \text{ }^\circ\text{K}$ ga qiziydi. Motorning FIK (foizlarda) qanchaga teng? Motoring issiqlik sig'imi $C = 500 \text{ J/K}$.
Javob: 75 %.

4.6 Moyga botirilgan transformator ortiqcha zo'riqish oqibatida qiziy boshlaydi. Agar transformator $N = 60 \text{ kVt}$ to'liq quvvat bilan $t = 4 \text{ minut}$ ishlaganda $m = 60 \text{ kg}$ massali moy $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ga qizisa, transformatorning FIK (foizlarda) qanday? Moyning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 2000 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.
Javob: 75 %.

4.7 Generator o'ta yuqori chastotali impulslar tarqatmoqda. Har bir impulsning energiyasi $W = 6 \text{ J}$. Impulslarning takrorlanish chastotasi $\nu = 700 \text{ Hz}$. Generatorning FIK 60%. Generatorning sovutish sistemasi orqali o'tkaziluvchi suv $T_2 = 10 \text{ K}$ dan ko'p qizimasligi uchun soatiga necha litr suv o'tkazish kerak? Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $c = 4200 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.
Javob: 240 l.

4.8 Gaz yopiq sikl bajarib, isitgichdan $Q_1 = 420 \text{ J}$ issiqlik oldi. Agar siklining FIK 10 % bo'lsa, gaz qanday A ish bajargan?
Javob: 42 J.

4.9 Issiqlik mashinasi $Q_1 = 200 \text{ J}$ ish bajaradi, bunda sovutgichga $Q_2 = 300 \text{ J}$ energiya uzatiladi. Issiqlik mashinasining FIK ni (foizlarda) aniqlang.
Javob: 40 %.

4.10 Issiqlik mashinasining FIK 50 %. Agar bir sikl mobaynida sovutgichga $Q_2=700$ J issiqlik uzatilsa, mashina qanday ish bajaradi?

Javob: 700 J.

4.11 Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasining FIK 25 % ga teng. Agar sovutgichning harorati $t_2=27$ °C bo'lsa, isitgichning harorati (°C da) qanday?

Javob: 127 °C.

4.12 Ideal issiqlik mashinasi isitgichdan olingan issiqlikning 80 % ini sovutgichga uzatadi. Agar sovutgichning harorati $T_2=248$ K bo'lsa, isitgichning haroratini (°K da) toping.

Javob: 310 °K.

4.13 Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasining FIK 80 % ga teng. Isitgichning absolyut harorati sovutgichning absolyut haroratidan necha marta katta?

Javob: 5.

4.14 Ideal gaz Karno sikli bo'yicha ishlaydi. Isitgichning absolyut harorati $T_1=400$ °K, sovutgichniki $T_2=300$ °K. Agar isitgichning absolyut harorati $T=200$ K ga oshirilsa, siklning FIK necha marta ortadi?

Javob: 2.

4.15 Ideal gaz Karno siklini bajaradi. Isitgichning absolyut harorati sovutgichning absolyut haroratidan 4 marta katta. Sovutgichga beriladigan issiqlik ulushini (foizlarda) aniqlang.

Javob: 25.

4.16 Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasi bir sikl davomida $A=100$ J ish bajaradi. Isitgichning harorati $t_1=100$ °C, sovutgichning harorati 0 °C. Bir sikl mobaynida sovutgichga beriladigan issiqlik miqdorini aniqlang.

Javob: 273 J.

4.17 Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasining ishchi jismi $t_1=273$ °C haroratli isitgichdan $Q_1=80$ kJ issiqlik miqdori oladi. Sovutgich vazifasini $t_2=0$ °C haroratli atrofdagi havo bajaradi. Bu mashina bir sikl davomida $m=400$ kg massali yukni qanday maksimal balandlikka ko'tara oladi? $g=10$ m/s².

Javob: 10 m.

4.18 Ideal issiqlik mashinasining ishlashi natijasida olingan butun mexanik ishning 80 % i $P=1000$ kN og'irlikdagi yukni $h=6$ m balandlikka ko'tarishga ketdi. Bu mashinaning isitgichi va sovutgichi haroratlari orasidagi farq $T=125$ °K ga, isitgichdan olingan issiqlik miqdorining uning absolyut haroratiga nisbati esa $C=300$ J/°K ga teng. Yukni ko'tarishda nechta sikl bajarilgan?

Javob: 200 J.

4.19 Ikki mol gaz $T_1=400$ °K dan $T_2=800$ °K gacha izobar holda qizdiriladi, keyin $T_3=500$ °K gacha izoxor ravishda sovutiladi. So'ngra gazning hajmi dastlabki qiymatiga erishgunga qadar gaz izobar ravishda sovutiladi. Va nihoyat, gaz $T_4=400$ °K gacha izoxor holda qizdiriladi. Bu siklida gazning bajargan ishini toping? Universal gaz doimiysi $R=8300$ J/(kmol·°K).

Javob: 2490 J.

4.20 Bir atomli ideal gaz ikkita izoxor va ikkita izobar jarayonlardan iborat yopiq sikl bajaradi. Izoxor qizdirishda bosim 2 marta ortadi, izobar qizdirishda esa hajm 70% ga ortadi. Siklning FIK ni (foizlarda) toping.

Javob: 14 %.

4.21 Bir atomli ideal gaz quyidagi siklini bajaradi: bosim 40 % ga ortadigan izoxor qizdirish; keyin izobar kengayishi va nihoyat, bosim hajmga to'g'ri proporsional holda o'zgaradigan jarayonda dastlabki holatga qaytish. Siklning FIK ni (foizlarda) toping.

Javob: 4 %.

4.22 Bir atomli ideal gaz quyidagi siklini bajaradi: bosim 4 marta kamayadigan izoxor sovutilish, keyin izobar siqilish va nihoyat, bosim hajmga to'g'ri proporsional holda o'zgaradigan jarayonda dastlabki holatga qaytish. Siklning FIK ni (foizlarda) toping.

Javob: 15 %.

4.23 Bir atomli ideal gaz quyidagi siklini bajaradi: bosim 4 marta oshadigan izoxor qizdirilish; hajm 30% ga ortadigan izobar qizdirilish va bosim hajmga chiziqli bog'langan jarayonda dastlabki holatga qaytish. Siklning FIK ni (foizlarda) toping.

Javob: 6 %.

4.24 Bir atomli ideal gazning bosimi izoxor ravishda 4 marta oshiriladi, keyin gazning hajmi 2,5 martaga shunday orttiriladiki, bunda bosim hajmga chiziqli bog'liq bo'ladi va 2 marta ortadi, so'ngra bosim hajmga chiziqli bog'langan jarayonda gaz dastlabki holatga qaytariladi. Shunday siklning FIK ni (foizlarda) toping?

Javob: 6 %.

4.25 Teskari Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal sovutgich mashina $t_2=0$ °C haroratda eriydigan muzdan sovutgich sifatida. $t_1=100$ °C da qaynaydigan suvdan isitgich sifatida foydalanadi. Tarmoqdan $Q_1=25$ kJ energiya olinganda qanday massali muz (g da) hosil bo'ladi? Muz erishining solishtirma issiqligi $c=325$ kJ/kg.

Javob: 210 g.

4.26 Teskari Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal sovutgich mashinadan $t_1=0$ °C dagi suvni muzlatish uchun foydalaniladi. Issiqlik harorati $t_2=27$ °C bo'lgan atrofdagi havoga beriladi. Agar sovutgich mashina tarmoqdan $N=25$ Vt quvvat iste'mol qilsa, $m=420$ g suvni muzga aylantirish

uchun necha minut sarflanadi? Muz erishining solishtirma issiqligi $c=325$ kJ/kg.

Javob: 9.

4.27 Isitkichning harorati $T_1=400$ °K, termik FIK $\eta=20$ % bo'lgan. Karno sikli bo'yicha ishlovchi issiqlik mashinasining sovitkichga bergan issiqlik miqdori $Q_2=200$ kJ ga teng bo'lsa, mashinaning bir siklda bajaradigan ishi A , isitkichdan oladigan issiqlik miqdori Q_1 va sovitkichning harorati T_2 larni toping.

Javob: $A=Q_2 \frac{\eta}{1-\eta} = 50$ kJ; $Q_1 = \frac{Q_2}{1-\eta} = 250$ kJ; $T_2 = T_1(1-\eta) = 320$ °K.

4.28 Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasi har bir siklda $A=73,5$ kJ ish bajaradi. Agar isitkichning harorati $T_1=373$ °K, sovitkichniki esa $T_2=263$ K bo'lsa, mashinaning FIK η ni, bir siklda isitkichdan olinadigan issiqlik miqdori Q_1 ni va bir siklda sovitkichga beriladigan issiqlik miqdori Q_2 ni toping.

Javob: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} 100\% = 26,8\%$; $Q_1 = A \frac{T_1}{T_1 - T_2} = 274,2$ kJ;

$Q_2 = A \frac{T_2}{T_1 - T_2} = 200,6$ kJ.

4.29 Karno sikli bo'yicha ishlovchi ideal issiqlik mashinasi isitkichdan olgan $Q_1=6,3$ kJ issiqlik miqdorining $p=80$ % ini sovitkichga uzatgan bo'lsa, issiqlik mashinasining FIK η va bir siklda bajarilgan ish A nimaga teng bo'ladi?

Javob: $\eta = 1 - n = 0,2 = 20\%$ $A = Q_1(1-n) = 1,26$ kJ.

4.30 Karno sikli bo'yicha ishlovchi ideal issiqlik mashinasi isitkichdan olgan issiqlik miqdorining $p=70$ % ini sovitkichga beradi. Agar isitkichning harorati $T_1=430$ K bo'lsa, sovitkichning harorati T_2 ni toping.

Javob: $T_2 = nT_1 = 301$ °K.

4.31 Karno sikli bo'yicha ishlovchi ideal issiqlik mashinasi isitkichning harorati $T_1=400$ °K, sovitkichniki esa $T_2=300$ K. Agar isitkichning harorati $\Delta T=200$ K ga ko'tarilsa, siklining FIK necha marta ortishi η_1/η_2 ni toping.

Javob: $\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{(T_1 - T_2 + \Delta T)T_1}{(T_1 - T_2)(T_1 + \Delta T)} = 2$ marta.

5-§. Real gazlar

Tabiatdagi gazlarni *real gazlar* deb yuritiladi ("real"-haqiqiy degan ma'noni anglatadi).

Real gazning holat tenglamasi:

$$P = \frac{RT}{V_M - b} - \frac{a}{V_M^2} \text{ yoki } \left(P + \frac{a}{V_M} \right) (V_M - b) = RT \quad (1)$$

Van-der-Vaals tenglamasi deb ham ataladi. a va b esa muayyan gaz molekularini ifodalovchi doimiylik bo'lib, ular *Van-der-Vaals tuzatmalari* deb ataladi.

Van-der-Vaals tenglamasini tahlil qilish maqsadida uning ko'rinishini o'zgartiraylik. Buning uchun (1) tenglamadagi qavs-larni ochaylik:

$$PV_M + \frac{a}{V_M} - Pb - \frac{ab}{V_M} = RT \quad (2)$$

Yuqoridagi ifodaning ikkala tomonini $\frac{V_M}{P}$ ga ko'paytiraylik:

$$V_M^3 + \frac{aV_M}{P} - V_M^2 b - \frac{ab}{P} = \frac{RT}{P} V_M^2 \quad (3)$$

Hosil bo'lgan tenglamada qo'shiluvchi hadlarni V_M ning darajalari kamayib boradigan tarzda yozib olaylik:

$$V_M^3 - (b + \frac{aV_M}{P})V_M^2 + \frac{ab}{P} = 0 \quad (4)$$

Mazkur tenglama V_M ga nisbatan uchinchi darajali bo'lgani uchun u uchta ildizga ega bo'ladi.

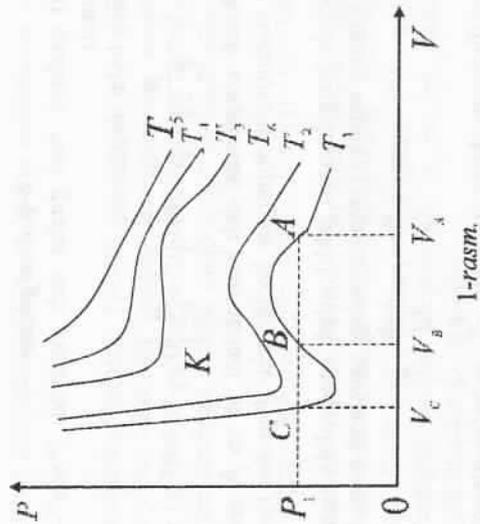
Ildizlar Kardano formulalari bo'yicha hisoblanadi, bunda quyidagicha uch hol amalga oshishi mumkin:

a) ildizlarning biri haqiqiy, ikkitasi mavhum;

b) uchala ildizlar haqiqiy va ular turli qiymatlarga ega;

c) uchala ildizlar haqiqiy va ular birday qiymatlarga ega.

Temperaturaning turli, lekin o'zgaras qiymatlari uchun (4) tenglamaning (P, V) diagrammadagi grafiklari 1-rasmda tasvirlangan. Ularni *Van-der-Vaals izotermalari* deb ataladi. Van-der-Vaals tenglamaning bitta ildizi haqiqiy, ikkitasi mavhum bo'lgan hol yuqori temperaturalariga mos bo'lgan izotermalarda kuzatiladi. Mavhum ildizlar fizik ma'noga ega emas. Binobarin, bunday hollarda P ning har bir qiymatiga V_M ning ham bitta qiymati mos keladi va izoterma grafigi giperbolasimon chiziqdan iborat.



Past temperaturalarda Van-der-Vaals tenglamasi uchun ildizi haqiqiy, lekin turli qiymatlarga ega bo'ladi. Mazkur hol T_1 , T_2 va T_3 temperaturalardagi izotermalarda aks etgan. Rasmdagi K nuqta *kritik temperatura* deb, unga mos bo'lgan izoterma esa *kritik izoterma* deb ataladi.

Modda	a [$\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mol}^2$]	b 10^{-5} [m^3/mol]
Suv bug'li	0,556	3,06
Karbonat angidrid	0,364	4,26
Kislorod	0,136	3,16
Argon	0,136	3,22
Azot	0,136	3,85
Vodorod	0,0244	2,63
Gely	0,00343	2,34

Masala yechish uchun namunalari:

1-masala: Sig'imi $V=8$ l bo'lgan ballonda $T=300$ K haroratda $m=0,3$ kg massali kislorod bor. Idish sig'imining qanday qismini gaz molekularining xususiy hajmi tashkil etishini toping. Gaz ichki bosimi p ning gazning idish devorlariga bosimi p^* ga nisbatan aniqlansin.

Yechish: Masalaning birinchi savoliga javobni

$$R = V^*/V \quad (1)$$

nisbatdan topish zarur, bunda V^* - molekularning xususiy hajmi.

Molekularning xususiy hajmini real gazning bir molida mavjud bo'lgan molekular hajmining to'rtga ko'paytirilganiga teng bo'lgan Van-der-Vaals doimiy b dan foydalanib topamiz. Van-der-Vaals tenglamasi

$$(P + v^2 a / V^2)(V - vb) = vRT \quad (2)$$

Formuladagi vb tuzatma gazdagi barcha molekular hajmining to'rtlanganini bildiradi, ya'ni $vb=4V^*$. Bundan

$$V^* = vb/4 \quad \text{yoki} \quad V^* = mb/(4\mu),$$

bu yerda $v=m/\mu$ - modda miqdori; μ - molyar massa.

V^* ning topilgan qiymatini (1) ifodaga qo'yib quyidagini topamiz:

$$k = mb/(4\mu V),$$

bu formula bo'yicha hisoblasak,

$$k=0,91 \%$$

Binobarin, molekularning xususiy hajmi idish hajmining 0,91 % ini tashkil qilarkan.

Masalaning ikkinchi savoliga javob berish uchun

$$k_1 = p^*/p \quad (3)$$

nisbatni topish kerak.

(2) tenglamadan ko'rinadiki,

$$p^* = \frac{v^2 a}{V^2} \quad \text{yoki} \quad p^* = \left(\frac{m}{\mu}\right)^2 \frac{a}{V^2}, \quad (4)$$

Bu yerda a - bir mol uchun Van-der-Vaals doimiyi.

(4) formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak,

$$p^* = 179 \text{ kPa}$$

Gazning idish devorlariga ko'rsatayotgan bosimi p ni (2) tenglamadan topamiz:

$$p = \frac{vRT}{V - vb} - v^2 \frac{a}{V^2}.$$

Bu formula bo'yicha hisoblab, quyidagini olamiz:

$$p = \frac{0,3}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 300 - \left(\frac{0,3}{32 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \cdot \frac{136 \cdot 10^{-5}}{(8 \cdot 10^{-3})^2} = 2,84 \text{ MPa}$$

p^* va p larning qiymatlarini (3) ifodaga qo'yib, hisoblasak, $k=6,3\%$.

Binobarin, molekullarning tortishish kuchlari natijasida vujudga keladigan gaz bosimi gazning idish devorlariga bosimining 6,3% ini tashkil qiladi.

2-masala: $t=-200^\circ\text{C}$ temperaturada $\nu=1 \text{ kmol}$ gelyi $V=0,237 \text{ m}^3$ hajmini egallaydi. Van-der-Vaals tenglamasidagi keltirilgan kattaliklardan foydalanib, gazning bosimi topilsin.

Yechish: Van-der-Vaals tenglamasining keltirilgan kattaliklari bilan ifodalangan formulasidan foydalanamiz:

$$\left(\pi + \frac{3}{\omega^2} \right) (3\omega - 1) = 8\tau$$

Bu yerda $\pi = \frac{p}{p_k}$, $\tau = \frac{T}{T_k}$, $\omega = \frac{V_0}{V_{0k}}$ ga teng.

$$\pi + \frac{3}{\omega^2} = \frac{8\tau}{3\omega - 1} \text{ yoki } \pi = \frac{8\tau}{3\omega - 1} - \frac{3}{\omega^2}.$$

Demak bosimni topish uchun τ va ω kattaliklar orqali π ni topib olamiz:

$$\tau = \frac{T}{T_k} = 14,03$$

$$\omega = \frac{V_0}{V_{0k}} = \frac{V}{\nu V_{0k}} = \frac{8Vp_k}{3R\nu T_k} = 3,36$$

$$\pi = \frac{8 \cdot 14,03}{3 \cdot 3,36 - 1} - \frac{3}{3,36^2} = 12,09$$

$$p = \pi p_k = 2,78 \text{ MPa}$$

Javob: 2,78 MPa.

Mustaqil yechish uchun masalalar

5.1 Van-der-Vaals tenglamasidagi a doimiysining SI sistemasidagi birliklari topilsin?

Javob: $[Pa \cdot m^3/mol^2]$.

5.2 Van-der-Vaals tenglamasidagi b doimiysining SI sistemasidagi birliklari topilsin?

Javob: $[m^3/mol]$.

5.3 $p=0,2 \text{ MPa}$ bosimda $V=820 \text{ sm}^3$ hajmdagi $m=2 \text{ g}$ azotning temperaturasi qanday bo'ladi? Gazni: 1) ideal va 2) real deb hisoblang.

Javob: 280 °K

5.4 $p=2,8 \text{ MPa}$ bosimda $V=90 \text{ sm}^3$ hajmdagi $m=3,5 \text{ g}$ kislorodning temperaturasi qanday bo'ladi? Gazni: 1) ideal va 2) real deb hisoblang.

Javob: 277 °K, 285,7 °K.

5.5 $p=10^8 \text{ Pa}$ bosimda $m=10 \text{ g}$ gelyi $V=100 \text{ sm}^3$ hajmini egallaydi. Uning temperaturasi qanday bo'ladi? Gazni: 1) ideal va 2) real deb hisoblang.

Javob: 482 °K, 204 °K.

5.6 $T=100^\circ\text{C}$ temperaturada $\nu=1 \text{ kmol}$ karbonat angidrid gazni berilgan. Gazni 1) ideal deb uning bosimini toping? 2) real gaz deb ham bosimini hisoblang? A) $V_1=1 \text{ m}^3$ b) $V_2=0,05 \text{ m}^3$ hajmlar uchun uchin yechilsin.

Javob: 3,09 MPa, 61,8 MPa.

5.7 $V=500 \text{ l}$ hajmli yopiq idishda $p=3 \text{ MPa}$ bosimda $\nu=0,6 \text{ kmol}$ karbonat angidrid gazni bor. Van-der-Vaals tenglamasidan foydalanib, bosimni ikki marta orttirish uchun temperaturani necha marta orttirish kerak?

Javob: 1,85.

5.8 $T=300^\circ\text{C}$ temperaturada va $p=5 \text{ MPa}$ bosimda $\nu=1000 \text{ mol}$ azot bor. Berilgan sharoit uchun azotni real gaz deb hisoblab, gazning hajmi topilsin.

Javob: 490 l.

5.9 $T=300^\circ\text{C}$ temperaturada va $p=10 \text{ MPa}$ bosimda $\nu=1000 \text{ mol}$ kislorod bor. Berilgan sharoit uchun kislorodni real gaz deb hisoblab, gazning hajmi topilsin.

Javob: 231 l.

5.10 $V=10 \text{ l}$ sig'imli idishda $m=0,25 \text{ kg}$ massali azot bor. 1) Gazning ichki bosimi p ; 2) molekullarning xususiy hajmi V^* aniqlansin.

Javob: 108 kPa, 86,2 sm³.

5.11 Kislorodning bosimi $p=7 \text{ MPa}$, zichligi $\rho=100 \text{ kg/m}^3$. Kislorodning harorati topilsin?

Javob: 287 °K.

5.12 $T=380 \text{ K}$ haroratda hajmi 1) $V_1=1000 \text{ l}$, 2) $V_2=10 \text{ l}$, 3) $V_3=2 \text{ l}$ bo'lgan $m=1 \text{ kg}$ massali suv bug'larining bosimi p topilsin.

Javob: 174 kPa, 3,94 MPa, 101 MPa.

III BOB ELEKTR VA MAGNETIZM

1-§. Elektrostatika

Elektrostatika — fizikaning harakatsiz elektr zaryadlar maydoni va uining o'zaro ta'sirini o'rganadigan bo'limidir. Harakatsiz elektr zaryadlar hosil qilgan elektr maydon elektrostatik maydon deyiladi.

Elektr zaryadlari o'z-o'zidan paydo bo'lmaydi va yo'qolmaydi, ular faqat bir jismdan boshqasiga uzatiladi yoki berilgan jisim ichida ko'chadi va berk sistema ichida elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgar olmay qoladi, ya'ni:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$$

Hozirgi zamon tasavvuriga ko'ra, elektr zaryadi «atom» tuzulishiga ega, yani har qanday jismining elektr zaryadi karrali musbat va manfiy elementar zaryadlardan tashkil topgandir. Agar elementar zaryadni e ga teng bo'lsa, u holda 0, e, 2e, ... Ne qiymatlarini oladi:

$$q = Ne$$

Elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir kuchi. Kulon qonuni. *Elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir kuchini burama torozi yordamida o'lchash.*

U kashf etgan qonun Kulon qonuni deb ataladi: ikki nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchi zaryad kattaliklari ko'paymasiga to'g'ri proporsional va orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional va o'sha zaryadlarni tutashiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan:

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

Bu yerda r - zaryadlar orasidagi masofa, k- proporsionallik koeffitsienti.

Elektr biriklarining Xalqaro biriklar sistemasi.

HB sistemada tok kuchi birligi amper asosiy bo'lganligidan bu sistemada zaryad birligi hosilaviy bo'ladi va quyidagi formuladan keltirib chiqariladi:

$$q = It$$

zaryad birligi uchun

$$[q] = [I] * [t] = 1A * 1s = 1Kl$$

HB sistemada zaryad birligi uchun kulon qabul qilinadi. Kulon deb tok kuchi 1A bo'lganda o'tkazgichning ko'ndalang kesimi orqali 1 s da oqib o'tgan zaryadga aytiladi. Kulon juda katta zaryad birligidir. Bir kulon zaryad $6.25 \cdot 10^{18}$ proton (elektron) zaryadiga teng ekan.

Kulon qonuning formulasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

$$\frac{F}{F_0} = \frac{\epsilon_m}{\epsilon_0} = \epsilon$$

5.13 Xona haroratida qalin devorli po'lat balloning ichini yarmigacha suvga to'ldiriladi. Shundan keyin balloni germetik ravishda mahkamladilar va $T=650$ K haroratgacha qizdirilgan. Shu haroratda ballondagi suv bug'ining bosimi aniqlansin.
Javob: 544 MPa.

5.14 Agar kritik harorat $T_k=126$ K va bosim $p_k=3,39$ MPa lar ma'lum bo'lsa, azot uchun Van-der-Vaals tenglamasidagi b doimiy hisoblan sin.
Javob: $3,36 \cdot 10^{-5} [m^3/mol]$.

5.15 Agar kritik harorat $T_k=126$ K va bosim $p_k=3,39$ MPa lar ma'lum bo'lsa, azot uchun Van-der-Vaals tenglamasidagi a doimiy hisoblan sin.
Javob: $0,136 [Pa \cdot m^3/mol^2]$

5.16 Modda miqdori $\nu=1$ mol bo'lgan suv egallashi mumkin bo'lgan eng katta hajm V_{max} aniqlansin.
Javob: $91,2$ sm³.

5.17 Kritik holatdagi suv bug'larining zichligi ρ aniqlansin.
Javob: 74 kg/m³

5.18 Van-der-Vaalsning tenglamasidan foydalanib to'yingan suv bug'larining eng katta bosimi p_{max} aniqlansin.
Javob: $21,8$ MPa.

5.19 Massasi $m=0,5$ g bo'lgan kislorodning kritik hajmi V_k aniqlansin.
Javob: $1,49$ sm³.

5.20 Massasi $m=0,5$ g bo'lgan suvning kritik hajmi V_k aniqlansin.
Javob: 5 sm³.

5.21 Mustahkam kvarts kolba zichligi $\rho=626$ kg/m³ bo'lgan suyuq pentan C₅H₁₂ bilan qisman to'ldiriladi va uni pentan ustida faqat to'yingan bug' qoladigan qilib mahkamlanadi. Qizdirishda moddaning kritik nuqtadan o'tishini kuzatish mumkin bo'lishi uchun kolba ichki hajmining qanday qismini pentan egallashi kerakligi aniqlansin. Van-der-Vaals doimiyi $b=14,5 \cdot 10^{-5}$ m³/mol.
Javob: $0,264$.

5.22 Gaz kritik holatda turibdi. Agar uning bosimi T izoxorik ravishda $k=2$ marta orttirilsa, gazning bosimi p necha marta oshadi?
Javob: 5 .

$\epsilon = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_0}$ kattalik muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi deyiladi.

Uning qiymati doim birdan katta bo'lgan sonidir, chunki $\epsilon_r > \epsilon_0$ muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi shu muhitdagi elektr zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi vakuumdagiga qaraganda necha marta kichik ekanligini ko'rsatadi, e ning son qiymati tajribadan aniqlanadi va hisoblashlarda jadvallardan olinadi.

Elektr maydon kuchlanganligi

Kulon qonunidan ko'rinishicha F kuch shunday xarakteristika sifatida xizmat qila olmaydi, chunki maydonning ko'riyatog'an nuqtasi uchun bu qs sinash zaryadi miqdori ga to'g'ri prorsionaldir.

$$\vec{F} = \vec{E} q_a$$

Maydonning kuchlanganligi vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi maydonning berilgan nuqtasidagi musbat qs zaryadga ta'sir etuvchi F kuchning yo'nalishiga mos keladi, bu vektorning moduli esa

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

Elektr maydonning bajaragan ishi

$$\Delta A = q_0 E \Delta r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r^2} \cdot \Delta r$$

$$A_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{\epsilon r_1^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{\epsilon r_2^2}$$

Kuchlanish. Potensiallar ayirmasi. Kuchlanganlik bilan bir jinsli kuchlanganlik orasidagi bog'liqlik

$$\varphi = \frac{W_p}{q_0}$$

Nuqtaviy zaryad hosil qilgan maydonning biror nuqtasidagi potensiali quyidagiga teng bo'ladi:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r\epsilon}$$

q_0 zaryadni elektr maydon bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirishda bajarilgan ish quyidagiga teng bo'ladi.

$$A_{12} = (W_{p1} - W_{p2}) = q_0(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Bundan elektr maydonning ikki nuqtasi orasidagi potensiallar ayirmasi:

$$(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{A_{12}}{q_0}$$

Agar elektr maydonni bitta emas bir necha zaryadlar sistemasi hosil qilgan bo'lsa, natijaviy maydonning biror nuqtasidagi potensiali zaryadlarning mustaqil hosil qilgan maydonlar potensiallarining algebraik yig'indisiga teng:

$$\Phi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n = \sum_{i=1}^n \varphi_i$$

A=qU dan kuchlanish birligini keltirib chiqaramiz:

$$U = U/|K| = |kg \cdot m^2/s^2| \cdot A = |V$$

Plastinkalar orasidagi kuchlanish ko'rsatiganidek

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

bo'lsin.

$$E = U/d = (\varphi_1 - \varphi_2)/d$$

O'tkazgichning elektr sig'imi.

$$q = C\varphi$$

$$C = \frac{q}{\varphi}; \quad C = |K|U/V = |K|N/V = |A^2 \cdot s^4/kg \cdot m^2| = |Farad(F).$$

Zaryadlangan shar potensiali ma'lumligi uchun $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$

$$C_{sh} = \frac{4\pi\epsilon_0 q r}{q}$$

$$C_{sh} = 4\pi\epsilon_0 r_{sh} \cdot 4\pi\epsilon_0 r_{sh}$$

Kondensatorlarning tuzilishi. Zaryadlangan kondensatorlarning energiyasi. Kondensatorlarning turlari

$$C = \frac{S\epsilon_m}{d}$$

$$A = qU_{or} = q \frac{U+0}{2} = \frac{qU}{2}$$

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

2-§. O'zgarmas tok qonunlari

Elektr tokining hosil bo'lishini osongina tushuntirish mumkin. Masalan, elektrometrga ulangan ikkita sharsimon o'tkazgich miqdor jihatdan teng, qarama-qarshi ishorali zaryadlari bilan zaryadlangan bo'lsin. Agar o'tkazgichlar sim bilan o'zaro ulansa, o'tkazgichlarga ulangan elektrometr ular orasidagi potentsiallar farqi nolgacha tushishini ko'rsatadi.

EYuK ga ega bo'lmagan zanjir qismi uchun Om qonuni.

O'tkazgichning qarshiligi. Kuchlanish tushishi.

Zanjirning biror qismidan tok o'tganda shu qism uchun tok kuchi bilan kuchlanish orasida ma'lum funksional bog'lanish bo'lib, u volt-ampere xarakteristikasi deb ataladi.

$$I = \frac{v n_0 e S}{l} U$$

Zanjirdagi EYuK ga ega bo'lmagan qismning qarshiligi shu qismda bir birlik tokni hosil qilish uchun zarur bo'lgan kuchlanish bilan o'lchanadi: $R=U/I$

R ning o'lchov birligini kiritamiz:

$$R = IB/IA = IB/A = I \text{kgm}^2/s^3 A^2 = 1 \text{Om}$$

Om qonuning formulasini quyidagi ko'rinishda ham yozishimiz mumkin $U=IR$

Qarshilikka o'tkazgich kesimining ta'siri shu bilan tushuntiriladiki, kesim kichrayganda tok kuchining ayni bir qiymatida o'tkazgichdagi elektronlar oqimi zichlashadi va shuning uchun elektronlar o'tkazgich moddasining zararlari bilan kuchliroq ta'sirlashadi. Buni batafsilroq ko'rsatamiz.

$$R = l/g, \quad g = v n_0 e S/l$$

$$\text{Bo'lgani uchun} \quad R = l/v n_0 e S \quad \text{yoki} \quad R = 1/v n_0 e * l/S$$

quyidagi belgilashni kiritamiz;

$$\rho = \frac{l}{v n_0 e S}$$

u holda

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Solishtirma qarshilikka teskari bo'lgan kattalik moddaning solishtirma o'tkazuvchanligi deb ataladi va bilan belgilanadi:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Ketma-ket va parallel ulash. E.YU.K. berik zanjiri uchun om qonuni.

O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda, zanjirning barcha qismlaridan o'tayotgan tokning kuchi bir xil bo'lib, zanjirning uchlardagi kuchlanish esa

ayrim o'tkazgichlar uchlardagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Ketma-ket ulangan o'tkazgichlarning natijaviy (umumiy) qarshiligini R_{kk} bilan belgilab, Om qonuniga asosan quyidagilarni yozamiz:

$$U = IR_{kk}; \quad U_1 = IR_1; \quad U_2 = IR_2; \dots \quad U_n = IR_n$$

$$IR_{kk} = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n$$

$$R_{kk} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

Faraz qilaylik, qarshiliklari R₁, R₂, ..., R_m, bo'lgan n ta o'tkazgich o'zaro parallel rasmda ko'rsatilganidek ulangan bo'lsin. Parallel ulashda, har bir o'tkazgich uchlardagi kuchlanish U o'zgarmas bo'lib, zanjirdagi tarmoqlanishgacha bo'lgan tokning kuchi I tarmoqlardagi R₁ > R₂, ..., R_m lardan o'tayotgan toklar kuchi I₁, I₂, ..., I_n larning algebraik yig'indisiga teng:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Om qonuniga asosan, o'zaro parallel ulangan o'tkazgichlardan va har bir o'tkazgichdan o'tayotgan toklar quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = U/R; \quad I_1 = U/R_1; \quad I_2 = U/R_2; \dots \quad I_n = U/R_n$$

$$U/R = U/R_1 + U/R_2 + \dots + U/R_n$$

Bu ifodani U ga qisqartirib yozamiz: $1/R = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$

Elektr yurituvchi kuch. Berk zanjir uchun Om qonuni.

Manba ichida ish bajarilishi natijasida u yoki bu energiya tur (tok manbai turiga qarab) elektr energiyaga aylanadi. Shunday qilib, zanjirning tashqi qismida zaryadning kochishidagi maydon kuchining bajargan ishi manba ichidagi elektr tabiatiga ega bo'lmagan tashqi kuchlar vositasida bajariladi. Tashqi kuchlarning ta'siri elektr yurituvchi kuch (EYuK) deb ataluvchi muhim fizik kattalik bilan xarakterlanadi.

Manbaning elektr yurituvchi kuchi (EYuK) deb, bir birlik musbat zaryadni yopiq zanjir bo'ylab ko'chirishda tashqi kuchning bajargan ishiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi: $\epsilon = \frac{A}{q_0}$ HB sistemada EyuK ning birligi 1J/1Kl=1V (volt) bilan ifodalanadi.

Elektr tokning ishi va quvvati. Joul-Lens qonuni

O'tkazgichdan elektr toki o'tganda zaryadlar katta potentsialli nuqtadan kichik potentsialli nuqtaga ko'chadi. O'tkazgich uchlariidagi potentsiallar ayirmasi kuchlanish U ga teng bo'lganda t vaqt ichida q zaryadning o'tkazgich bo'ylab ko'chirishda bajarilgan A ish quyidagiga teng bo'ladi;

$$A=qU.$$

$$A=IUt.$$

Bu formulani Om qonunidan foydalanib, tokning o'tkazgichdagi bajarilgan ishi uchun quyidagi formulalarni olish mumkin:

$$A=qU=IUt=I^2Rt=U^2t/R$$

Shunday qilib, HB sistemasida zaryad Kulon (Kl) da, kuchlanish Volt (V) da, tokning kuchi Amper (A) da, qarshilik Om (Om) da va vaqt sekund (s) da o'lchansa, bajarilgan ish Joul (J) larda chiqadi va (3) formulaga asosan.

$$IJ=1\text{ Kl} * 1B = 1A * 1B * 1c = 1A^2 * 1Om * 1s = 1V^2 * 1s / 1Om$$

Amaliyotda ishning bu birliklaridan tashqari boshqa yirikroq birliklari ham qo'llaniladi. Ishning bu birliklari sistemaga kirmagan birliklari bo'lib, ular quyidagilardir:

$$1\text{vatt-soat}=1\text{ Vt soat}=36,10^3\text{ J}$$

$$1\text{ gektovatt-soat}=1\text{ gVt soat}=3,6\cdot 10^5\text{ J};$$

$$1\text{ kilovatt-soat}=1\text{ kVtsoat}=3,610^6\text{ J};$$

$$1\text{ megovatt-soat}=1\text{ MVt soat}=3,6\cdot 10^9\text{ J}.$$

Zanjirning ma'lum bir qismida elektr energiyasining boshqa turdagi energiyalarga aylanish tezligini xarakterlovchi kattalikka tokning quvvati deyiladi. U vaqtda elektr tokining quvvati N tokning bajarilgan ishi A ni tokning o'tib turish vaqti t ga bo'lgan nisbati ga teng, ya'ni: $N=A/t$

Bu ifodaga asosan quvvatni quyidagicha ta'riflash mumkin:

Elektr tokining quvvati deb, vaqt birligi ichida tokning bajarilgan ishiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

Om qonunidan foydalanib, o'tkazgichdan kelayotgan elektr toki quvvatining quyidagi formulalarni yozish mumkin:

$$N=A/t=IU=I^2R=U^2/R$$

$$IVt=I^2Rt=IA^2t/Om=IV^2t/Om.$$

Elektr tokining issiqlik ta'siri. Joul-Lens qonuni.

Elektr toki o'tayotgan o'tkazgichning qizishini quyidagicha tushuntirish mumkin. O'tkazgichdan tok o'tmaganda undagi erkin elektronlar tartibsiz harakatlanadi va kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan to'qnashishi sababli energiya almashadi. Bu holda erkin elektronlar bilan kristall panjara tugunlaridagi ionlar o'rtasidagi issiqlik muvozanati yuzaga keladi. Binobarin, toksiz o'tkazgich qizimaydi.

O'tkazgichdan tok o'tayotganda esa erkin elektronlar kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan to'qnashganda ularga ko'proq energiya beradi, lekin ulardan kamroq energiya oladi. Erkin elektronlar energiyasining kamayishi

elektr maydon energiyasi hisobiga tezda tiklanadi. Natijada erkin elektronlar bilan kristall panjara tugunlaridagi ionlar o'rtasidagi issiqlik muvozanat buziladi, o'tkazgichning temperaturasi orta boradi. Binobarin, tokli o'tkazgich qiziydi.

Rus olimi E. X. Lens (1804-1865) va ingliz olimi J.N.Joul (1818-1889) bir-biridan xabarsiz tokning issiqlik ta'sirini ifodalovchi qonunni birinchi marta 1843 yilda eksperimental tekshirish natijalari asosida kashf qilishdi,

Bu qonun Joul-Lens qonuni deyilib, u quyidagicha ta'riflanadi:

O'tkazgichdan tok o'tganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori tok kuchining kvadrati bilan o'tkazgich qarshiligi va tokning o'tish vaqtining ko'paytmasiga teng.

$$Q=I^2Rt$$

Bundan ko'rinadiki, o'tkazgichdan ajralgan issiqlik miqdori tok zanjirining bir qismida bajarilgan ishiga teng.

Tokning ishi formulaga asosan turli ko'rinishga ega ekanligini nazarga olib, Joul-Lens qonunini yana quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q=I^2Rt=IU^2t/R$$

o'tkazgich qarshiligi va tokning o'tish vaqtining ko'paytmasiga teng: Issiqlik miqdori HB sistemasida joularda ifodalanadi:

$$(Q)_{\text{J}}=I^2Rt=1A^2 * Om * s = 1 * A^2 * V = 1V^2 * s / Om$$

3-§. Turli muhitlarda elektr toki

Metallarda elektr toki. Elektronlarning tartibli harakat tezligi. Qarshilikning temperaturaga bog'liqligi.

Poyezdning tortish kuchi atrof-muhitning qarshiligiga teng bo'lganda u o'zgarmas tezlik bilan harakat qilganidek, harakatchan zaryad tashuvchi zarralar yo'nalgan harakatining o'rtacha tezligi o'tkazgichdagi maydonning E kuchlanganligi doimiy bo'lganda, maydonning E kuchlanganligiga proporsional bo'ladi;

$$v = uE.$$

Qarshilikning temperaturaga bog'liqligi.

Modda qizdirilganda modda zarralarining tartibsiz hakarati intensivlashganligi uchun tok tashuvchilarning yo'nalgan harakatiga ko'rsatiladigan qarshi ta'sir ortadi.

Metall o'tkazgich qizdirilganda tok tashuvchi zarralarning harakatchanligi y kamayadi. n_0 , va e esa o'zgarmay qoladi. Demak, bu holda ortishi kerak. Tajriba keng temperatura intervalida metall solishtirma qarshiligining ortishi haroratning ortishiga to'g'ri proporsional ekanligini ko'rsatadi.

Agar 0°S haroratdagi solishtirma qarshilik ρ_0 , bilan, t haroratdagi solishtirma qarshilik esa ρ_t , bilan belgilansa, uholda $\rho_t - \rho_0 = (t - 0) \cdot \rho_0$ yoki $\rho_t - \rho_0 = \alpha t \cdot \rho_0$

Jism qizdirilganda solishtirma qarshilik o'zgarishining modda turiga bog'liqligini xarakterlovchi kattalik qarshilikning harorat koeffitsiyenti deb ataladi. Qarshilikning harorat koeffitsiyenti jism 10°C qizdirilganda uning solishtirma qarshiligi 0°C dagi qiymatining qanday qismiga ortishini ko'rsatuvchi son bilan o'lchanadi:

$$\alpha = \frac{\rho_t - \rho_0}{t \cdot \rho_0}$$

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t)$$

$$R_t = \frac{\rho_0 l}{S}(1 + \alpha t) = R_0(1 + \alpha t)$$

O'ta o'tkazuvchanlik.

1911 yilda golland fizigi X.Kamerling-Onnes o'tkazgichlarning qarshiligini juda past temperaturalarda o'lchab, keyinchalik o'ta o'tkazuvchanlik deb atalgan hodisani kuzatadi.

Ba'zi hollarda yetarlicha past haroratda modda qarshiligi sakrab nolga qadar kamayishi ma'lum boldi. Agar bunday moddadan berk zarjir (masalan,

xalqa) yasab, unda tok hosil qilinsa, u holda tok zanjirda istagancha uzoq vaqt sirkulyatsiya qilishi mumkin, chunki tok tashuvchilar o'z energiyasini o'tkazgichni qizdirish uchun sarflamaydi.

Bir necha yuzdan ortiq metall va qotishmalar o'ta o'tkazuvchanlikka ega ekanligi aniqlandi. Shunisi qiziqarliki, ba'zi metallar, jumladan Cu, Ag, Au, Pt, Li, K, Fe, Ni, Na va boshqa eng yaxshi (oddiy sharoitda) o'tkazgichlar o'ta o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega emas.

O'ta o'tkazuvchanlik past haroratlarda, kesimi katta bo'lmagan o'tkazgichlarda juda katta tok hosil qilish imkonini yaratdi.

Yarim o'tkazgichlarda elektr toki. Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi va uning temperaturaga bog'liqligi.

Moddalar bir-biridan elektr o'tkazuvchanligi yoki solishtirma qarshiliklari bilan keskin farq qiladi. Solishtirma qarshiliklari qiymati;

$$O'tkazgichlar uchun \rho_{o'f} = (10^{-8} - 10^{-5}) \text{ Om} \cdot \text{m},$$

$$Yarim o'tkazgichlar uchun \rho_{ya.o'f} = (10^{-5} - 10^4) \text{ Om} \cdot \text{m}$$

$$\text{Dietektriklar uchun } \rho_{diel} = (10^{10} - 10^{16}) \text{ Om} \cdot \text{m}.$$

Moddalarning qarshiligi ularning qanchalik sof modda ekanligiga bog'liq.

Metall o'tkazgichlarda begona aralashmaning bo'lishi, erkin elektronning konsentratsiyasiga ham ta'sir ko'rsatadi, biroq ularning harakatchanligiga kuchli ta'sir qiladi. Bunga sabab begona aralashmalar kristall panjarada defektlar vujudga keltiradi, bu esa metallarning elektr tokiga qarshiligini oshiradi. Metallarda begona aralashmalar odatda ularning qarshiligini oshiradi.

Yarim o'tkazgichlarning xususiy elektr o'tkazuvchanligi

Tarkibi faqat bir xil atomlardan tuzilgan sof yarim o'tkazgichlarga misol qilib B, S, Si, Se, Su, P, As, In, Ti va shu kabirlarni olish mumkin. Sof yarim o'tkazgichlardan misol tariqasida germaniy (Ge) kristalini qarab chiqamiz.

Germaniy to'rt valentli element bo'lganligi uchun, atomining tashqi qobig'ida yadroga zaifroq bog'langan to'rtta elektron bo'ladi. Har bir germaniy atomining eng yaqin qo'shni atomlari ham to'rtta bo'ladi. Har bir juft qo'shni atom bir-biriga kovalent bog'lanish deb ataluvchi juft elektronli bog'lanish tufayli o'zaro ta'sir ko'rsatadi.

Yarim o'tkazgichlarning aralashmali o'tkazuvchanligi

Odatda sof yarim o'tkazgichlarning xususiy elektr o'tkazuvchanligi uncha katta bo'lmaydi, lekin sof yarim o'tkazgichlarga maxsus tanlangan aralashmalar qo'shish bilan sun'iy ravishda elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan aralashmali yarim o'tkazgichlar tayyorlash mumkin.

Bunday aralashmali yarim o'tkazgichlar ko'proq elektronli yoki teshikli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi. To'rt valentli sof yarim o'tkazgichlardan germaniy (Ge) yoki kremniy (Si) atomlaridan tuzilgan kristall panjaraning ba'zi tugunlariga besh yoki uch valentli atomlarni joylashtirib elektronli yoki teshikli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichlarni hosil qilish mumkin.

Elektron kovakli o'tish. Yarim o'tkazgichli diod.

Tranzistorlar. Yarim o'tkazgichli asboblarning qo'llanishi.

Turli tipdagi ikkita yarim o'tkazgichning bir-biriga tegish joyi (kontakti) ga n-p o'tish deyiladi.

Elektron-teshikli o'tish (qisqacha n-p-o'tish) ko'pgina yarim o'tkazgich asboblari (diodlar, tranzistorlar, tiristorlar, fotoo'zgartkichlar) ning asosiy elementlaridir.

Yarim o'tkazgichli diod - bu elektron-teshikli (n-p-o'tish)ga ega bo'lgan yarim o'tkazgich kristall bo'lib, uning qarama-qarshi sohasiga zanjirga ulash uchun kontaktlar ulangan. Kristallni mexanik shikastlanishdan saqlash uchun u g'iloqqa joylanadi.

Diodning p-n-o'tish joyining qalinligi atomlar orasidagi masofadan ortiq bo'lmashligi kerak.

Shuning uchun, germaniy (Ge) sirtiga yopishtirilgan indiy (Ip) atomi germaniy monokristaliga diffuziyalanib germaniy sirti yaqinida p-tipdagi o'tkazuvchanlik sohasini hosil bo'ladi. Bunday yarim o'tkazgichli diodda germaniy (Ge) katod (K) indiy (I) esa anod (A) bo'ladi.

Vakuumdagi elektr toki. Elektron emissiya. Ikki elektrodli lamp. Elektron-molti lamp.

Vakuum tushunchasi ancha murakkab bo'lib, hozircha «vakuum» deganda modda zarrachalari bo'lmagan fazoni faraz qilamiz. Vakuum shunday tushumilganda u idealashgan bo'ladi, chunki real fazoda doim biror miqdorda modda zarrachalari bo'ladi.

Elektron emissiya

Metall atomlarining qattiq jism bo'lib birlashishida ularning o'zaro ta'siri natijasida atomning eng yuqorigi orbitasidagi valentli elektronlar «umumiylashadi» va erkin bo'lib qoladi. Shunday qilib, erkin elektronlar qattiq jismini tashkil qiluvchi atomlar to'plamiga tegishlidir.

Metalldagi erkin elektronlar soni har bir atom valentli elektronlari sonining atomlari soniga ko'paytmasiga teng.

Ikki elektrodli elektron lamp. Diod

Termoelektron emissiyani kuzatish uchun ikkita elektrod bo'lgan vakuum (bo'shliqli) lampadan foydalanish mumkin: bu elektrodlardan biri sim ko'rinishidagi qiyin eriydigan metall (volfram, molibden va boshqa metallar)dan qilingan va tok bilan qizdiriladigan elektrod katod va ikkinchisi katoddan chiqqan elektronlarni to'playdigan sovuq elektrod dioddir.

Elektron nur trubkasi

Elektron nur trubkasi ichida ma'lum tartibda elektrodleri joylashgan yuqori vakuumli balondan tashkil topgan bo'lib, uning sodda sxemasi tasvirlangan. Balonning bir uchi kengroq qilib ishlangan bo'lib, ichkarisida elektronlar zarbidan cho'g'lanuvchi moddalar bilan qoplangan ekran va boshqa uchida esa elektronlarning uchlari ulangan sokol o'rnatilgan.

Suyuqliklarda elektr toki. Elektroliz uchun Faradey qonunlari. Elektrolizning qo'llanishi.

Ionli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan eritmalar, elektrolitlar deyiladi. Elektrolitlarga kislotalar, ishqorlar va tuzlarning suvdagi va boshqa erituvchilardagi eritmaları kiradi, Undan tashqari, qizitish yo'li bilan suvutilgan tuzlar hain elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi.

1833 yilda ingliz fizigi M.Faradey (1791-1867) tajribalar asosida elektrolizning ikkita qonunini kashf qilgan bo'lib, ular Faradey qonunlari deb ataladi.

Faradeyning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

Elektroliz vaqtida elektrodlarda ajralgan moddaning massasi elektrolit orqali o'tayotgan zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional, ya'ni:

$$m=kq$$

$$k=m/q$$

Bu ifodaga asosan moddaning elektrokimyoviy ekvivalentini quyidagicha ta'riflash mumkin. Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti deb, elektrolitdan bir birlik elektr zaryadi o'tganda elektrodan ajralgan moddaning massasiga teng biror fizik kattalikka aytiladi.

$$m=kt$$

U vaqtda Faradeyning birinchi qonunini yana quyidagicha ta'riflash mumkin:

Elektroliz vaqtida elektrodlardan ajralgan moddaning massasi tokning kuchiga va uning elektrolitdan o'tish vaqtiga to'g'ri proporsional. Faradeyning ikkinchi qonuni moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti k bilan dissotsiyalanuvchi molekula tarkibidagi atomning kilogramm - atom A ning valentlik Z ga nisbati moddaning kimyoviy ekvivalenti orasidagi o'zaro bog'lanishni ifodalaydi. Faradeyning ikkinchi qonuni quyidagicha

ta'riflanadi: Moddalarning elektrokimyoviy ekvivalentlari ularning kimyoviy ekvivalentlariga proporsional, ya'ni:

$$k = \frac{c \cdot A}{Z}$$
$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z}$$

Bundagi F kattalikga Faradey soni deyiladi. Faradey soni deb, elektrodlarda bir kilogramm ekvivalent modda ajratish uchun elektrolitdan o'tgan zaryadga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikga aytiladi. Jahondagi eng yaxshi laboratoriyalarda o'tkazilgan ko'pgina o'lchashlar natijasida Faradey soni uchun quyidagi qiymat topilgan:

$$F = 9,648456 \cdot 10^7 \text{ KJ/kmol}$$

Faradeyning ikkala qonunlarini birlashtirsak, elektroliz vaqtida elektrodlarda ajralib chiquvchi moddaning miqdorini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$M = \frac{1}{F} \cdot \frac{1}{E}$$

Bu formula Faradey birlashgan qonunining matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha tavsiflanadi:

Elektroliz vaqtida elektrodlarda ajralgan moddaning massasi kimyoviy ekvivalentiga, tokning kuchi va o'tish vaqtiga to'g'ri proporsional.

Faradey soni elementar zaryad-elektron zaryadi e ning Avogadro soni N_A ga ko'paytmasiga teng ya'ni:

$$F = eN_A$$

Elektron zaryadining shu usul bilan topilgan qiymati zamonaviy tajriba usuli bilan topilgan qiymatiga to'g'ri keladi.

Elektronlarning texnikada qo'llanilishi

1. Galvanostegiya elektroliz yordamida metall buyumlarini boshqa metallning yupqa qatlami bilan qoplash galvanostegiya deb ataladi. Masalan, bityumlarini zanglashdan saqlash yoki ularning mustahkamligini oshirish va ularga sayqal berish maqsadida ularni nikellash, oltin yo kumush suvlarini yuritish, xromlash va shunga o'xshashlar galvanostegiya yo'li bilan amalga oshiriladi.

2. Galvanoplastika buyumlarining shaklini qaytadan tiklash va uning sirtida bir necha millimetr qalinlikdagi metall qatlamlarini hosil qilish galvanoplastika deyiladi.

Metallarni rafinlash. Elektroliz yog'i bilan kimyoviy jihatdan toza metallarni olish metallarni rafinlash deb ataladi. Elektrotexnikada ko'p hollarda sof mis ishlatishga to'g'ri keladi. Buning uchun tozalanmagan mis quyidagicha rafinlanadi: massasi 150 dan 200 kg gacha bo'lgan tozalanmagan mis anod sifatida olinadi, elektrolit sifatida esa mis kuprosining sulfat kislotasidagi eritmasi olinadi. Sirti birozgina moylangan yoki mumlangan

yupqa mis plastinkalari katod sifatida olinadi. So'ngra elektrotidan 1-250 A/m^2 dan oshmaydigan o'zgarimas tok o'tkaziladi. Sof mis katodda to'planib, anod esa eriydi, boshqa modda eritmalar esa g'ovak cho'kma hosil qilib, asta-sekin vannaning tubiga cho'kadi.

Gazlarda elektr toki. Plazma haqida tushuncha.

Normal sharoitda barcha gazlar neytral atom va molekular dan tashkil topganligi uchun, ularni yaxshi izolyator deb hisoblash mumkin. Biroq issiqlik yoki rentgen nurlari, radiaktiv nurlar ta'sirida gazning atom yoki molekulari ionlashadi, ya'ni atom musbat zaryadli ion va elektronga ajraladi. Gazda elektronlarning atomlarga qo'shilishidan manfiy ionlar hosil bo'ladi. Bunday ionlashgan gaz xuddi o'tkazgichlar singari elektr tokini yaxshi o'tkazadi, ion orqali elektr tokining o'tish jarayoniga gaz zaryadi deyiladi.

Gazlarda ionlarning hosil bo'lish protsessiga ionizatsiya deyilib, ionizatsiyani yuzaga keltiruvchi tashqi ta'siriga esa ionizator deb ataladi.

Agar ionizator ta'siri to'xtatilsa, elektron va musbat ion bir-biriga yaqinlashganda o'zaro qo'shilib yangidan neytral atom hosil bo'ladi.

Elektron va musbat ionlarning qo'shilib neytral atomning hosil bo'lish protsessiga rekombinatsiya deyiladi.

Nomustaqil va mustaqil gaz razryadlar.

Gazda faqat tashqi ionizatorning ta'siri ostida sodir bo'ladigan razryadga nomustaqil gaz razryadi deyiladi. Bu razryadni yana sokin razryad ham deyiladi. Gaz razryadi volt-ampere xarakteristikasini A qismlarida nomustaqil gaz razryadi kuzatiladi.

Gazda tashqi ionizator sodir bo'ladigan razryadga mustaqil gaz razryadi deyiladi. Mustaqil gaz razryadi volt-ampere xarakteristikaning oabs qismida nomustaqil gaz razryadi kuzatiladi. Lekin elektion zarbi ta'sirida ionlashishning bir o'zi mustaqil razryadning yuz berib turishini ta'minlay olmaydi. Shuning uchun mustaqil gaz razryadidagi ionlarai ta'minlovchi asosiy protsesslarni qarab chiqaylik:

1. Zardan ionlashish. Elektronlarning zarb bilan to'qnashishdagi kinetik energiyasi W_k maydonning kuchlanganligi e ga va erkin yo'lining uzunligi F ga proporsionaldir:

$$W_k = eF$$

Bunda e elektronning zaryadi.

Agar bu energiya gaz molekularining ionlashish ishi A_1 dan katta bo'lsa, ya'ni:

$$W_k = A_1$$

shart bajarilsa, zardan ionlashish jarayoni sodir bo'ladi va yuqorida bayon qilingan elektronlar ko'chkisi (quyuni) hosil bo'ladi

2. Ikkilamchi elektron emissiya. Maydon ta'sirida katta kinetik energiyaga erishgan musbat ionlar katoddan ikkilamchi elektronlarni urib chiqaradi. Katoddan bunday elektronning chiqish hodisasiga ikkilamchi elektron emissiya deyiladi.

3. Avtoelektron emissiya. Nihoyatda kuchli elektr maydon (10^8 V/m) ta'sirida katoddan elektronlarni yulib (tortib) olish mumkin. Kuchli maydon ta'sirida katoddan elektronlarning chiqishiga avtoelektron emissiya deyiladi.

4. Avtoionlashish. Zarbli urilishdan hosil bo'lgan ion uyg'otilgan holatda bo'lib, u asosiy holatga o'tayotgan qisqa to'lqin uzunlikda nur chiqaradi. Bu yorug'lik kvantining energiyasi yetarli bo'lganda avtoionlashish sodir bo'ladi.

5. Termoelektron emissiya. Yuqori temperaturali katodda elektronlar uchib chiqishi termoelektron emissiya tufayli juda ko'p elektronlar vujudga keladi.

Mustaqil gaz razryad turlari.

Gazlarning xossasi va holatlariga, elektrodning matematik shakli, o'lchamlari va o'zaro joylashishiga, shuningdek elektrodlanga berilgan kuchlanish kattaligiga qarab gazlarda mustaqil zaryadning har xil turlarini kuzatish mumkin. Masalan, toj razryad, uchqun razryad, yoy razryad (elektr yoyi), multilama razryad.

1. Toj razryad atmosfera bosimida bir jinsli bo'lmagan kuchli elektr maydoni mavjud bo'lgan hollarda havoda kuzatiladi. Masalan, toj razryad qorong'i tunda yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyasi atrofida yoki qorong'i qilingan auditoriyada yuqori kuchlanishli tok manbaiga ulangan simlar atrofida xuddi quyosh tojiga o'xshash nurlanish kuzatiladi.

Toj razryad simlar atrofida emas, balki uchlik o'tkazgich atrofida, kema machtalarining, daraxtning uchlari da ham kuzatiladi.

Toj razryadning hosil bo'lish mexanizmini quyidagicha tasavvur qilish mumkin.

Yuqori kuchlanishli sim atrofida tasodifan hosil bo'lgan musbat ionlar manfiy sim tomonga harakatlanadi va undan elektronlarni urib chiqaradi, ular o'z navbatida gaz molekularini ionlashtiradi. Bu protsessda nurlanish kuzatiladi.

2. Uchqun razryad. Atmosfera bosimida, elektrodlar orasidagi elektr maydonning kuchlaniligi juda katta ($e=3000$ kV/m) bo'lganda zarbdan ionlashishi natijasida qisqa vaqtli razryad - uchqun vujudga keladi.

Uchqunli razryad ravshan nurlanuvchi egri-bugri tarmoqlangan kanal ko'rinishida bo'lib, u orqali kuchi katta bo'lgan qisqa muddatli tok impulsi o'tadi. Chaqmoq (yashin) bunga misol bo'ladi: chaqmoq (yashin) ning uzunligi 10 km gacha, kattaligi diametri 40 sm gacha borishi, tok kuchi esa 10 kA gacha yetishi mumkin, impulsning davomiyligi 10-4 s ga teng. Har qaysi

chaqmoq bitta kanalidan ketma-ket keladigan bir necha impulsdan iborat bo'ladi. Uchqun kanalidagi gazning temperaturasi juda yuqori 10000 K gacha yetadi. Gazning tezda kuchli qizishi bosimning keskin ortishiga va tovush to'lqinlarini paydo bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun ham, chaqmoq chaqquadan keyin momoqaldiroqning gumbirlashi eshitiladi.

3. Yoy razryadi (elektr yoyi). Torli gazlarda bosimi atmosfera bosimining o'zgarishidan tortib to bir necha ming atmosferagacha bo'lgan bosimda ro'y beradi. Gaz razryadlari ichida amaliy jihatdan juda muhim ahamiyatga ega bo'lgani elektr yoyidir.

Elektr yoyini hosil qilish uchun ikkita ko'mir sterjen olib, ularga 40-50 V kuchlanish beriladi va avval ularning uchlari bir-biriga tekkiziladi. Bunda ikkala sterjenning uchlari orasida birdaniga ko'zni qamashtirarli darajada ravshan nurlanish ro'y beradi. So'ngra elektrodni bir-biridan biroz uzoqlashtirilsa, ular orasida yoy shaklida kuchli yorug'lik beruvchi elektr yoyi deb ataluvchi mustaqil gaz razryadi hosil bo'ladi.

4. Multilama razryad. Siyraklangan gazlarda, ya'ni past bosim simob ustini millimetrning o'ndan bir, yuzdan bir ulushlarida hosil bo'ladi. Multilama razryadni hosil qilish uchun ikki tomonga elektrodlar kavsharlangan va havosi so'rib olish uchun nasosga ulangan shisha naycha olib, elektrodni kuchlanishi bir necha yuz voltli manbaga ulaymiz.

Naydagi havoning nurlanish xarakteri uning siyraklashish darajasiga bog'liq bo'ladi. Dastlab, elektrodlar orasida binafsha rangli sharsimon gaz razryadi hosil bo'ladi, so'ngra nay ichidagi barcha havo qizg'ish rangda yorug'lik chiqaradi.

Shunday multilama razryad musbat ionlar katoddan urib chiqargan elektronlarning gaz molekularini zarb bilan ionlashishi tufayli hosil bo'ladi. Naydagi gaz o'zgartirilganda nurlanishning rangi ham o'zgarar ekan. Masalan, argon ko'k rang, neon qizil rang, geliy esa sariq rangli nurlanishni beradi.

Plazma haqida tushuncha.

Absolyut nolga yaqin bo'lgan juda past temperaturalarda hamma moddalar qattiq holatda bo'ladi. Isitilganda modda qattiq holatdan suyuq holatga, undan keyin esa gaz holatiga ham o'tadi.

O'ta yuqori temperatura ($T=10000$ K) da gaz molekularining to'qnashuvi tufayli ionlashish sodir bo'ladi.

Modda plazma deb ataluvchi yangi holatga o'tadi.

Plazma deb, elektrik jihatdan butunlayicha neytral, qisman yoki to'liq ionlashgan moddaning holatiga aytiladi.

Plazmaning o'ziga xos xossalardan biri, uni moddaning maxsus to'rtinchi holati deb hisoblashga imkon beradi:

Temperaturasi taxminan 20000- 10000 K bo'lgan har qanday modda to'la ionlashgan plazmadan iborat bo'ladi. O'ta ionlashgan plazma tabiatda eng ko'p tarqalgan moddaning holatidir. Olamning barcha moddalari o'zida mujassamlashirgan quyosh va boshqa yulduzlardagi yuqori temperaturali plazmaning gigant to'plamidan iboratdir.

Yuqori temperaturali to'liq ionlashgan plazmaning elektr o'tkazuvchanligi o'ta o'tkazuvchanlikka yaqindir. Har qanday gaz razryadi qisman ionlashgan plazmadan iboratdir.

4-§. Magnit maydon.

Tokning magnit maydoni. Turli o'tkazgichlarning o'zaro ta'siri. magnit induksiya. Magnit oqimi.

1820 yilda Daniya fizigi Gans Xristian Ersted (1777 - 1851) tajriba asosida magnit strelkasining ustiga parallel joylashtirilgan o'tkazgich tok o'tganda magnit strelkasining dastlabki vaziyatdan og'ishi va o'tkazgichga perpendikulyar joylashganligi aniqlandi. Agar o'tkazgichdan tokning o'tishi to'xtatilsa, magnit strelkasi yana dastlabki vaziyatga qaytadi.

Ersted tajribasi olimlarni elektr toki o'tib turgan o'tkazgich atrofidagi magnit maydon hosil bo'ladi degan xulosaga olib keldi. Xuddi shu maydon magnit strelkasiga ta'sir etib uni og'diradi.

Shunday qilib, qo'zg'almas elektr zaryadlari atrofidagi fazoda elektr maydon, harakatlanuvchi zaryadlar, ya'ni elektr toki atrofidagi, faqat magnit maydoni hosil bo'lar ekan.

O'tkazgich atrofidagi faqat undan tok o'tgan paytdagina magnit maydonning hosil bo'lishi magnit maydonning manbai tokdan iborat ekanligini tasdiqlaydi.

Shunday qilib Ersted kashfiyoti fizika fanining rivojlanishida katta turtkildan biri bo'lib, u elektromagnetizm sohasidagi muhim kashfiyotlarni ochilishiga sabab bo'ldi

Parallel toklarning o'zaro ta'siri

Parallel toklarning o'zaro ta'sirini birinchi marta 1820 yili fransuz olimi Andre Amper (1775 - 1836) tajriba asosida aniqlagan.

Agar ikki parallel uzun o'tkazgichlardan o'tuvchi toklarning yo'nalishlari bir xil bo'lsa, bu tokli o'tkazgichlar o'zaro tortiladi. Aksincha, o'tkazgichdagi toklarning yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lsa, bu tokli o'tkazgichlar o'zaro itarishiladi. Toklarning o'zaro ta'siriga sabab, toklarning har biri oy atrofidagi fazoda magnit maydon hosil qiladi va bu maydon ikkinchi tokli o'tkazgichga ta'sir ko'rsatadi.

$$F = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{r_0} l$$

Bu yerda μ - muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi, HB birliklar sistemasini tanlanishiga bog'liq bo'lgan magnit maydon doimiysi bo'lib, uning qyymati quyidagiga teng:

$$\mu = 4 \cdot 10^{-7} \text{N/A (yoki Gn/m)} = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{Gn/m (yoki Vs/mA)}$$

Parallel toklarning o'zaro ta'sir kuchi ifodasi asosida tok kuchining HB sistemasidagi bir birligi amper (A) quyidagicha ta'riflanadi:

1 amper (A) deb, vakumda bir-biridan l m masofada joylashgan cheksiz uzun va o'ta ingichka ikkita parallel tokli o'tkazgichning har bir metr

uzunligida $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ o'zaro ta'sir kuchi hosil qiladigan o'zgarmas tok kuchiga aytiladi.

Elektromagnetizm.

Biz elektr zaryadlarning o'zaro ta'sirini ko'rib chiqdik. Endi tok o'tkazgichlarning o'zaro ta'sirini ko'rib chiqamiz.

Metall simdan yasalgan ikkita bir xil g'altak olamiz va ularni shunday osib qo'yamizki, bunda g'altaklarni zanjirga ulash mumkin bo'lsin, ularning o'qlari esa bir to'g'ri chiziqda joylashsin.

G'altaklar orqali bir xil yo'nalishda tok o'tkazib, ularning bir-biriga tortilishini koramiz. Agar g'altaklarda qarama-qarshi yo'nalishdagi toklar hosil qilinsa, ular bir-biridan itariladi. Parallel joylashgan to'g'ri chiziqli o'tkazgichlar orasida ham shunday o'zaro ta'sir yuz beradi.

Shunday qilib, bir xil yo'nalishdagi toklar tortishadi, qarama-qarshi yo'nalishdagi toklar esa bir-biridan itariladi. Demak, tokli o'tkazgichlar biri-biri bilan biror masofada joylashganda ular orasida o'zaro ta'sir yuz beradi.

Bu ta'siri ular orasida elektr maydon bo'lishi bilan tushuntirish mumkin emas, chunki o'tkazgichlar orqali tok o'tganda ular amalda neytral bo'lib qoladi.

Bu shuni bildiradiki, har qanday tokli o'tkazgich atrofida elektr maydondan farq qiluvchi tinch turgan zaryadlarga ta'sir qilmaydigan qandaydir boshqa maydon mavjud bo'lishi kerak. Bu fikr tajribalarda tasdiqlangan.

Tokli konturning magnit momenti.

Bir jinsli maydonga joylashtirilgan I tokli konturga ta'sir qiluvchi M aylantiruvchi moment tok oqayotgan konturning S sirtiga, I tok kuchiga va magnit maydon B ga to'g'ri proporsional ekanligini isbot qilish mumkin.

Bundan tashqari aylantiruvchi moment konturning maydonga nisbatan tutgan vaziyatiga bog'liq bo'ladi.

Kontur sirti magnit induksiya chiziqlariga parallel bo'lganda M maksimal aylantiruvchi moment hosil bo'ladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$M_{\text{maks}} = BIS$$

Agar $IS \sim P_{\text{mag}}$ deb belgilasak u holda

$$M_{\text{maks}} = BP_{\text{mag}}$$

Tokli konturning uning tashqi magnit maydondagi tabiatini aniqlovchi magnit xossalarni xarakterlaydigan R_{mag} kattalik shu konturning magnit momenti deb ataladi.

Konturning magnit momenti undagi tok kuchining tok oqayotgan kontur sirtiga ko'paytmasi bilan o'lchanadi:

$$P_{\text{mag}} = IS$$

Magnit momenti yo'nalishi o'ng parma qoidasi asosida aniqlanuvchi vektordir: agar parma konturdagi tokning yo'nalishi, bo'ylab buralsa, uning ilgari lanma harakati P_{mag} vektorining yo'nalishini korsatadi. M aylantiruvchi momentning kontur induksiyasiga bog'liqligi

$$M = BP_{\text{mag}} \sin \alpha$$

formula orqali ifodalanadi, bu yerda $\sin \alpha$ - P_{mag} va B vektorlar orasidagi burchakni ifodalaydi. Rasmdan ko'rinib turibdiki B va P_{mag} vektorlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalganligini kontur magnit maydonga muvozanatda bolishi mumkin.

Magnit induksiya.

Magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuchlarni aniqlash masalasi birinchi bo'lib fransuz olimi Amper 1820 yilda hal qilgan. Magnit maydonni tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuchini quyidagi qurilma yordamida kuzatish mumkin: tasvirlangandek, doimiy magnitning N va S qutblari orasidagi bir jinsli magnit maydoni ($B = \text{const}$) ga joylashtirilgan A va S sterjenlarning ustiga erkin dumalay oladigan D sterjen joylashtiriladi. A va S sterjenlar K komutator orqali akkumulyatorlar batareyasi B ga ulanadi. Kommutator A , S va D o'tkazgichlardan tashkil topgan elektr zanjirga tokni ulash va uzish bilan ulardagi tokning yo'nalishini ham o'zgartiradi.

Kommutator (K) orqali zanjirga ulansa, D sterjenga kuch ta'sir qiladi va u A va S sterjenlar ustida dumalay boshlaydi. D sterjenga ta'sir qiluvchi, amper kuchi deb ataluvchi bu $Q \cdot A$ kuchni prujina yordamida muvozanatga keltirish usuli yoki boshqa biror mexanik usuli bilan osongina o'lchash mumkin.

Amper tajriba natijalari asosida bu kuchni hisoblashga imkon beradigan qonunni quyidagicha ta'rifladi: Bir jinsli magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch o'tkazgichdan o'tayotgan tokning kuchini I , o'tkazgichning uzunligi L , magnit maydonning induksiya bilan o'tkazgich bilan magnit induksiya chiziqlari orasidagi burchak sinusiga ko'paytmasiga teng, ya'ni:

$$F_A = I L \sin \alpha$$

Amper kuchi o'tkazgich va magnit maydon induksiya vektori yotgan tekislikka perpendikulyar yo'nalgan bo'lib, uning yo'nalishi quyidagi chap qo'l qoidasi bilan aniqlanadi.

Agar chap qo'lning kaftiga magnit induksiya vektorining o'tkazgich uzunligiga perpendikulyar tashkil etuvchisi tushayotganda; to'rt barmoq tokning yo'nalishi bilan mos tushsa, 90° ga kerilgan bosh barmoq o'tkazgichga ta'sir qiluvchi F_A Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.

Faraz qilaylik $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\sin \alpha = 1$ bo'lsin, ya'ni tokli o'tkazgich magnit maydon induksiya chiziqlariga perpendikulyar joylashgan bo'lsin. U vaqtida magnit maydon induksiyasi quyidagiga teng bo'ladi

$$B = \frac{F_A}{IL}$$

Bu ifodaga binoan magnit maydon induksiyasini yana quyidagicha ta'riflash mumkin: Magnit maydonning induksiyasi deb, o'tkazgichdan bir birlik tok kuchi o'tayotganda magnit maydon kuchi chiziqlariga perpendikulyar joylashgan o'tkazgichning uzunlik birligiga ta'sir qilayotgan kuchga miqdor jihatdan teng bolgan fizik kattalikka aytiladi. Magnit maydon induksiya vektoridan tashqari kuchlanganlik vektori bilan xarakterlanadi. Bu ikki kattalik o'zaro quyidagi munosabat bilan bog'langandir:

$$\vec{B} = \mu_0 \mu H$$

Amper kuchi texnikada katta qo'llanishga ega. Masalan, elektr dvigatellarning ishlash prinsipi Amper kuchiga asoslangandir

Amper kuchi. Lorens kuchi. Elektr o'lchov asboblarning ishlash prinsipi.

Gollandiyalik olim G.A.Lorens Amper kuchining mavjudligini magnit maydonning tokli o'tkazgichda harakat qilayotgan zaryadga ta'siri bilan tushuntirdi. Bu zaryadlar o'tkazgich ichidan chiqib keta olmaganligidan ularga ta'sir qilayotgan umumiy kuch o'tkazgichga ta'sir etadi. Shunday qilib F_A amper kuchi tokli o'tkazgichda erkin zaryadlarga ta'sir etayotgan kuchlar yig'indisidan iboratdir. Bunday faraz magnit maydonda harakatlanayotgan bitta zaryadga ta'sir etuvchi F_L kuchini Lorens kuchi deb atash qabul qilingan.

$$F_L = F_A / N$$

Bu yerda N -tokli o'tkazgichdagi erkin zaryadlarning umumiy soni. Metalda bunday zaryadlar har birining zaryadi e ga teng bo'lgan elektronlardan iboratdir. $F_A = BIL \sin \alpha$ va $l = n_0 eS$ bo'lgani uchun

$$F_L = \frac{BIL}{N} \sin \alpha = \frac{B n_0 e S L}{N} \sin \alpha = \frac{B n_0 e V}{N} \sin \alpha$$

$n_0 = N$ ekanligini nazarda tutib, Lorens kuchini hisoblash uchun formula olamiz:

$$F_L = B L \sin \alpha$$

Bu yerda α - B va v vektorlar orasidagi burchak.

Massasi m va tezligi u bo'lgan q zaryad B induksiya magnit maydonga shunday uchib kirsinki, bunda u tezlik vektori B vektorga perpendikulyar bo'lsin, u holda $F_L = F_{m.n}$

$$qB u = \frac{m u^2}{r}$$

bo'ladi. Ushbu holda zaryad

$$r = \frac{m}{qB} u$$

radiusli aylana boylab harakat qiladi.

Ampermetr va voltmetrning ishlash tamoyili.

Elektr o'lchov asboblarning magnitoelekt va elektromagnit tiplarida tokning magnit ta'siridan foydalaniladi.

Magnitoelekt asboda qo'zg'almas doimiy magnit va tok oqqanda Amper kuchi ta'sirida aylanuvchi harakatchan ramka bo'ladi. Ramka o'qidagi spiral ramkaning aylanishiga qarshilik ko'rsatadi. Ramkadan oquvchi tok qancha katta bo'lsa, u shuncha katta burchakka buriladi. Ramka uchi shkala bo'ylab ko'chadigan strelka bilan ulangan. Magnitoelekt asboblarda katta friqligi va yuqori sezgirligi bilan xarakterlanadi, lekin ular faqat o'zgarmas tokni o'lchash uchunгина yaroqlidir.

Elektromagnit asboda qo'zg'almas K g'altak va g'altak orqali tok o'tganida uning ichiga tortiladigan, yumshoq po'latdan yasalgan A qo'zg'aluvchan o'zak bo'ladi. O'zak g'altak ichiga tortilganda u bilan birlashtirilgan strelkaning uchi shkala bo'ylab siljiydi. Asbob zanjiriga ulanganda yuz beradigan strelka tebranishi dempfer deb ataluvchi D havoni tonusi yordamida tinchlantiriladi. Bu asbobning aniqligi va sezgirligi magnitoelekt asbobnikiga qaraganda kamroq, lekin u ham o'zgarmas tokli ham, o'zgaruvchan tokli zanjirlarda qo'llanilishi mumkin va o'tayuklanishlarga bardosh beradi

Har qanday o'lchov asbobi zanjiriga ulanganda elektr zanjirining ish rejimini sezilarli darajada o'zgartirish kerak.

Masalan, ampermetrning ulanishi, xuddi voltmetrni ulashdagidek zanjirda tok kuchini o'zgartirib yubormasligi kerak.

Moddalar magnit xossalari. Ferramagnitlar.

Asboblarning magnit usulida yozish.

Tabiatdagi barcha moddalar beistisno u yoki bu darajada magnit xossalari egadir. Shuning uchun ham, magnit maydonga joylashtirilganda holatini o'zgartirmaydigan moddalar mavjud emasdir.

Aksincha, magnit maydoniga joylashtirilgan moddalarning o'zi shunday maydon manbai bo'lib qoladi. Shu ma'noda barcha moddalarning magnetiklar deb atash qabul qilingan.

Hozirgi vaqtda ixtiyoriy moddani tashkil qilgan elementar zarrachalar elektronlar, protonlar, neytronlar, atom va molekularning magnit xossaga ega ekanligini aniqlagan.

Bunda yadro zarrachalari: proton, neytronlarning magnit xossalari elektronnikidan 1000 marta kichik bo'lganligi uchun har qanday moddaning magnit xossasi atomdagi elektronlarning magnit xossalari bilan xarakterlanadi.

Elektronning qator xossalardan biri - elektronning atrofida elektromagnit maydonning mavjudligidir. Bu maydonning elektr tashkil etuvchi elektr zaryadi $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl bilan, magnit tashkil etuvchisi esa alohida kattalik spin (yoki P_{msptn} - spin magnit momenti) bilan xarakterlanadi.

Ikkinchi tomondan, elektronning yadro atrofidagi orbital harakatlanishidan hosil bo'ladigan magnit maydonni xarakterlash uchun elektronning orbital magnit momenti tushunchasi kiritiladi.

Elektronning orbital magnit momenti R morb orbital tok harakatini (bunda e elektron zaryadining aylanish chastotasi), orbitani $S=r^2$ yuzasi (bunda r - orbitaning radiusi)ga ko'paytmasiga tengdir:

$$P_{morb} = I_{orb} S = e v r^2$$

Orbital magnit momenti P_m ning yo'nalishi parma qoidasi bilan aniqlanadi.

Magnetiklarning magnitlanganlik darajasini xarakterlash uchun magnitlanish vektori tushunchasi kiritiladi.

Magnetiklarning magnitlanish vektori deb, uning hajm birligiga mos kelgan atomlarning natijalovchi magnit momentiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$\vec{I} = \frac{1}{V} \sum \vec{P} m_i$$

bunda N magnetikning v hajmidagi atomlar soni.

HB sistemasidagi magnitlanish vektorining o'lchov birligi

$$|I| = P_m 1/V = Am^2 / m^3 = A / m$$

Tashqi magnit maydonga kiritilgan magnetikdagi magnit maydonning induksiya vektori \vec{B} vakuumdagi magnit maydonning induksiya \vec{B} bilan magnetikning magnitlanishi natijasida hosil bo'lgan ichki magnit maydonning induksiya vektori yig'indisiga tengdir:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_{ich}$$

Oxirgi formuladan quyidagi munosabatni hosil qilamiz:

$$\frac{\vec{B}}{B_0} = 1 + \frac{\vec{B}_{ich}}{B_0}$$

bundagi B/B_0 nisbatni birliksiz kattalik bilan belgilaymiz:

Bu m kattalikka magnetiklarning nisbiy magnit singdiruvchanligi bolib, u quyidagicha ta'riflanadi

Magnetikning nisbiy magnit singdiruvchanligi deb, undagi magnit maydonning induksiya vakuumdagidan necha marta farq qilishini ko'rsatuvchi kattalikka aytiladi.

Masalan, vakuum va havo $m=1$, chunki bu muhitdagi ichki magnit maydon induksiya nolga teng, ya'ni $B_{ich}=0$.

Elektro magnit induksiya hodisasi. Induksiya E.YU.K.

Induksiyaviy elektr maydon. Lens qoidasi.

Elektromagnit induksiya qonunini miqdor jihatdan xarakterlash uchun magnit induksiya oqimi deb ataluvchi fizik kattalikni qarab chiqaylik.

Ma'lum sirtidan o'tayotgan magnit induksiya oqimi, shu sirtidan tik ravishda kesib o'tuvchi magnit induksiya chiziqlari soni bilan aniqlanadigan kattalidir.

Faraz qilaylik, bir jinsli ($= \text{const}$) magnit maydonda yuzi S ga teng bo'lgan sirt joylashgan bo'lib, sirtga o'tkazilgan normal magnit induksiya vektori bilan α burchak hosil qilgan bo'lsin.

$$F = VS \cos \alpha$$

$$F = VnS$$

Faradeyning elektromagnit induksiya qonuni.

Ingiliz fizigi M.Faradey tajribalar asosida magnit maydoni yordamida elektr tokini hosil qilish mumkin ekanligini aniqladi. Bu tokni Faradey induksion tok deb atadi.

Faradeyning induksion tok hosil bo'lish shartlarini aniqlashga doir tajribalarini qarab chiqaylik

1. Agar doimiy magnit berk g'altak ichiga kiritilsa yoki undan chiqarilsa, konturda induksion tok hosil bo'ladi: doimiy g'altakka yaqinlashishda galvanometrning strekasi bir tomonga, magnit g'altakdan uzoqlashganda esa qarama-qarshi tomonga og'adi, binobarin, induksion tokning yo'nalishi o'zgaradi.

Magnit qanday kuchli, uning harakati qancha tez va g'altak o'ramlari qancha ko'p bo'lsa, induksion tokning kuchi shuncha katta bo'ladi. Agar doimiy magnit g'altak yaqinida yoki hatto g'altak ichida joylashtirilgan magnit atrofida magnit maydon va g'altak o'ramlarining ko'p bo'lishiga qaramay, u qo'zg'almasa induksion tok hosil bolmaydi.

2. Tinch turgan magnit uchlari galvanometr ulangan g'altak yaqinlashtirilisa, yoki undan uzoqlashtirilisa, g'altakda induksion tok hosil bo'ladi. Bu holda ham xuddi birinchi holdagidek g'altakni kesib o'tuvchi magnit induksiya chiziqlarining o'zgarishi induksion tokning hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.

3. Agar ikki g'altakni yonma-yon qo'yib, ikkinchi g'altak uchlari galvanometr ulab, birinchi g'altak reostat orqali elementlar batareyasiga ulangan bo'lsin. Birinchi g'altakdagi tokning kuchi reostat bilan o'zgartirilisa, ikkinchi g'altakda tok hosil bo'lgan. Birinchi tokning kuchi ortganda ham kamayganda ham ikkinchi g'altakda induksion tok hosil bo'ladi, biroq uning yo'nalishi o'zgaradi.

4. Agar g'altaklar ichiga temir o'zak o'rnatilsa, induksion tokning hosil bo'lish effekti kuchayadi. Birinchi g'altakdagi tok ta'sirida o'zak magnitlanadi va birinchi g'altakdagi tok kuchining har qanday o'zgarishi ikkinchi g'altakdan o'tayotgan magnit oqimini keskin o'zgartiradi. Natijada ikkinchi g'altakda kuchliroq tok induksiyalanadi.

5. Agar tasvirlangan birinchi zanjirdagi tokni ulash va uzish paytida ikkinchi berk zanjirda induksion tok hosil bo'lib, uning yo'nalishi esa K kalitni ulaganda va uzganda o'zgaradi.

Kalitni ulagan paytda hosil bolgan magnit oqimi bir onda noldan biror qiymatgacha ko'tariladi, aksincha kalit uzilganda esa magnit oqimi nolgacha kamayadi. Bu o'zgaruvchan magnit oqimlari ikkinchi zanjirda induksion tokni hosil qiladi.

Shunga o'xshash tajribalar natijalari asosida Faradey elektomagnit induksiya qonunini kashf qildi. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi:

Yopiq konturda hosil bo'lgan induksion EYuK shu kontur bilan chegaralangan yuza orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligiga proporsional, ya'ni:

$$\xi_{\text{ind}} = \kappa \frac{\Delta F}{\Delta t}$$

Induksion tokning yo'nalishi. Lens qoidasi.

G'altakka o'ralgan simda hosil bo'lgan induksion tokning yo'nalishi galvanometr strelkasining og'ishiga qarab aniqlash mumkin.

Buning uchun g'altakka o'ralgan simning uchlariidan biri galvanometr klemmasidan ajratiladi va zanjirning uzilgan joyiga qo'shimcha qarshilik orqali galvanik element ulatiladi. G'altakka o'ralgan simdagi tokning yonalishi va galvanometr strelkasining bunga mos kelgan og'ishi elementning qutblariga qarab aniqlanadi.

Elementni olib qo'yib, Faradeyning birinchi tajribasi takrorlanadi va har gal zanjirdagi tokning yo'nalishi aniqlanib, g'altakda hosil bo'lgan

magnit maydonning qutblari esa parma qoidasiga binoan aniqlanadi. Rasmda tajribaning, turli variantlari tasvirlangan. Magnit qutblari g'altakka yaqinlashturganda g'altakning magnitga yaqin uchida shu qutb bilan bir xil qutb hosil bo'ladi.

Magnitning qutbini g'altakdan uzoqlashtirganda esa g'altakning qutbga yaqin uchida qarama-qarshi ishorali qutb hosil bo'ladi. G'altakda bunday magnit qutbining hosil bo'lishi induksion tokning magnit maydoni doimiy magnitning harakatiga qarshilik qilishini ko'rsatadi.

Bu tajribalarni 1834 yilda Peterburg akademigi Emil Xristianovich Lens o'tkazdi. Tajriba natijalarini umumlashtirib, u induksion tokning yo'nalishini aniqlash qoidasini topdi. Bu qonun uning sharafiga Lens qoidasi deb atalib, u quyidagicha ta'riflanadi:

Yopiq konturda induksion tok shunday yo'nalishda hosil bo'ladi-ki, u o'zining magnit maydoni bilan uni hosil qiluvchi magnit maydonning o'zgarishiga qarshilik ko'rsatadi.

Lens qoidasiga ko'ra, induksion EYuK uni yuzaga keltiruvchi magnit oqimining o'zgarishiga teskari ta'sir qiladi.

Induksion EYuKning formulasini bu shartga muvofiqlashtirish uchun, uning o'ng tomonidagi ifodaning teskari ishorasini olish kerak. U vaqtda bitta o'lchov birliklar sistemasida $k=1$ bo'lgani uchun Lens qoidasiga binoan formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\xi = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

O'zinduksiya va o'zaroinduksiya. Induktivlik Transformatorlar. Magnit maydon energiyasi.

O'zgarmas tokli zanjirning xususiy magnit maydoni zanjir ulanganda va uzilganda, shuningdek unda tok kuchi o'zgariganda o'zgarishini eslaymiz. Bu ko'rsatilgan momentlarda bunday zanjirda induksiya EYuK hosil bo'lishi kerakligini bildiradi. Zanjirda oqayotgan tok magnit maydonining o'zgarishi natijasida shu zanjirning o'zida induksiya EYuK ning hosil bo'lishi o'zinduksiya hodisasi deb ataladi, hosil bo'lgan elektr yurituvchi kuch esa o'zinduksiya EYuK deyiladi.

Ko'rsatilganidek elektr energiya manbai (B) va unga ketma-ket ulangan K kalit, M lampochka va o'zagi ferromagnetikdan yasalgan S g'altakdan tuzilgan ochiq zanjir mavjud bo'lsin. Zanjir ulanganda lampochka bir oz kechikib yonadi. Bu hol g'altakda sezilarli o'zinduksiya EYuK hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Lens qonuniga binoan bu o'zinduksiya EYuK zanjirda tokning tez o'sishiga qarshilik ko'rsatadi. (10-zanjirdagi doimiy kuchi).

O'zinduksiya EYuK ning qarshiligini yengishga sarflangan manba energiyasi bu zanjir magnit maydonida, asosan S o'zakli g'altak ichida to'planishini qayd qilib o'tamiz. Zanjirdagi tok kuchi o'zgarmas bolib qolganda, zanjir magnit maydonining energiyasi ham o'zgarmaydi. Zanjir magnit maydoni energiyasining kattaligi faqat tok kuchiga ega emas, balki zanjir turiga ham, ya'ni uning L induktivligiga ham bog'liq bo'ladi. Kuchli elektromagnitlarda magnit energiyasi ayniqsa kattadir.

Navbatdagi esa zanjir uzilganda hosil bo'ladigan o'zinduksiya hodisasini kuzatish uchun korsatilgan zanjir tuziladi. Bu zanjir K kalit bilan uzilganda S g'altak va M lampochka zanjiri ulanganicha qoladi. G'altakdagi tok tez kamayganligi uchun tok kamayish sekinlashtiruvchi o'zinduksiya EYuK hosil bo'ladi. Bunda g'altak qisqa vaqt M lampochkadagi tok nolgacha kamayadi va yo'nalishini o'zgartirib, zanjir uzilganga qadar lampochkada bolgan tok kuchidan ancha katta bo'lishi mumkin bolgan tok kattaligigacha sakrab ortadi. Shuning uchun zanjir uzilgan momentda lampochka bir zumga juda ravshan yonadi va hatto kuyib ketishi mumkin. O'zinduksiya hodisasi zanjir uzilgan yerda uchqun hosil qiladi.

Agar zanjirda katta magnit energiya zahirasi to'planadigan kuchli elektromagnitlar bo'lsa uchqun yoy razradga o'tishi va kalitni ishdan chiqarishi mumkin. Bunday zanjirlarni uzishda elektrostansiyalarda moyli uzgichlardan foydalaniladi va boshqa ehtiyot choralari qo'llaniladi.

O'zinduksiya EYRIK ni hisoblash formulasi quyidagicha aniqlanadi. Induksiya EYuKi

$$E_{ind} = -\frac{\Delta\psi}{\Delta t}$$

$\psi = LI$ bo'lgani uchun

$$E_{oz} = -\frac{\Delta LI}{\Delta t}$$

Bundan

$$\mathcal{E}_{oz} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Zanjirdagi o'zinduksiya EyuK shu zanjirdagi tok kuchining o'zgarish tezligiga to'g'ri proporsionaldir.

Bu formula o'zinduksiya hodisasining matematik ifodasi bo'lib, u quyudagicha ta'riflanadi:

Konturda hosil bo'lgan o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi o'lkazgichdan o'tayotgan tok o'zgarish tezligining teskari ishorali ifodasiga proporsionaldir.

$$|L| = \frac{E}{\Delta I / \Delta t}$$

Bunday o'zinduksiya koeffitsiyentining fizik ma'nosini aniqlash mumkin. Konturning induktivligi deb, konturdagi tok vaqt birligi ichida bir birlikka o'zarganda hosil bo'lgan o'zinduksion elektr yurituvchi kuchga miqdor jihatdan teng bolgan fizik kattalikka aytiladi. HB da induktivlik birligi genri (Gn).

1 Gn deb, tokning kuchi har sekundda 1 A ga o'zarganda 1 V induksion elektr yurituvchi kuch hosil bo'lgan konturning induktivligiga aytiladi.

Konturning induktivligi uning shakli o'lchamligi va muhitning magnit singdiruvchanligiga bog'liqligi. Masalan, biror bir muhitda joylashgan g'altakning induktivligi undagi simlarning o'ramlar soni N ga, uning uzunligi t ga, ko'ndalang kesim yuzi S ga va g'altak o'zagining magnit singdiruvchanligi p ga bog'liq bo'lib, u quyidagiga teng:

$$L = \mu_0 \frac{2V}{m}$$

Bunday - g'altakning uzunlik birligiga mos kelgan o'ramlar soni, V=IS - g'altakning hajmi.

Magnit maydonning energiyasi.

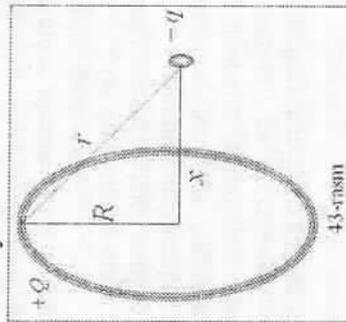
O'rtacha tok kuchini 1/2 ga teng deb olib va ΔI hamda $q/\Delta t$ qiymatlarini yuqorida keltirilgan ifodaga qo'yib, I tok oqayotgan zanjir magnit maydonning energiyasini hisoblash formulasini topamiz:

$$W_{mnr} = L I I / 2 = \frac{LI^2}{2}$$

Zanjir magnit maydonining energiyasi undagi tok kattaligining kvadratiga to'g'ri proporsional va uning L induktivligiga bog'liqdir. O'zagi ferromagnetikdan yasalgan solenoichning induktivligi ayniqsa katta bo'lganidan, elektromagnitga ega bo'lgan zanjirda katta magnit energiya hosil boladi.

Masala yechish uchun namunalari:

1-masala. Yupqa o'tkazgich simdan yasalgan R radiusli halqa +Q zaryadga ega. Halqaning o'qi bo'ylab halqaning markazidan $x \ll R$ masofada harakatsiz turgan m massa -q zaryadga ega bo'lgan nuqtaviy jism qo'yib yuborilsa, u qanday harakatlanadi? Halqa harakatlanmaydi.



Yechilishi: m massali yuk qo'yib yuborilganda halqaning o'qi bo'ylab T davr bilan tebranma harakatlanadi. Demak e'tiborni T davrni topishga qaratamiz:

Halqa va -q zaryad Kulon kuchi bilan

$$\text{ta'sirlashadi: } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \quad (1)$$

Chizmadan ma'lumki: $\vec{r} = x$;

$$r = \sqrt{R^2 + x^2}$$

$$\text{Demak: } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{(\sqrt{R^2 + x^2})^3} \cdot x$$

$x \ll R$ bo'lganligi uchun \Rightarrow

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{R^3} \cdot x \quad (2)$$

Ushbu F kulon kuchi ta'sirida m massali jism tebranma harakatlanadi:

$$F = m\omega^2 x \quad (3)$$

(2) va (3) larni solishtiramiz:

$$m\omega^2 x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{R^3} \cdot x \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{mR^3}} \quad (4)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$ (5) ni bilgan holda, buni (4) ifodalaymiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 mR^3}{qQ}} \Rightarrow T = 4\pi \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 mR^3}{qQ}}$$

Javob: $T = 4\pi \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 mR^3}{qQ}}$ davr bilan tebranma harakatlanadi.

2-masala. Yupqa o'tkazgich simdan yasalgan halqa bo'ylab $\tau = 100\pi\text{C/m}$ zichliqli zichlik bilan zaryad taqsimlangan. Halqaning markazida elektr maydonning potensialini aniqlang.

Berilgan:

$$\tau = 100\pi\text{C/m}$$

$\varphi = ?$

Yechilishi:

$$\text{Halqaning chiziqqli zichligi: } \tau = \frac{q}{l} = \frac{q}{2\pi R} \quad (1)$$

Halqa markazidagi elektr maydon

$$\text{potensial: } \varphi = k \frac{q}{R} \quad (2)$$

(1) dan $\frac{q}{R}$ ni topib olamiz:

$$\tau = \frac{q}{2\pi R} \Rightarrow 2\pi\tau = \frac{q}{R} \quad (3)$$

(2) ni (3) orqali ifodalaymiz:

$$\varphi = 2\pi k \tau$$

Hisoblash:

$$\varphi = 2 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 100 \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}} = 5,65 \text{ kV}$$

Javob: $\varphi = 5,65 \text{ kV}$

3-masala. Radiusi $r = 1 \text{ sm}$ bo'lgan ikkita bir xil qo'rg'oshin sharchalar bir-biridan $R = 1 \text{ m}$ masofada joylashgan. Birinchi sharchaning barcha atomlaridan bittadan elektronni ajratib olib, barcha ajratib olingan elektronlarni ikkinchi sharchaga o'tkazilsa, sharchalar qanday kuch bilan tortishadi? Qo'rg'oshinning molyar massasi $\mu = 207 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, zichligi:

$$\rho = 11,3 \text{ g/sm}^3$$

Berilgan:

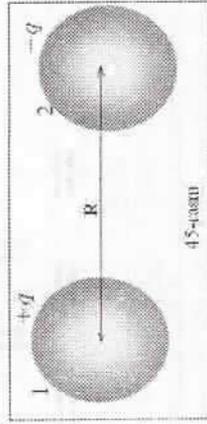
$$r = 1 \text{ m}$$

$$R = 1 \text{ m}$$

$$\mu = 207 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$\rho = 11,3 \text{ g/sm}^3$$

F = ?



Yechilishi:

Birinchi shardan N ta elektromni olib, ikkinchi sharga berilganda, birinchi sharcha musbat, elektron olgan ikkinchi sharcha manfiy zaryadlanadi. Birinchi va ikkinchi sharchalarning zaryadi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\begin{cases} q_1 = eN = q \\ q_1 = -eN = -q \end{cases} \Rightarrow |q_1| = |q_2| = |q|$$

Sharchalar o'zaro Kulon qonuniga muvofiq ta'sirlashadi: $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{R^2}$

N -atomlar sonini quyidagicha topib olamiz: $v = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = \frac{m}{\mu} N_A$

Shar massasi: $m = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$

Demak:

$$N = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3}{\mu} N_A \quad (2)$$

(2)ni bilgan holda sharlarning zaryadini topamiz: $|q| = \frac{4e\rho\pi^3 N_A}{3\mu}$

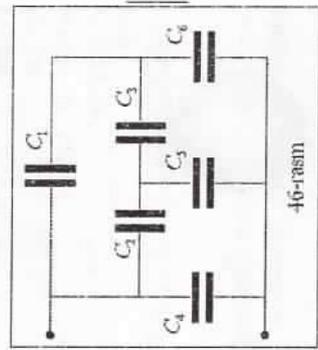
(1)ni (2) orqali ifodalaymiz: $F = \frac{4}{9} \frac{e^2 \rho^6 \pi^6 N_A^2}{\epsilon_0 \mu^2 R^2}$

Hisoblash:

$$F = \frac{4}{9} \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 3,14 \cdot (0,01 \text{ m})^6 (11300)^2 (6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}})^2}{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot (0,207 \frac{\text{kg}}{\text{mol}})^2 \cdot (1 \text{ m})^2} = 4,38 \cdot 10^{18} \text{ N}$$

Javob: $F = 4,38 \cdot 10^{18} \text{ N}$

4-masala. 46-rasmda ko'rsatilgan sxemaning umumiy sig'imini toping. Har bir kondensatorning sig'imi C ga teng



Berilgan:

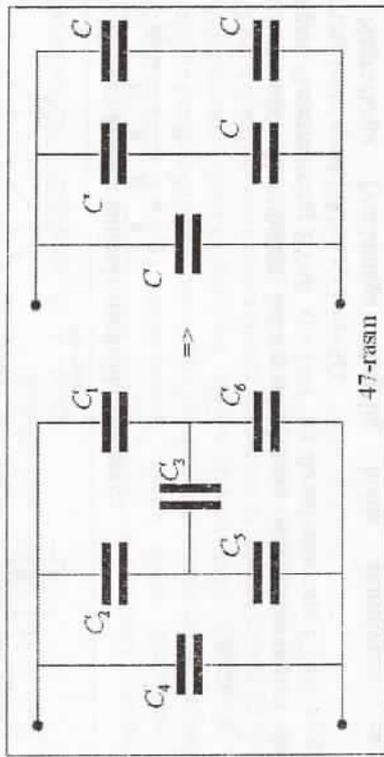
C

$C_n = ?$

Yechilishi:

Sxemaga aniqlik kiritish masala ma'nosini ochish maqsadida uni quyidagi 47-rasmdagidek ko'rinishga keltramiz.

C_3 kondensator qoplamlari orasidagi potentsiallar farqi nolga teng. Demak, C_3 kondensator zaryadga ega emas.



Endi sxema oddiy ko'rinishga kelib qoldi. Demak umumiy sig'im

quyidagiga teng bo'ladi: $C_n = C + \frac{C}{2} + \frac{C}{2} = 2C$

Javob: $C_n = 2C$

5-masala. Zanjirga A va B nuqtalaridan ulangan simdan yasalgan kubning qarshiligini toping. (48-rasmi). Kubning har qirrasining qarshiligi R ga teng.

Berilgan:

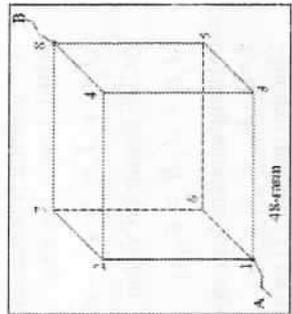
R

$R_n = ?$

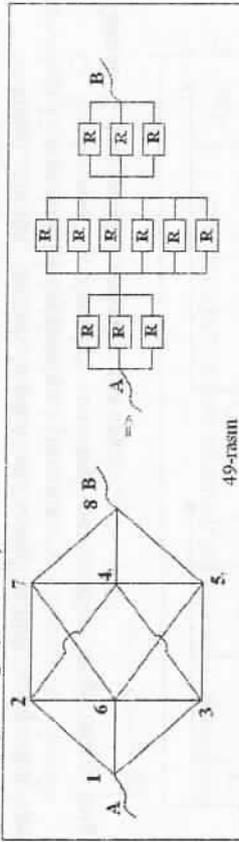
Yechilishi:

Bu masalani yechishda simmetriyalikka binoan kubning 2,3 va 6 uchlarning potentsiallari tengligidan foydalanish lozim. Xuddi shuningdek 4,5 va 7 potentsiallari teng.

Shuning uchun kubning 2,3,6 va 4,5,7 uchlari qarshiliksiz o'tkazgich simlar bilan ulashimiz mumkin. Bunda kubning qarshiligi o'zgarmaydi. Shunday qilib qarshiliksiz simlar bir-biri bilan oltita o'tkazgich orqali ulanadi: 2-



7, 2-4, 3-5, 3-4, 6-7 va 6-5. Sxemaning qarshiligi izlanayotgan kubning qarshiligiga teng. (49-rasm)



49-rasm asosida umumiy qarshilikni topamiz:

$$R_x = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{5}{3}R$$

6-masala. Akumulyator batareyasi doimiy tok generatoriga doimiy ulangan. Generatorning EYuK $\epsilon_1 = 110V$ va akumulyatorning EYuK $\epsilon_2 = 100V$ ularning ichki qarshiliklari $r_1 = r_2 = r = 5\Omega$.

Nagruzka (yuklamaga) bog'liq holda akumulyator zanjirda zaryadlanishi yoki razryadlanishi mumkin. Agar nagruzka qarshiligi $R = 100\Omega$ bo'lsa, yuqoridagi jarayonning qaysi biri ro'y beradi.

Berilgan:

$$\epsilon_1 = 110V$$

$$\epsilon_2 = 100V$$

$$r_1 = r_2 = r = 5\Omega$$

$$R = 100\Omega$$

$J_2 = ?$

Yechilishi:

Agar akumulyator orqali o'tayotgan tok J_2 50-rasmdagidek yo'nalsa, ya'ni $J_2 > 0$ bo'lsa, akumulyator zaryadlanadi. Agar tok yo'nalishi teskari J_2 bo'lsa akumulyator razryadlanadi.

Kirxgofning I qonuniga asosan: $J_1 = J_2 + J_3$ (1)

Kirxgofning II qonuniga asosan:

ABEF kontur bo'yicha:

$$J_1 r_1 + J_2 r_2 = \epsilon_1 - \epsilon_2 \quad (2)$$

ACDF kontur bo'yicha:

$$J_1 r_1 + J_3 R = \epsilon_1 \quad (3)$$

(1) tenglamadan J_3 ni topamiz:

$$J_3 = J_1 - J_2$$

Chiqqan natijani (3) ga qo'yamiz:

$$J_1 r_1 + J_1 R - J_2 R = \epsilon_1 \quad (4)$$

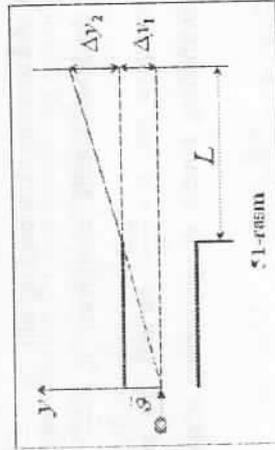
(2) va (4) ga berilgan son qiymatlarni qo'yib sistema tuzib olamiz va J_2

$$\begin{cases} 5J_1 + 5J_2 = 10 \\ 105J_1 - 100J_2 = 110 \end{cases} \Rightarrow J_1 = 2 - J_2 > J_2 = 0,49 \text{ A}$$

Natijadan ko'rinib turibdiki tok kuchi tanlangan yo'nalishda ya'ni mushbat. Demak, akumulyator razryadlanadi.

Javob: $J_2 > 0$, akumulyator razryadlanadi.

7-masala. Elektron $g = 10^7 \text{ m/s}$ tezlik bilan kondensator ichiga uning o'qiga simmetrik o'tilib kiradi. Kondensator $U = 20V$ kuchlanishgacha zaryadlangan bo'lib, tarmoqdan uzib qo'yilgan. Ektranda elctronning og'ishini toping. (51-rasm). Elektronning urilish paytidagi kinetik energiyasining o'zgarish qiymatini toping. Kondensator plastinkalari kvadrat shaklida bo'lib, tomonlari $l = 2\text{sm}$, plastinkalar orasidagi $d = 0,5\text{sm}$. Ektranga bo'lingan masofa $L = 20\text{sm}$.



Berilgan:

$$g = 10^7 \text{ m/s}$$

$$U = 20V$$

$$l = 2\text{sm}$$

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

$$L = 20\text{sm}$$

$$\Delta y = ?$$

$$\Delta E_k = ?$$

Yechilishi:

Elektronning ektranda og'ishi, uning kondensator ichidagi og'ishi bilan ektranga bo'lingan masofani o'tishdagi og'ishning yig'indisiga teng:

$$\Delta y = \Delta y_1 + \Delta y_2$$

Elektron x o'qi bo'ylab tekis harakat qiladi. Shuning uchun kondensator

ichida: $t_1 = \frac{l}{g}$ va kondensator tashqarisida: $t_2 = \frac{l}{g}$ vaqt bilan harakatlanadi.

Elektronga kondensator maydonida kulon kuchi ta'sir etadi va bu kuch unda tezlanish beradi: $F = qE = \frac{eU}{d}$; $a = \frac{F}{m} = \frac{eU}{md}$

Tezlanish yo'nalishi tezlik yo'nalishiga perpendikulyar, y o'qiga tomon yo'nalgan bo'ladi. Kondensator dan o'tish jarayonida elektronning og'ishi:

$$\Delta y_1 = \frac{at_1^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{eU}{md} \left(\frac{l}{g}\right)^2$$

Chunki kondensator ichida "y" o'qi bo'yicha elektron tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Elektronning kondensator ichidan o'tib bo'lish vaqtidagi "y"

$$\text{o'qi bo'yicha yo'nalgan tezligi: } \mathcal{G}_y = at_1 = \frac{eU}{mdg} \quad (1)$$

Elektron kondensator dan o'tib bo'lgandan so'ng shu tezlik bilan y o'qi bo'yicha tekis harakat qilib, $\Delta y_2 = g_y t_2$ masofaga og'adi. Bu yerda $t_2 = \frac{l}{g}$ ekanligini hisobga olsak $\Delta y_2 = \frac{emlL}{mdg^2}$

$$\text{Shunday qilib, elektronning ekrandagi og'ishi: } \Delta y = \frac{eUl}{mdg^2} \left(L + \frac{l}{2}\right)$$

Elektronning dastlabki kinetik energiyasi $E_k = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}$, ekranga urilish paytidagi kinetik energiya esa $E_k' = \frac{m\mathcal{G}'^2}{2}$ bo'ladi. Bu yerda $\mathcal{G}' = \sqrt{g^2 + \mathcal{G}_y^2}$. Shuning uchun elektronning kinetik energiyasining o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta E_k = E_k' - E_k = \frac{m}{2} (g'^2 - g^2) = \frac{m\mathcal{G}_y^2}{2}$$

(1) ni e'tiborga olsak bu formula quyidagicha ko'rinish oladi:

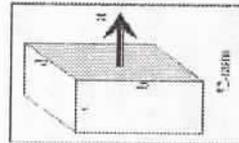
$$E_k = \frac{e^2 U^2 l^2}{2md^2 g^2}$$

Hisoblaymiz:

$$\Delta y = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 20 \text{ V} \cdot 0,02 \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 0,005 \text{ m} \cdot (10^7 \text{ m/s})^2} \left(0,2 \text{ m} + \frac{0,02 \text{ m}}{2}\right) \approx 2,84 \text{ sm}$$

$$\Delta E_k = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2 \cdot (20 \text{ V})^2 \cdot (0,02)^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (0,5 \text{ m})^2 \cdot (10^7)^2} = 9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Javob: } \Delta y \approx 2,84 \text{ sm}, \quad \Delta E_k = 9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$



8-masala. Tomonlari d, b, c ($d \gg c$; $b \gg c$) bo'lgan metall dan yasalgan to'g'ri to'rtburchakli parallelepiped kichkina tomoni bilan a tezlanishda harakatlanmoqda (52-

rasm). Metall brusokning tezlanma harakati natijasida hosil bo'lgan elektr maydon kuchlanganligini, shuningdek, brusokning harakat yo'nalishiga perpendikulyar joylashgan yon sirtidagi elektr zaryad zichligini toping.

Berilgan:

m - elektron massasi

e - electron zaryadi

E=? σ =?

Yechilishi:

Metaldagi elektroni erkin elektronlar deb hisoblash mumkin. Elektronlarning brusok ichida qayta taqsimlanishi elektronlarning qayta taqsimlanishi natijasida hosil bo'lgan elektr maydoni elektronlarga a tezlanish bera oladigan holatda yetgandagina to'xtaydi. Shunday qilib, izlanayotgan maydon kuchlanganligi $ma = eE$ (m va e - elektronning massasi va zaryadi) munosabatini topish mumkin.

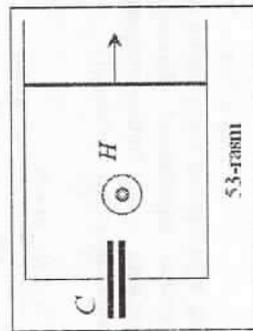
$$\text{Bundan: } E = \frac{m}{e} a$$

Harakatga perpendikulyar bo'lgan brusokning yon sirtlaridan oldingi sirti musbat, orqa tomondagi sirti manfiy zaryadlanadi.

$$\text{Zaryad zichligi: } \sigma = \frac{E}{4\pi} = \frac{1}{4\pi} \frac{m}{e} a$$

$$\text{Javob: } E = \frac{m}{e} a, \quad \sigma = \frac{1}{4\pi} \frac{m}{e} a$$

9-masala. Gorizontaal tekislikda joylashgan, C kondensator bilan tutashirilgan ikkita parallel metal reyka bo'ylab massasi m va uzunligi l bo'lgan o'tkazgich ishqalanmasdan harakatlanishi mumkin. Butun sistema kuchlanganligi H yuqoriga yo'nalgan bir jinsli magnit maydonda turibdi. O'tkazgichning o'rtasiga unga perpendikulyar va reyka ga parallel holatda F kuch qo'yilgan. (53-rasm).



Agar reykani, o'tkazgichlarning va harakatlanuvchi o'tkazgichning qarshiligi nolga teng bo'lsa, harakatlanuvchi o'tkazgichning tezlanishini aniqlang. F kuchning bajargan ishi energiyaning qanday turlariga aylanadi? Boshlang'ich paytda o'tkazgichning tezligi nolga teng deb hisoblang.

Berilgan:

- C
- m, l
- H
- F

a=?

Yechilishi:

O'tkazgichda hosil bo'ladigan EYuK (voltlarda o'lchangan),
 $\varepsilon = 10^{-3} \text{ HI}^2$

Kondensator qoplamalari orasidagi zaryad: $Q = \varepsilon C = 10^{-3} \text{ HI}^2 \text{ HC}$
munosabatlar topiladi.

$$\text{Zanjirda oqayotgan tok: } I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 10^{-3} \text{ HI}^2 \text{ HC} \frac{\Delta I}{\Delta t} = 10^{-3} \text{ HI}^2 \text{ HC} \cdot a$$

Bunda a – izlanayotgan tezlanish.

Bu tokning magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirlanishi natijasida harakatlanuvchi o'tkazgichga ta'sir qiluvchi F_1 kuch paydo bo'ladi. Lens qoidasiga ko'ra bu kuch F kuchga qarama – qarshi yo'nalgan bo'ladi.

Agar C faradlarda o'lchansa, kattalik jihatdan

$$F_1 = k l H I = 10^{-9} H^2 I^2 a C$$

Izlanayotgan tezlanishni $ma = F - F_1$ dan topish mumkin.

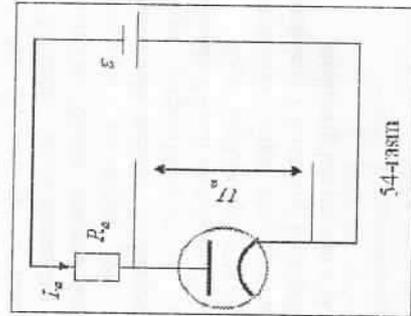
$$\text{Bunday: } a = \frac{F}{m + 10^{-9} H^2 I^2 C} \text{ kattalik o'zgarmasdir.}$$

F kuchning S yo'lda bajarigan ishi o'tkazgichning kinetik energiyasining va kondensatorning elektrostatik energiyasining ortishiga ketadi.

$$\text{Javob: } a = \frac{F}{m + 10^{-9} H^2 I^2 C}$$

10-masala. Ba'zi ikki elektrodli anod toki kuchlanishining biror intervalida elektrodlar orasidagi potentsiallar orasidagi potentsiallar ayirmasi bilan quyidagicha bog'lanishga ega.
 $I_a = AU_a + BU_a^2$.

EYuK 120V bo'lgan batareyaning zanjirga $R_a = 20 \text{ k}\Omega$ qarshilik bilan ketma-ket ulangan lampaning anod tokini aniqlang. Berilgan lampa uchun $A = 0,15 \text{ mA/V}$, $B = 0,005 \text{ mA/V}^2$. Batareyaning ichki qarshiligini hisobga olmang.



Berilgan:

$$I_a = AU_a + BU_a^2$$

$$\varepsilon = 120 \text{ V}$$

$$R_a = 20 \text{ k}\Omega$$

$$A = 0,15 \text{ mA/V}$$

$$B = 0,005 \text{ mA/V}^2$$

$I_a = ?$

Yechilishi:

54-rasmidagi sxema uchun Om qonuniga asosan quyidagicha ifodani yozamiz:

$$\varepsilon = I_a R_a + U_a \quad (1)$$

$$\text{Tok kuchi: } I_a = AU_a + BU_a^2 \quad (2)$$

(1) ifodadan U_a ni topib (2) ga eltib qo'yamiz:

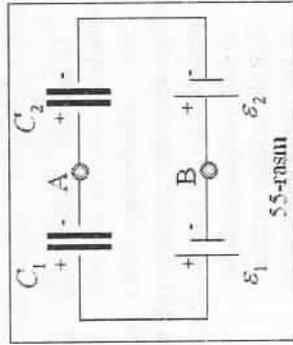
$$\varepsilon = I_a R_a + U_a \Rightarrow U_a = \varepsilon - I_a R_a$$

$$I_a = \frac{\varepsilon}{R_a} + \frac{(AR_a + 1) - \sqrt{(AR_a + 1)^2 + 4\varepsilon B R_a}}{2BR_a} = 5 \text{ mA}$$

Kvadrat tenglamaning

ikkinchi ildizi fizikaviy ma'noga ega emas, chunki $U_a < 0$ bo'lgan holga to'g'ri keladi.

$$\text{Javob: } I_a = 5 \text{ mA}$$



11-masala. 55-rasmida keltirilgan sxemadagi A va B nuqtalar orasidagi potentsiallar farqini toping.

Berilgan:

$$C_1, C_2$$

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2$$

$$\varphi_A - \varphi_B = ?$$

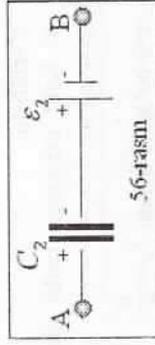
Yechilishi:

I. Kondensatoridagi kuchlanishlar

$$\text{vig'indisi: } U_1 + U_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

Kondensatoridagi zaryadlar teng:

$$q = q_1 = q_2 \Rightarrow C_1 U_1 = C_2 U_2 \text{ ekanligidan}$$



foydalanib: $\varphi_A - \varphi_B = \varepsilon_2 - U_2$ munosabatdan A va B nuqtalar orasidagi potentsiallar farqini topish mumkin.

II. Sxemadagi C_2 kondensator va ε_2 manbani xayolan A dan B ga birlik musbat zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish potentsiallar farqiga teng bo'ladi.

C_2 dan o'tganda potentsial $U_1 = \frac{q}{C_2}$ ga kamayadi, ε_2 dan o'tganda potentsial ε_2 ga ortadi, U holda $\varphi_A - U_2 + \varepsilon_2 = \varphi_B$

Analogik ravishda C_1 va ε_1 bo'lgan qism uchun $\varphi_A - \varphi_B = \varepsilon_1 - \frac{q}{C_1}$ deb yozish mumkin.

$$\text{Demak, } \varphi_A - \varphi_B = \varepsilon_1 - \frac{q}{C_1} \Rightarrow q = (\varepsilon_1 - (\varphi_A - \varphi_B))C_1$$

$$\varphi_A - \varphi_B = \varepsilon_2 + \frac{q}{C_2} \Rightarrow q = ((\varphi_A - \varphi_B) - \varepsilon_2)C_2$$

Bularni mos ravishda tenglashtirib potentsiallar orasidagi farqni topamiz:

$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{\varepsilon_1 C_1 - \varepsilon_2 C_2}{C_1 + C_2}$$

12-masala. 58-rasmda keltirilgan sxemada $R_1 = 5\Omega$ va $R_2 = 95\Omega$, $L = 0,34 \text{ Hm}$, $\varepsilon = 38V$. Manbaniy ichki qarshiligini hisobga olmasdan quyidagi uch hol uchun R_2 qarshilikdagi tok kuchini aniqlang.

- kalit uzilganga qadar
- kalit uzilgan vaqtda
- kalit uzilgandan so'ng

Berilgan:

$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_2 = 95\Omega$$

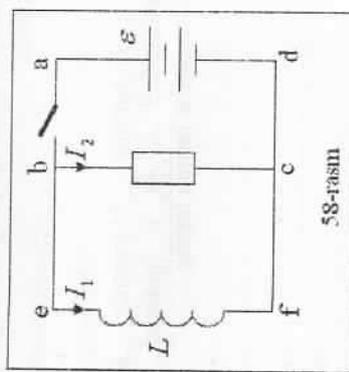
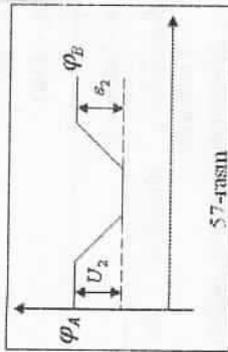
$$L = 0,34 \text{ Hm}$$

$$I_2 = ?, I_3 = ? \text{? } I_3'' = ?$$

Yechilishi:

a) Kalit uzilganga qadar abcd kontur kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan yozamiz: $I_2 R_2 + Ir = \varepsilon$

$$r=0 \text{ bo'lgani uchun } I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$$



b) Kalit uzilganda befc kontur bo'yicha I_2' tok oqadi va bu tok g'altak orqali oquvchi tok bilan bir bo'ladi, chunki R_2 qarshilik bilan g'altak ketma-ket ulangan bo'ladi.

Birinchi holda, kuzatilganda, g'altak orqali $I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$ tok o'tib, uning atrofida $\mathcal{W} = \frac{LI^2}{2}$ magnit maydon vujudga keladi.

Kalit uzilgach, bu energiya induksion tok hosil qilib, uning boshlang'ich qiymati I_1 ga teng bo'ladi. Bu tok esa R_2 qarshilikdan o'tadi va shuning uchun: $I_1' = I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$

c) uchinchi holda, kalit uzilgach, vaqt bo'yicha bu tokning kattaligi eksponensial qonuniyat bo'yicha kamayadi: $I_1'' = I_1' e^{-\frac{R_2}{(R_1+R_2)t}}$

$$\text{Hisoblaymiz: } I_2 = \frac{38V}{95\Omega} = 0,4A, \quad I_1' = \frac{38V}{5\Omega} = 1,6A,$$

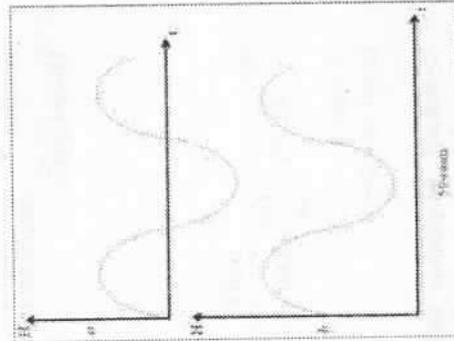
$$I_1'' = 7,6A \cdot 2,731^{-\frac{(5\Omega+95\Omega)t}{0,34}} = 0,7A$$

Javob: $I_2 = 0,4A$, $I_1' = 1,6A$, $I_1'' = 0,7A$

13-masala. Nima uchun telefon turubkasiga o'zgarmas magnit kerak? Nima uchun magnit maydonning kuchlanganligi telefon g'altagi chulq'amidan o'tgan tok hosil qilgan maksimal magnit maydon kuchlanganligidan katta bo'lishi kerak?

Javob: Doimiy magnit bo'lmaganda tebranishlar chastotasini ikkilantirish mumkin bo'lar edi. Bu holda telefon g'altagi orqali sinusoidal tok o'tganda tokning bir tebranish davrida membrana ikki marta tebrangan bo'lar edi, chunki bu tok hosil qilgan H magnit maydonning grafigi 59-a rasmda ko'rsatilgan shakliga ega bo'lar edi, membraning tortishishi kuchi esa H ning ishorasiga bog'liq emas.

Tokning maksimal maydon kuchlanganligidan ortiq bo'lgan magnit maydon kuchlanganligini hosil qiladigan doimiy magnit bo'lgandagi natijalovchi kuchlanganlikning grafigi 59-b rasmda tasvirlangan ko'rinishida bo'ladi.



Shuning uchun tokning bir tebranishi membrananing bir tebranishiga mos keladi va tovush kamroq buziladi.

14-masala. $l=10$ sm uzunlikdagi o'tkazgich uchlari orasida $U=0,01$ V potentsiallar farqi hosil bo'lishi uchun $H=2000$ Hn kuchlanganlikli bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga perpendikular ravishda qanday tezlikda harakatlanishi kerak? O'tkazgichning tezligi o'tkazgichning o'zi bilan $\alpha=30^\circ$ burchak tashkil qiladi. Kuch chiziqlari hamma vaqt o'tkazgichga perpendikular.

Berilgan:
 $l=10$ sm
 $U=0,01$ V
 $H=2000$ Hn
 $\alpha=30^\circ$
 $\vartheta=?$

Yechish:

O'tkazgich Δt vaqt ichida "surib" o'tadigan yuz parallelogram yuzidan iborat bo'lib (60-rasm) $\Delta S = l\vartheta\Delta t \sin \alpha$ ga teng. O'tkazgichning ϑ tezligi o'tkazgichning o'zi bilan α burchak hosil qilib yo'nalgan. Shu yuz orqali o'tuvchi magnit o'qimi $\Delta\Phi = B\Delta S$, bunda $B = \mu\mu_0 H$ - magnit induksiyasi ($\mu=1$ - muhitning magnit singdiruvchanligi).

O'tkazgich uchalari orasida EYuK ga teng:

$$U = \varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \mu\mu_0 H l \vartheta \sin \alpha$$

$$\text{Bundan } \vartheta = \frac{U}{\mu\mu_0 H l \sin \alpha}$$

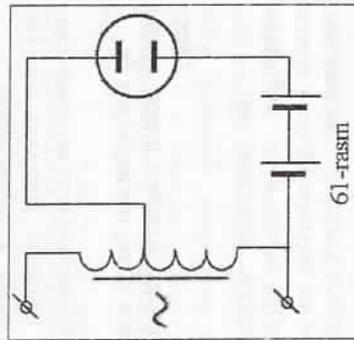
Hisoblaymiz:

$$\vartheta = \frac{0,01}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000 \cdot 0,1 \cdot \sin 30^\circ} = 0,01 \text{ m/s}$$

Javob: $\vartheta = 1 \text{ m/s}$

15-masala. 61-rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha o'zgaruvchan tok manbaiga ulangan simmetrik elektrodli elektr neon lampaning yonish

chastotasini aniqlang. Batareyaning EYuK $\varepsilon=60$ V, avtotransformatordan olingan o'zgaruvchan kuchlanish $U=28,3$ V. Lampaning yonish kuchlanishi $U_{yon}=86,7$ V. o'zgaruvchan chastotasi $\nu=200$ Hz.



Yechilishi:
 Transformatorning chiqishdagi kuchlanishning amplituda qiymati $U_0 = \sqrt{2}U$.

Bu kuchlanish vaqt o'tishi bilan o'zgarish qonuni: $U_1 = \sqrt{2}U_0 \sin 2\pi\nu t$

Berilgan:
 $\varepsilon=60$ V
 $U=28,3$ V
 $U_{yon}=86,7$ V
 $\nu=200$ Hz
 $\vartheta=?$

Lampa elektrodleri orasidagi kuchlanish: $U_2 = \varepsilon + U_1 = \varepsilon + \sqrt{2}U_0 \sin 2\pi\nu t$
 $\sin 2\pi\nu t = 1$ bo'lganda U_2 kuchlanish eng katta qiymatga ega bo'ladi:
 $U_{2,max} = \varepsilon + \sqrt{2}U = 100$ V. $\sin 2\pi\nu t = -1$ bo'lganda eng kichik qiymatga ega bo'ladi: $U_{2,min} = \varepsilon - \sqrt{2}U = 20$ V ya'ni $U_{2,max} > U_{yon}$ va $U_{2,min} < U_{yon}$. Shunday qilib, lampa elektrodlaridagi kuchlanish davr davomida faqat bir mara yonish kuchlanishidan katta bo'ladi, shuning uchun chaqnash chastotasi tokning chastotasiga teng: $\nu=200$ Hz

Javob: $\nu=200$ Hz

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Ikkita nuqtaviy zarvad 8 mN kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi. Agar zaryadlar orasidagi masofani o'zgartirmay, har bir zaryadning miqdori 2 marta orttirilsa, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi (mN da) qanday bo'ladi?

Javob: 32

2. Zaryadlardan biri 4 marta orttirilganda o'zaro ta'sir kuchi avvalgidek qolishi uchun nuqtaviy zaryadlar orasidagi masofani necha marta oshirish kerak?

Javob: 2

3. Ikkita nuqtaviy zaryad vakuumda bir-biridan 0,03 m masofada joylashgan. Agar ularni suyuq dielektrik tchiga joylashtirib, oralaridagi masofa 3 cm ga oshirilsa, zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi 8 marta kamayadi. Dielektrikning dielektrik singdiruvchanligini toping.

Javob: 2

4. 1 mKC nuqtaviy zaryad 10 cm uzoqda joylashgan ikkinchi zaryad bilan kerosin ichida ($\epsilon = 2$) 1,8 N kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi. Ikkinchi zaryadning miqdori (mKC da) qanday? Kulon qonunidagi koeffitsiyent - $\kappa = 910$ m/F.

Javob: 4

5. Ikkita nuqtaviy zaryad dielektrik ichida 5 cm masofada qanday kuch bilan ta'sirlashsa, vakuumda 10 cm masofada shunday kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi. Dielektrikning dielektrik singdiruvchanligini aniqlang.

Javob: 4

6. Ikkita nuqtaviy zaryad vakuumda 5 cm masofada 120 mKN kuch bilan, suyuq dielektrikda esa 10 cm masofada 15 mKN kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi. Dielektrikning dielektrik singdiruvchanligini toping.

Javob: 2

7. Ikkita bir xildagi kichkina metall sharcha bir-biridan 1 m masofada joylashgan. Bir sharchaning zaryadi boshqasining zaryadidan 4 marta katta. Sharchalar bir-biriga tekkingizilib, qandaydir masofaga ajratib qo'yildi. Agar sharchalarning o'zaro ta'sir kuchi avvalgiday qolgan bo'lsa, shu masofani (cm da) toping.

Javob: 125

8. O'Ichami bo'yicha bir xil bo'lgan ikki metall sharcha 7 mKC va -3 mKC zaryadga ega. Sharchalar bir-biriga tekkingizilib, qandaydir masofaga ajratib qo'yilganda ularning ta'sirlashish kuchi 40 N ga teng bo'lib qoldi. Shu masofani (cm da) aniqlang. Kulon qonunidagi koeffitsiyent $\kappa = 910$ m/F.

Javob: 3

9. Ikkita bir xil, 50 nC va 10 nC zaryadlarga ega bo'lgan, o'tkazuvchan sharchalar bir-biridan qandaydir masofada joylashgan. Ular bir-biriga tekkingiziladi va avvalgi masofaga ajratib qo'yiladi. Natijada o'zaro ta'sir kuchi necha foizga ortadi?

Javob: 80

10. 90 g massali sharcha zaryad o'tkazmaydigan ipga osilgan va 10 nC zaryadga ega. Sharchaning ostida undan 10 cm masofada boshqa ishorali nuqtaviy zaryad joylashtirilgach, ipning tarangligi ikki marta ortdi. Shu zaryadning miqdori (nC da) toping. $k = 9 \cdot 10^9$ m/F, $g = 10$ m/s.

Javob: 100

11. Ikkita bir xil sharcha bir nuqtada mahkamlangan bir xil uzunlikdagi o'tkazmasi lplarga osilgan. Sharchalar bir nomli zaryadi a r bilan zaryadlangan va bir-binni itarib, qandaydir burchakka ajralishdi. Agar sharchalar zichligi 800 lg/m^3 va dielektrik singdiruvchanligi 9 bo'lgan suyuqlikka tushirilganda, ular orasidagi burchak o'zgarmasa, sharchalar materialining zichligini toping.

Javob: 900

12. O'Ichami va massasi bir xil bo'lgan, bir xil zaryadlangan bir nechta sharcha bitta nuqtada mahkamlangan, uzunliklari teng bo'lgan iplarga osilgan. Sharchalar suyuq dielektrikka tushirilganda, iplarning vertikalidan og'ishi havoda ham, dielektrikda ham bir xil bo'lishi qayd etildi. Agar dielektrikning zichligi sharchalar materialining zichligidan 1,25 marta kichik bo'lsa, dielektrikning dielektrik singdiruvchanligini toping.

Javob: 5

13. Har birining massasi 80 g dan bo'lgan ikkita bir xildagi kichkina sharcha 30 cm uzunlikdagi iplar orqali bir nuqtaga osib qo'yilgan. Iplar o'zaro to'g'ri burchak hosil qilishi uchun har bir sharchaga qanday zaryad (mKC da) berish kerak? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F, $g = 10$ m/s².

Javob: 4

14. Har birining massasi 6 g dan bo'lgan ikkita bir xildagi kichkina sharcha 13 cm uzunlikdagi iplar orqali bir nuqtaga osib qo'yilgan. Sharchalar bir-biridan 24 cm masofaga uzoqlashishi uchun ularning har biriga qanday zaryad (nC da) berish kerak? $k = 9 \cdot 10^9$ m/F, $g = 10$ m/s².

Javob: 960

15. 5 nC nuqtaviy zaryad atrofida manfiy zaryadlangan kichik sharcha 5 rad/s burchak tezlik bilan 3 cm radiusli aylana bo'ylab aylanmoqda. Sharcha zaryadining massasiga nisbatini (mKC/kg da) toping. $A = 9 \cdot 10^9$ m/F. Og'irlik kuchini hisobga olmag.

Javob: 15

16. O'tkazmas ipga osilgan zaryadlangan kichik sharcha gorizontall tekislikda 3 rad/s burchak tezlik bilan aylanmoqda. Bunda u chizadigan aylana markazida sharcha zaryadiga teng bo'lgan zaryad joylashgan. Agar aylanayotgan sharcha qarama-qarshi ishorali zaryad bilan (lekin xuddi shunday absolyut miqdordagi) zaryadlansa, unda xuddi oldingi aylanish radiusida burchak tezlik 4 rad/s bo'ladi. Sharcha osilgan nuqtadan uning aylanish tezligigacha bo'lgan masofam (cm da) toping. $g = 10$ m/s².

Javob: 80

17. Ikkita bir xil musbat zaryad bir-biridan qandaydir masofada turibdi. Agar zaryadlarni tutashiruvchi to'g'ri chiziq o'rtasida xuddi shunday ishorali, lekin zaryad miqdori bo'yicha ikki baravar katta bo'lgan uchinchi zaryad joylashtirilsa, zaryadlarning biriga ta'sir etadigan kuch necha marta ortadi?

Javob: 9
18. Ikkita bir xil musbat zaryad bir-biridan qandaydir masofada joylashgan. Agar zaryadlarni tutashiruvchi to'g'ri chiziq o'rtasida xuddi shunday miqdordagi, lekin ishorasi bo'yicha qarama-qarshi bo'lgan uchinchi nuqtaviy zaryad joylashtirilsa, zaryadlardan biriga ta'sir etuvchi kuch miqdori necha marta ortadi?

Javob: 3
19. q, q va 2q nuqtaviy zaryadlar bir to'g'ri chiziqda ketma-ket, bir biridan bir xil masofada joylashgan. O'rtadagi zaryadga 8 N kuch ta'sir qiladi. 2q zaryadga qanday kuch ta'sir etadi?

Javob: 20
20. Ikkita bir xil zaryad o'rtasiga uchinchi zaryadni joylashtirilganda, zaryadlar sistemasi muvozanatga keldi. Bu zaryadning miqdori chekli har bir zaryad miqdoridan necha marta kichik?

Javob: 4
21. Har biri manfiy 100 nC zaryad va 0,3 g massaga ega bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryad 100 nC musbat zaryad atrofida 10 cm radiusli aylana bo'ylab harakatlanadi. Bunda manfiy zaryadlar bir diametrdning oxirida joylashish qolmoqda Zaryadlar aylanishining burchak tezligini toping, $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F. Og'irlik kuchini hisobga olmang.

Javob: 15
22. Har biri 8 nC dan bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryad 3 cm masofada joylashgan. Ularning har biridan 3 cm masofada joylashgan 1 nC nuqtaviy zaryadga ular qanday kuch (mN da) bilan ta'sir etadi? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F, $\pi/3 = 1,7$.

Javob: 13G
23. Har biri 10 nC dan bo'lgan to'rtta bir xil nuqtaviy zaryadlar 3 cm tomonli kvadratning uchlari joylashgan. Uchta zaryad tomonidan to'rtinchi zaryadga ta'sir qiladigan kuchni (mN da) toping, $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F, $J = 1,4$.

Javob: 190
24. Bir xildagi 1 mC zaryadlar kvadratning ikki qarama qarshi uchida joylashgan. Agar kvadratning boshqa ikki uchida 1 mC va -1 mC zaryadlar joylashtirilsa, oldingi ikki zaryadning biriga ta'sir etuvchi kuch necha marta ortadi?

Javob: 3
25. Zaryadlangan zarracha vakuumning qandaydir nuqtasida 60 V/m kuchlanganlik hosil qiladi. Agar butun sistema dielektrik singdiruvchanligi 2

bo'lgan kerosin ichiga joylashtirilsa, shu nuqtaga o'rnatilgan 5 nC zaryadga qanday kuch (nN da) ta'sir qiladi?

Javob: 150
26. Kuchlanganlik vektori vertikal yuqoriga yo'nalgan bir jinsli elektr maydonda massasi 0,03 mkg bo'lgan 3 pC zaryadli chang zarrachasi muvozanat holatida turibdi. Maydon kuchlanganligini aniqlang, $g = 10$ m/s².

Javob: 100
27. Miqdori 20 kV/m bo'lgan kuchlanganlik vektori vertikal pastga yo'nalgan bir jinsli elektr maydonda 0,1 kg massali va 0,2 mC zaryadli sharcha ipak ipga osilgan. Ipining taranglik kuchini toping, $g = 10$ m/s².

Javob: 5
28. Agar ipga osilgan 0,1 kg massadagi 10 mC zaryadli sharcha 200 kV/m kuchlanganlikka ega bo'lgan bir jinsli elektr maydonda joylashtirilsa, ipning taranglik kuchi necha marta ortadi? Kuchlanganlik vektori vertikal pastga yo'nalgan, $g = 10$ m/s².

Javob: 3
29. Massasi 4,5 g bo'lgan 0,1 mC zaryadli sharcha 800 kg/m zichlikdagi moy ichiga joylashtirilgan. Sharcha materialining zichligi 1500 kg/m³. Sharcha joylashtiriladigan elektr maydonning kuchlanganligi qanday (kV/m da) bo'lganda, u muvozanatda bo'lishini aniqlang, $g = 10$ m/s².

Javob: 210
30. Ipak ipga osilgan kichik sharcha 49 nC zaryadga ega. 100 kV/m kuchlanganlikli gorizontaal elektr maydonda ip tangensi 0,125 bo'lgan burchakka og'di. Sharchaning massasini (g da) toping, $g = 9,8$ m/s².

Javob: 4
31. Kuchlanganligi 1000 V/m bo'lgan bir jinsli elektr maydon ta'sir ostida massasi 0,1 g bo'lgan 4 mC zaryadli zarracha erishadigan tezlanishning miqdorini toping. Og'irlik kuchini hisobga olmang.

Javob: 40
32. Kuchlanganligi 20 kV/m bo'lgan bir jinsli elektr maydonda massasi 0,01 kg bo'lgan 1 mC zaryadli sharcha qanday tezlanish bilan tushishini aniqlang. Kuchlanganlik vektori vertikal yuqoriga yo'nalgan. Ishqalanishni hisobga olmang.

Javob: 8
33. Jismga 70 nC zaryad berilganda u yer sirti yaqinida tushishning 10 sekundi ichida zaryadsiz bo'lgan paytidagidan 5 cm ga ko'proq yo'lni bosib o'tadi. Agar elektr maydon kuchlanganligi 100 V/m bo'lsa, jismning massasi (g da) qanchaga teng?

Javob: 7
34. 1 mg massali chang zarrachasi havoda 0,2 m/s o'zgarmas tezlik bilan tushadi. Agar zarracha kuchlanganligi 10 kV/m bo'lgan elektr maydonda joylashtirilib, unga 1,2 nC zaryad berilsa, u qanday barqaror tezlik (cm/s da)

bilan ko'tariladi? Havoning qarshilik kuchi tezlikka to'g'ri proporsional. $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Javob: 4
35.5 mg massali zaryadlanmagan chang zarrachasi havoda 15 cm/s o'zgarmas tezlik bilan tushadi. Agar zarracha kuchlanganligi 3 kV/m bo'lgan gorizontal elektr maydonda joylashtirilib, unga 40 nC zaryad berilsa, u qanday barqaror tezlik (cm/s da) bilan harakatlanadi? Havoning qarshilik kuch tezlikka to'g'ri proporsional. $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Javob: 39
36. Bir jinsli elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari bo'ylab elektron sekmlanuvchan harakatlanmoqda. Qandaydir momentda elektron $1,8 \text{ Mm/s}$ tezlikka ega. Agar $0,1 \text{ mks}$ dan keyin elektronning tezligi ikki baravar kamaygan bo'lsa, maydon kuchlanganligi qanday? Elektronning solishtirma zaryadi $1,8 \cdot 10 \text{ C/kg}$ ga teng deb qabul qiling.

Javob: 50
37. $0,01 \text{ mg}$ massali, 10 nC zaryadli kichik sharcha gorizontal yo'nalgan bir jinsli elektr maydonda joylashgan. Sharcha harakatlana boshlaydi va 4 s dan so'ng 50 m/s tezlikka enshadi. Elektr maydon kuchlanganligini (mV/m da) toping. $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Javob: 7500
38. 1 nC zaryadli, 1 g massali zaryadlangan zarracha kuchlanganligi 20 V/m bo'lgan bir jinsli elektr maydonda maydon kuchlanganligi chiziqlariga perpendikulyar ravishda uchib keladi. Zarracha maydonga kirganidan keyin 2 s o'tgach, uning boshlang'ich yo'nalishidan og'ishini (mkm da) toping. Og'irlik kuchini hisobga olmang.

Javob: 40
39. Elektron 60 kV/r kuchlanganlikdagi bir jinsli elektr maydonga 8 Mm/s tezlik bilan maydon kuchlanganlik chiziqlariga perpendikulyar ravishda uchib kirdi. $5/9 \text{ ns}$ vaqt momentida uning tezlik miqdorini (Mm/s da) hisoblang. Elektronning solishtirma zaryadi $1,8 \cdot 10 \text{ C/kg}$.

Javob: 10
40. Proton va alfa-zarracha bir xil tezlik bilan harakatlanib, yassi kondensator ichiga uning plastinalarga parallel holda uchib kiradi. Kondensator ichidan uchib chiqishda protonning og'ishi alfa-zarrachaning og'ishidan necha marta katta bo'ladi?

Javob: 2
41. 30 cm uzunlikdagi kondensator qoplamalari orasidan uchib o'tayotgan elektron kondensator qoplamalariga parallel bo'lgan dastlabki yo'nalishidan $1,8 \text{ mm}$ ga og'adi. Agar kondensator qoplamalari orasidagi elektr maydon kuchlanganligi 200 V/m bo'lsa, elektronning boshlang'ich tezligini (Mm/s da) aniqlang. Elektron zaryadining massasiga nisbati $1,8 \cdot 10 \text{ C/kg}$.

42. 70 mC zaryad bir jinsli elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari bo'ylab qanday masofaga (cm da) ko'chirilganda, maydon tomonidan $1,4 \text{ mJ}$ ish bajariladi? Elektr maydon kuchlanganligi 200 V/m .

Javob: 10
43. Kuchlanganligi 10 kV/r bo'lgan bir jinsli elektr maydonda 70 mC zaryadni maydon kuch chiziqlariga 60° burchak ostida $0,5 \text{ m}$ masofaga ko'chirish uchun, qanday ish (mJ da) bajansh kerak? Javobda ishning modulini ko'rsating.

Javob: 175
44. Nuqtaviy zaryad vakuumning qandaydir nuqtasida 600 V/m kuchlanganlikdagi maydonni yuzaga keltiradi. Agar zaryad 5 marta ortib, uning atrofidagi bo'shliq dielektrik singdiruvchanligi 2 bo'lgan kerosin bilan to'ldirilsa, shu nuqtada maydon kuchlanganligi qanday bo'ladi?

Javob: 1500
45. Zaryad tomonidan hosil qilinayotgan maydon kuchlanganligi 10 cm masofada 800 V/m ga teng. Zaryaddan 20 cm masofada bo'lgan nuqtaning maydon kuchlanganligini toping.

Javob: 200
46. 4 nC miqdordagi, turli ishorali ikkita bir xil nuqtaviy zaryad bir-biridan 60 sm masofada joylashgan. Zaryadlarni tutashiruvchi kesmaning o'rtasida joylashgan nuqtaning maydon kuchlanganligini toping, $\kappa = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$.

Javob: 800
47. Ikki musbat nuqtaviy zaryad orasidagi masofa 8 cm . Zaryadlarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziqda, birinchi zaryaddan 6 cm masofada maydon kuchlanganligi nolga teng. Birinchi zaryad miqdorining ikkinchi zaryad miqdoriga nisbatini toping.

Javob: 9
48. Agar 2 nC va -4 nC nuqtaviy zaryadlarni birlashtiruvchi kesmaning o'rtasida yotuvchi nuqtada faqat birinchi zaryad hosil qiladigan maydon kuchlanganligi 2 V/m ga teng bo'lsa, shu nuqtada ikkala zaryad hosil qiladigan maydon kuchlanganligining miqdorini toping.

Javob: 6
49. Musbatining miqdori manfisiyining miqdoridan $2,25$ marta katta bo'lgan ikkita turli nomdagi nuqtaviy zaryadlar bor. Zaryadlar orasidagi masofa manfiy zaryaddan maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lgan nuqtagacha bo'lgan masofadan necha marta kichik?

Javob: 2
50. 64 nC va -48 nC nuqtaviy zaryadlar orasidagi masofa 10 cm ga teng. Birinchi zaryaddan 8 cm va ikkinchisidan 6 cm uzoqlikda bo'lgan nuqtadagi maydon kuchlanganligini (kV/m da) aniqlang. $\kappa = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$.

Javob: 150

51. Miqdori bir xil 36 nC, ishorasi esa turli xil bo'lgan nuqtaviy zaryadlar tomoni 2 m bo'lgan teng tomonli uchburchakning ikki uchida joylashgan. Uchburchakning uchinchi uchidagi elektr maydon kuchlanganligini aniqlang. $r = 9 \cdot 10 \text{ m/F}$.

Javob: 81
52. Miqdori bir xil 5 nC, ishorasi esa turli xil bo'lgan nuqtaviy zaryadlar bir-biridan 2,4 ni masofada joylashgan. Har bir zaryaddan 3 m uzoqlikda bo'lgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligini toping. $k = 9 \cdot 09 \text{ m/F}$.

Javob: 4
53. 50 nC va -32 nC nuqtaviy zaryadlar bir biridan 9 cm masofada joylashgan. Birinchi zaryaddan 5 cm va ikkinchisidan 6 cm masofada joylashgan nuqtadagi maydon kuchlanganligini (kV/m da) toping, $k = 9 \cdot 10 \text{ m/F}$.

Javob: 220
54. 24 pC va 135 pC nuqtaviy zaryadlar bir-biridan 11 cm masofada joylashgan. Birinchi zaryaddan 4 cm va ikkinchisidan 9 cm masofada yotgan nuqtadagi maydon kuchlanganligini toping, $k = 9 \cdot 10 \text{ s m/F}$.

Javob: 165
55. 10 cm tomonli kvadratning uchlari har bin 10 pC dan bo'lgan uchta musbat zaryad va -20 pC bitta manfiy zaryad joylashgan. Kvadrat markazidagi maydon kuchlanganligini aniqlang. $k = 9 \cdot Q \text{ m/F}$.

Javob: 04
56. Tomoni 1 m bo'lgan rombning o'tkir burchaklari uchlarida har biri 1 nC dan bo'lgan musbat zaryadlar, o'tmas burchaklaridan binning uchida esa 5 nC musbat zaryad joylashgan. Agar rombrning kichik diagonalining tomoniga teng bo'lsa, rombrning to'rtinchi uchidagi elektr maydon kuchlanganligini aniqlang. $k = 9 \text{ m/F}$.

Javob: 54
57. Tomoni 20 cm bo'lgan muntazam uchburchakning ikki uchida har biri 14 pC dan bo'lgan nuqtaviy zaryadlar, uchinchi uchida esa -2 pC nuqtaviy zaryad joylashgan. Turli ishorali zaryadlarni birlashtiruvchi tomonning o'rtasidagi maydon kuchlanganligini toping. $It = 9 \cdot 10 \text{ s m/F}$.

Javob: 15
58. Tomoni 30 cm bo'lgan muntazam uchburchakning ikki uchida bir xil 25 pC miqdorli turli ishorali zaryadlar, uchinchi uchida esa 55 pC zaryad joylashgan. Uchburchak markazidagi maydon kuchlanganligini toping, $it = 9 \cdot 10 \text{ s m/F}$.

Javob: 21
59. Tomoni 10 cm bo'lgan muntazam oltiburchakning uchlarida +5 pC va -ft pC zaryadlar navbatma-navbat joylashgan. Oltiburchak markazida barcha zaryadlar hosil qiladigan maydon kuchlanganligini aniqlang. $k = 9 \cdot 10 \rightarrow \text{m/F}$.

Javob: 0

60. Tomoni 10 cm bo'lgan muntazam oltiburchakning uchta qo'shni uchlarida +5 nC dan bo'lgan zaryadlar, uchta boshqa uchlarida esa -5 nC dan bo'lgan zaryadlar joylashgan. Shaklining markazida barcha zaryadlar hosil qiladigan maydon kuchlanganligini (kV/m da) aniqlang $k = 9 \cdot 10^* \text{ m/F}$
Javob: 18

61. Bir-biridan 0,0ft m masofada joylashgan va bir jinsli elektr maydonning bitta kuch chizig'ida yotgan nuqtalar orasidagi potentsiallar farqi 12 V ga teng. Xuddi o'sha kuch chizig'ida bir-biridan 15 cm masofada yotgan nuqtalar orasidagi potentsiallar farqini toping.

Javob: (10
62. Yassi kondensatoridagi elektr maydon kuchlanganligi ftO kV/m. Qoplamalar orasidagi potentsiallar farqi 300 V. Kondensator qoplamalari orasidagi masofa (mm da) qanday?

Javob: io
63. Vakuumda bir-biridan 0,1 m masofada joylashgan ikkita parallel metall plastina 1 kV potentsiallar farqigacha zaryadlangan plastinalar orasiga joylashtirilgan 100 mkC zaryadga qanday kuch ta'sir qiladi? Plastinalar orasidagi maydonni bir jinsli deb hisoblang.

Javob: 1
64. Yassi kondensatorning gorizontial plastinalari orasida 4,8 kg massali chang zarrachasi muvozanatda turibdi. Agar kondensatorda kuchlanish 3000 V, plastinalar orasidagi masofa esa 2 cm bo'lsa, chang zarrachasining zaryadi elektron zaryadidan necha marta katta? Elektronning zaryadi $1,6 \text{ g} = 10 \text{ m/s}^2$.

Javob: 2000
65. Yassi kondensatorning gorizontial plastinalari orasida plastinasini prujinaga zaryadlangan sharcha osilgan. Kondensator 500 V EYK li kuchlanish manbaiga ulanganida, prujina yana 1 cm ga cho'ziladi. Agar prujinaning bikkligi 10 N/m, kondensator plastinalari orasidagi masofa 20 cm bo'lsa, sharchaning zaryadini (mkC da) toping.

Javob: 40
66. Manfiy zaryadlangan 4 g massali chang zarrachasi plastinalari gorizontial joylashgan yassi kondensatorning ichida muvozanatda turibdi, Kondensatorga 500 V potentsiallar farqi qo'yilgan. Zarrachadan 500 ta elektron chiqib ketgandan so'ng ham u muvozanatda qolishi uchun plastinalar orasidagi potentsiallar farqini necha voltga o'zgartirish kerak? Plastinalar orasidagi masofa 5 mm. Elektronning zaryadi $1,6 \cdot 10 \text{ g} = 10 \text{ m/s}$.

Javob: 2000
67. Yassi kondensatorning gorizontial joylashgan plastinalari orasida, pastki plastinadan 10 cm masofada zaryadlangan sharcha muallaq turibdi. Plastinalar orasidagi potentsiallar farqi 400 V. Agar potentsiallar farqi ony

tarzda 200 V gacha kamaytirilsa, qancha vaqtdan so'ng (ms da) sharcha pastki plastinaning ustiga tushadi? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Javob: 200
68. Zaryadlangan zarracha bir jinsli elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlariga qarshi harakatlanadi. Zarrachaning boshlang'ich tezligi 1 Mm/s , uning solishtirma zaryadi 10 kg . Agar maydon kuchlanganligi 100 V/m ga teng bolsa, zarracha qanday masofa (cm da) o'tgach to'xtaydi?

Javob: 5
69. Elektron yassi kondensator maydoniga qoplamadagi teshik orqali kuchlanganlik chiziqlari yo'nalishida uchib kiradi va 0.003 m yo'lni bosib o'tgach, o'z tezligini to'liq yo'qotadi. Agar elektronning boshlang'ich tezligi hamda kondensatorning potentsiallar farqini 3 marta kamaytirilsa, u qanday masofada (mm da) tezligini to'liq yo'qotadi?

Javob: 1
70. 5 kV potentsiallar farqini o'tish natijasida tezlik olgan elektronlar yassi kondensator plastinalari orasiga o'rtadan uchib kiradi (plastinalarga parallel ravishda). Elektronlar kondensatoridan uchib chiqmasligi uchun unga qanday eng kichik kuchlanish qo'yish kerak bo'ladi? Kondensatorning uzunligi 5 cm, plastinalar orasidagi masofa 1 cm.

Javob: 400
71. Uzunligi 10 cm va qoplamalari orasidagi masofa 1 cm bo'lgan yassi kondensator ichiga $8 \cdot 10^{15} \text{ J}$ energiyali elektron plastinalarga 15 Q burchak ostida uchib kiradi. Plastinalar orasidagi kuchlanishning qanday qiymatida elektron kondensator ichidan chiqishda plastinalarga parallel ravishda harakatlanadi? Elektronning zaryadi $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Javob: 2500
72. Massasi 5 g bo'lgan 2 mC zaryadli sharcha kuchlanganligi 20 V/m bo'lgan gorizontal elektr maydonda 1 m uzunlikdagi ipga osib qo'yilgan. Sharcha dastlab pastki holatda ushlab turiladi, keyin esa qo'yib yuboriladi. Sharcha dastlabki holatidan 20 cm ga yuqori ko'tarilgan paytda ipning tarangligini (mN da) toping, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Javob: 92
73. Massasi 10 g bo'lgan 100 mC zaryadli sharcha 50 cm uzunlikdagi ipga osib qo'yilgan. U kuchlanganligi 100 V/m bo'lgan bir jinsli elektr maydonda turibdi va bu maydonning kuch chiziqlari gorizontal hamda chapdan o'nga tomon yo'nalgan. Sharcha chap tomonga shunday tortiladi, bunda u ip osilgan nuqtadan 30 cm pastda bo'lib qoldi, keyin esa qo'yib yuborildi. Sharcha vertikal vaziyatdan o'tayotgandagi ipning taranglik kuchini (mN da) toping, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Javob: 196
74. 30 cm radiusli sferaning sirti bo'ylab 4 nC zaryad taqsimlangan. Sfera markazida potentsial qanchaga teng? $k = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$.

Javob: 120

75. 10 nC musbat zaryad sirtida tekis taqsimlangan sferaning markazida - 5 nC manfiy zaryadli kichik sharcha bor. Sferadan tashqarida, uning markazidan 9 cm masofada bo'lgan nuqtadagi elektr maydon potentsialini toping, $k = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$.

Javob: 5
76. Elektrostatik maydonning bir nuqtasidan boshqa bir nuqtasiga 2 nC zaryadni ko'chirishda maydon qanday ish (mkJ da) bajaradi? Nuqtalar orasidagi potentsiallar farqi 300 V ga teng.

Javob: 1
80. Maydonning 20 V potentsialli nuqtasidan 12 V potentsialli boshqa bir nuqtasiga 8 mC zaryadni ko'chirishda qanday ish bajariladi? Javobda ishning absolyut qiymatini mkJ da ko'rsating.

Javob: 64
81. 130 nC zaryadni cheksizlikdan elektr maydonning qandaydir nuqtasiga ko'chirishda bajarilgan ish 65 mkJ ga teng. Shu nuqtaning potentsialini toping.

Javob: 500
82. 10 nC nuqtaviy zaryadni cheksizlikdan tekis zaryadlangan slim yuzasidan 20 cm masofada joylashgan nuqtaga ko'chirishda 0,5 mkJ ish bajarish kerak. Shaning radiusi 4 cm. Shar sirtidagi potentsialni toping.

Javob: 300
83. Manfiy zaryadlangan zarrachani musbat zaryadli, qo'zg'almas zarracha tomon ko'chirishda elektr maydonning bajargan ishi 9 J ga teng. Bunda zarracha qo'zg'almas zarrachagacha bo'lgan dastlabki masofaning yarmiga ko'chdi. Shu yo'lning birinchi yarmida elektr maydon tomonidan qanday ish bajarilgan?

Javob: 3
84. 2 g massali zaryadlangan zarrachaning tezligi harakatning boshlang'ich nuqtasida 0,02 m/s ga, oxirgi nuqtasida esa 0,1 m/s ga teng. Agar zarrachaning zaryadi 30 nC ga teng bo'lsa, shu nuqtalar orasida potentsiallar farqini toping.

Javob: 320
85. 4 nC zaryad bilan tekis zaryadlangan 6 cm radiusli shar sirti yaqinida zaryadi 2 nC, massasi 30 mg bo'lgan zarracha joylashgan. Zarracha qo'yib yuboriladi. Zarracha shar sirtida uning radiusiga teng masofaga uzoqlashgan paytda qanday tezlikka (emteda) ega bo'ladi? $k = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$.

Javob: 20
86. Zaryadi 2 nC, massasi 10 mg bo'lgan zarracha 10 cm radiusli bir jinsli zaryadlangan og'ir shar tomonga uzoqdan harakatlanib kelmoqda. Agar sharning zaryadi 1 mC ga teng bo'lsa, zarracha uning sirtigacha uchib borishi uchun shardan katta masofada qanday minimal tezlikka ega bo'lishi kerak? $k = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$.

Javob: g

87. Har biri 10 nC dan bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryad bir-biridan 4 cm masofada mahkamlab qo'yilgan. Zaryadlarning o'rtasiga 2 mg massali va 36 nC zaryadli zarracha joylashtiriladi va qo'yib yuboriladi. Zaryadlardan uzoq masofada zarracha qanday tezlikka enshadi? $t = 9 \cdot 10^{-8}$ m/F.

Javob: 1.8
88. Teng yonli to'g'ri burchakli uchburchakning uchta uchida har biri 20 nC dan bo'lgan bir xildagi nuqtaviy zaryadlar mahkamlab qo'yilgan. Gipotenuzaning o'rtasiga 3 mg massali va 40 nC zaryadli zarracha joylashtiriladi va qo'yib yuboriladi. Zaryadlardan uzoq masofada zarracha qanday tezlikka erishadi? Uchburchakning gipotenuzasi 5 cm. $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F

Javob: 24
89. Bir-biridan 30 cm masofada bo'lgan 2 mC va 4 mC nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasi (mJ da) qanchaga teng? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: 240
90. Har biri 2 mC dan bo'lgan to'rtta zaryaddan tashkil topgan sistema to'g'ri chiziq bo'ylab shunday joylashganki, bunda qo'shni zaryadlar orasidagi masofa 30 cm ga teng. Sistemaning o'zaro ta'sir energiyasi (mJ da) qanchaga teng? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: 520
91. 2, 1 va 3 mC dan iborat bo'lgan uchta zaryad sistemasi to'g'ri chiziq bo'ylab ko'rsatilgan tartibda joylashtirilgan va qo'shni zaryadlar orasidagi masofa 30 cm ga teng bo'lsa, shu sistemaning o'zaro ta'sir energiyasi (mJ da) qanchaga teng? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: 240
92. Tomoni 10 cm bo'lgan teng tomonli uchburchakning uchlarida joylashgan, 2, -1 va 3 mC zaryadlardan iborat bo'lgan sistemaning o'zaro ta'sir energiyasi (mJ da) qanchaga teng? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: 90
93. Qirrasini 50 cm bo'lgan muntazam tetraedrning uchlarida joylashgan, 1, 2, 3 va 4 mC zaryadlardan iborat bo'lgan sistemaning o'zaro ta'sir energiyasini (mJ da) toping. $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: G30
94. To'rtta bir xil 2 mC zaryad to'g'ri chiziqda joylashgan. Qo'shni zaryadlar orasidagi masofa 10 cm ga teng. Shu zaryadlarni 10 cm qirrali to'g'ri tetraedrning uchlariga joylashtirish uchun qanday ish (mJ da) bajarish kerak? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: 100
95. Har birining massasi 2 mg va zaryadi 10 nC bo'lgan ikkita zarracha bir-biridan 5 cm masofada turibdi, ularning o'rtasida 60 nC zaryad mahkamlab qo'yilgan. Zarrachalar bir vaqtda qo'yib yuboriladi. Zarrachalar

juda uzoq masofaga uchib ketgandan so'ng, ularning tezligi qanchaga teng bo'ladi? $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: 15
96. Rombning o'tkir burchaklari uchlarida 7 nC zaryadlar mahkamlab qo'yilgan, o'tmas burchaklar uchlarida esa har birining zaryadi 2 nC va massasi 2 mg bo'lgan ikkita zarracha turibdi. Zarrachalar bir vaqtda qo'yib yuboriladi va ular harakatga keladi. Zarrachalar uzoq masofaga uchib ketgandan so'ng, ularning tezligi qanchaga teng bo'ladi? Rombning tomoni 3 cm, uning o'tkir burchagi esa 60° . $\kappa = 9 \cdot 10^9$ m/F.

Javob: 3
97. 400 nC dan zaryadi bo'lgan ikkita bir xil sharcha prujina orqali ulangan va silliq gorizontal stol ustida turibdi. Sharchalar shunday tebranmoqdaki, bunda ular orasidagi masofa L dan 4L gacha o'zgaradi, bu yerda L = 2 cm. Agar prujining uzunligi deformatsiyalanmagan holatda 2L ga teng ekanligi ma'lum bo'lsa, lining bikrligini toping. $\kappa = 9 \cdot 10^4$ m/F.

Javob: 90
98. 2 mC dan zaryadi bo'lgan uchta bir xil sharcha uchta bir xil prujina orqali juftlab ulangan va har bir boshqasidan 5 cm masofada tutib turiladi. Sharchalar qo'yib yuboriladi va ular harakatga keladi. Agar boshlang'ich holatda prujinalar deformatsiyalanmagan hamda harakat jarayonida sharchalar orasidagi maksimal masofa dastlabkisidan uch marta katta bo'lsa, har bir prujining bikrligini toping. $\kappa = 9 \cdot 10^4$ m/F.

Javob: 96
99. Bir xil 10 mC zaryad bilan zaryadlangan, har biri 5 g massali ikkita kichik jism gorizontal tekislik ustida bir-biridan 10 in masofada joylashgan. Jismlarning tekislikka ishqalanish koeffitsiyenti 0,5 ga teng. Jismlardan biriga qanday minimal boshlang'ich tezlik berilganda, ikkinchi jism joyidan qo'zg'aladi? $\kappa = 9 \cdot 10^4$ m/F, $g = 10$ m/s².

Javob: 8
100. Bir xil 10 mC zaryad bilan zaryadlangan, har biri 50 g massali ikkita kichik jism gorizontal tekislik ustida bir-biridan 2 m masofada turibdi. Jismlarning tekislikka ishqalanish koeffitsiyenti 0,1. Jismlar bir vaqtda qo'yib yuboriladi. Ular bir-biridan qanday masofada to'xtab qoladi? $\kappa = 9 \cdot 10^4$ m/F, $g = 10$ m/s².

Javob: 9

IV BOB OPTIKA

Yorug'lik chiqarish jarayonini o'rganish shuni ko'rsatdiki, yorug'likni elementar manbalari - atomlar, molekullar va elektronlardir. Agar atom yoki molekulaga ma'lum energiya berilsa, u uyg'ongan holatga o'tadi va bunday atom yoki molekula ma'lum chastotali yorug'lik to'liqini chiqarish qobiliyatiga ega bo'lib qoladi. Atom yoki molekulaning uyg'onish darajasiga qarab u har xil chastotali yorug'lik to'liqini chiqaradi. Shu sababli atom va molekulaning nur sochish sohasi infraqizil, ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha sohada yotadi. Shuning uchun keng ma'noda yorug'lik infraqizil, ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlar to'plamidir. Bu nurlanishlarning tabiatini o'rganadigan fanga optika deyiladi va nurlanishlar spektriga optik spektr deyiladi.

1-§. Yorug'likning tabiati haqida to'liqin va kvant tasavvurlar

Optikaning rivojlanish jarayonida yorug'lik tabiati haqida ikki qarama-qarshi nazariya vujudga kelgan. Birinchi nazariyaga ko'ra, yorug'lik tabiati to'liqin xarakterga ega. Bu sohada birinchi bo'lib Robert Guk, Xristian Gyuygens, Tomas Yung, Arago, Koshi, Frenel kabi olimlar ko'plab ish qildilar. Keyinchalik ularning ishlari ingliz olimi Maksvell tomonidan ishlab chiqilgan elektromagnit nazariyaga asos bo'ldi va yorug'likning elektromagnit nazariyasi yaratildi. Bu nazariyaga ko'ra yorug'lik to'liqlari ko'ndalang to'liqlar bo'lib, elektr vektori \vec{E} va yorug'likning tarqalish tezligi s o'zaro perpendikulyardir. Yorug'likning to'liqin nazariyasi asosida yorug'lik interferensiyasi, yorug'lik diffraksiyasi, yorug'likning qutblanishi bilan bog'langan barcha hodisalar to'g'ri tushuntiriladi.

2-§. Yorug'likning to'liqin xossalari. Yorug'lik interferensiyasi

Oddiy sharoitlarda fazoda bir vaqtning o'zida juda ko'plab yorug'lik to'liqlari tarqaladi. Bu to'liqlar har xil manbalardan chiqayotgan yoki har xil predmetlar yuzalaridan qaytayotgan va sochilayotgan bo'lishi mumkin. Kundalik hayotdagi tajribalardan bilimizki, juda ko'plab tarqalayotgan yorug'lik to'liqlari bir-biriga xalaqit bermay fazoda tarqaladi, shu sababli biz predmetlarni ko'rganda ularni o'zini buzilmagan holda ko'ramiz. Yorug'lik to'liqlarini bunday tarqalishiga sabab sho'ki, yorug'lik elektromagnit to'liqlarning muhitga ta'siri shu muhitda boshqa elektr va magnit maydonlarning borligidan qat'iy nazar ro'y beradi. Bundan har xil elektromagnit to'liqlarning elektr va magnit maydonlari bo'shliqda tarqalganda o'zlarini kuchlanganliklarini, harakat yo'nalishini va boshqa xarakteristikalarini o'zgartirmaydilar degan xulosaga kelamiz. Bu haqiqatda

shunday ro'y beradi. Buni superpozitsiya prinsipi deb ataladi. Superpozitsiya prinsipi bajarilganda fazoda bir vaqtda tarqalayotgan elektromagnit to'liqlarning Y_e va N kuchlanganliklari o'zaro algebraik ravishda qo'shiladilar, lekin ikki yorug'lik to'liqining tebranishlarining fazalar ayirmasi vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lsa, bu prinsip bajarilmaydi. Bu to'liqlarni kogerent to'liqlar deyiladi. Kogerent to'liqlar qo'shilganda fazoning bir qismida yorug'likni kuchayishi ya'ni maksimumi, boshqa qismlarida yorug'likni susayishi, ya'ni minimumi kuzatiladi. Bunday hodisaga yorug'lik to'liqlarining interferensiyasi deyiladi. Yorug'lik interferensiyasi faqat kogerent yorug'lik to'liqlari qo'shilganda ro'y beradi.

Agar ekranda uchrashayotgan ikki kogerent yorug'lik to'liqlarining optikaviy yo'llari farqi Δ juft sonli $\frac{\lambda}{2}$ to'liqin uzunligiga teng bo'lsa

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

interferensiya maksimumi kuzatiladi.

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

interferensiya minimumlari kuzatiladi.

Interferensiya hodisasini hayotda biz uchratib turamiz. Masalan, suv yuzidagi yupqa yog' yoki moy qatlamlariga yorug'lik tushganda ularning tovlanishini ko'ramiz. Bu hodisaga optikada yupka plastinkalar rangi deb nom berilgan.

3-§. Yorug'lik diffraksiyasi

Yorug'likni fazoda tarqalishini kuzatib yorug'lik to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi degan xulosaga kelamiz. Haqiqatdan ham, biror teshikdan yorug'lik o'tsa, u uzun nur konusini hosil qiladi. Agar shu teshikni yana kichraytirsak, u holda yorug'lik teshikdan sfera bo'ylab tarqaluvchan bo'ladi. Bu hodisani birinchi bo'lib italyan olimi Grimaldi kuzatgan va uni yorug'lik diffraksiyasi deb atagan. Umuman, yorug'lik diffraksiyasi deb yorug'likni tor teshiklardan va to'siq chetidan o'tganda to'g'ri chiziqli tarqalishining buzilishiga aytiladi. Gyuygens yorug'likni tarqalish jarayonini tushuntirish uchun bir prinsipni bayon etdi. Bu prinsipni ma'nosi shunday: yorug'lik to'liqini kelib tebratgan har bir nuqta o'z navbatida manba bo'lib elementar yorug'lik to'liqlarini tarqatadi. Gyuygens prinsipini kamchiligi shundaki, elementar to'liqlarni qo'shganda ularni fazalarini hisobga olmaydi, holbuki bu to'liqlarning fazalari har xil bo'ladi. Bu kamchilikni Frenel to'ldirdi va elementar to'liqlarni fazalarini hisobga oldi. Natijada Gyuygens-Frenel prinsipi

vujudga keldi, uni ma'nosi shunday: chegaralangan yorug'lik to'lqinlari fronti tarqalganda hamma nuqtalardan chiqayotgan elementar to'lqinlar interferensiya natijasida bir-biri bilan qo'shilishib ketgan fazoning qismida qorong'ulik kuzatiladi.

Tirqishlar soni N va panjara doimiysi d o'zaro shunday bog'langan:

$$d = \frac{1}{N} = a + b$$

Ikki qo'shni tirqishdan o'tgan yorug'lik to'lqinlarining o'zaro yo'l farqi

$$\Delta = d \sin \varphi$$

ga teng bo'lib, bu yerda φ - difraksiya burchagi.

Difraksiyon panjara uchun yorug'likning kuchayishi, ya'ni maksimum sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta = d \sin \varphi = k\lambda, \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

Difraksiyon panjara uchun minimumlar sharti:

$$\Delta = d \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

4-§. Yorug'likni qutblanishi

Yorug'likning elektromagnit nazariyasiga ko'ra yorug'lik to'lqinlari ko'ndalang to'lqinlardir. Shu sababli yorug'lik to'lqinining elektr \vec{E} va magnit \vec{B} vektorlari nur yo'nalishiga nisbatan har xil orientatsiyada bo'lishi mumkin. Optikada bunday yorug'likni tabiiy yorug'lik deyiladi. Lekin yorug'lik to'lqinida tebranishlar yo'nalishi biror tarzda tartiblangan bo'lishi ham mumkin. Bunday yorug'likni qutblangan yorug'lik deyiladi. Agar yorug'lik vektorining tebranishlari faqat bitta tekislikda yuz berayotgan bo'lsa, bunday yorug'likni yassi yorug'lik deb ataladi. Bunda \vec{E} vektor tebranadigan tekislikni tebranish tekisligi deyiladi. Unga tik bo'lgan \vec{B} vektor tebranadigan tekislikka qutblanish tekisligi deyiladi. Yassi qutblangan yorug'likni tabiiy yorug'likdan qutblagich yoki polyarizatorlar deb ataluvchi asboblarday yordamida hosil qilinadi.

Ikki qutblovchi asbobdan o'tgan yorug'lik intensivligi J , shu asboblarning tekisliklari orasidagi φ burchakning kosinusi kvadratiga proporsional bo'ladi:

$$J = J_0 \cos^2 \varphi$$

Bu qonunni Malyus qonuni deyiladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, yorug'lik qaytganda va singanda ham qutblanar ekan. Yorug'lik qaytganda shunday α_{lim} burchak bor-ki, uning uchun

$$\text{tg} \alpha_{\text{lim}} = n_{2,1}$$

bajarilsa, qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'ladi. Bu ifodada $n_{2,1}$ $n_{1,2}$ ikki muhitning nisbiy sindirish ko'rsatkichi.

5-§. Geometrik optika tushunchalari

Yorug'lik to'lqinlari tarqalganda Poyting vektori yo'nalishi bo'yicha tarqaladi. Bu yo'nalishni odatda yorug'lik nuri deb ataladi. Shu yorug'lik nuri haqidagi tushunchaga asosanib ko'p optik hodisalarni ko'rib chiqish mumkin.

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{1}{F}$$

bu yerda F - fokus masofasi, a_1 va a_2 - optik markazdan buyumgacha va tasvirgacha bo'lgan masofalar.

Linzalar uchun linzaning optik kuchi D tushunchasi kiritilgan. Linzaning optik kuchi (havoda)

$$D = \frac{1}{F}$$

Mikroskop ikki optik asbob — obyektiv va okulyardan tuzilgan. Birinchi qisqa fokusli linza obyektiv rolini o'ynaydi, ikkinchi qisqa fokusli linza okulyar rolini o'ynaydi. Mikroskopni kattalashtirishi shunday ifodalanadi:

$$\lambda = \frac{a_0 \Delta}{f_1 f_2}$$

bu yerda Δ — obyektivdan tasvirgacha bo'lgan masofa, f_1 — obyektiv fokus masofasi, f_2 — okulyar fokus masofasi, a_0 — eng yaxshi ko'rish masofasi (25 sm).

6-§. Yorug'lik oqimi. Fotometrik kattaliklar

Optik diapazonga to'g'ri keladigan elektr magnit to'lqinlarining $(\lambda \approx 10^{-8} - 3.4 \cdot 10^{-7} \text{ m})$ energetik parametrlarini o'lchash bilan shug'ullanadigan optikaning bo'limiga fotometriya deyiladi. Sodda qilib aytganda, ko'zga ko'rinadigan yorug'lik ta'sirlarini o'lchash bilan shug'ullanadigan optikaning bo'limi fotometriya deyiladi. Fotometriya — yorug'lik energiyasining oqimi,

yorug'lik kuchi, yoritilganlik, ravshanlik, yorituvchanlik kabi fizik kattaliklar bilan ish ko'radi.

$$K_{\lambda} = \frac{U_{\lambda}}{U_{\lambda, \text{max}}}$$

kabi yoziladi, bunda K_{λ} ko'zning nisbiy sezgirligi, $U_{\lambda, \text{max}}$ ko'zning ma'lum to'liq uzunligidagi nurga bo'lgan maksimal ko'rish funksiyasi. Normal ko'z uchun $\lambda = 555 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5550 \text{ \AA}$ to'liq uzunligida $K_{\lambda} = 1$.

Yorug'lik oqimi F deb biror yuzadan vaqt birligi ichida o'tuvchi yorug'lik energiyasini ko'rsatuvchi fizik kattalikka aytiladi, ya'ni:

$$\Phi = \frac{Q}{t},$$

bunda Q — yorug'lik energiyasi, t — vaqt. Yorug'lik oqimining birligi lyumen (Lm) bo'lib, u 1 kd li yorug'likning 1 steradian fazoviy burchak bo'yicha yuborilgan oqimidir:

$$\Phi = 4\pi I = 1 \text{ kdp} * 1 \text{ cm}^2 = 1 \text{ kd} * 4\pi = 12.5 \text{ Lm}$$

Yorug'lik kuchi I :

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

Yorug'lik oqimi bir tekis tarqalgan holda

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

bo'ladi.

Yoritilganlik yuz birligiga perpendikulyar tushayotgan yorug'lik oqimi bilan xarakterlanadi, ya'ni

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{S_n}$$

Yoritilganlik birligi lyuks (Lk) bo'lib, u 1 m^2 yuzaga tekis perpendikulyar tushayotgan 1 Lm oqimga mos keladigan yoritilganlikdir:

$$1 \text{ Люкс (Лк)} = \frac{1 \text{ Люмен (Лм)}}{1 \text{ м}^2}$$

Ravshanlik deb, yuz birligidan yuzaga kelgan perpendikulyar yo'nalishda har bir kvadrat metrda 1 kd yorug'lik kuchi beradigan yuzaning ravshanligi olinib, ravshanlik birligi $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ bo'ladi. Demak, ravshanlik

$$B = \frac{I}{S_n} = \frac{I}{S \cos \varphi} \quad (6.8)$$

Bu yerda φ - yorug'lik nuri yo'nalishi bilan shu yorug'lik tarqatayotgan yuzaga o'tkazilgan perpendikulyar orasidagi burchak.

7-§. Yorug'lik dispersiyasi

Yorug'lik dispersiyasi deb, moddaning sindirish ko'rsatkichini yorug'lik to'liq uzunligiga bog'liqligidan yuz beradigan hodisalarga aytiladi. Yorug'lik dispersiyasini matematik ravishda shunday yozish mumkin:

$$n = f(\lambda) = \varphi(\omega)$$

Bu formulada $\omega = 2\pi\nu$ yorug'lik to'liqining chastotasi.

8-§. Yorug'likning kvant nazariyasi. Fotonlar

Hozirgi vaqtda ko'p optik hodisalarni faqat yorug'likni kvant nazariyasi asosida tushuntirish mumkin. Masalan, absolyut qora jismining nurlanishi, fotoeffekt, Kompton effekti va boshqalar. Yorug'likni kvant nazariyasini yaratishda A.Eynshteynning «yorug'lik kvantlari» mavjud degan g'oyasi rol o'ynadi, shunga ko'ra yorug'likni elementar zarrachalar — fotonlar oqimidan iborat deb qaraldi. Eynshteynning gipotezasi qator tajribalarda tasdiqlandi. Yorug'lik zarralari — fotonlarning mavjudligi tajribalarda tasdiqlangandan so'ng yorug'likni foton nazariyasi yoki kvant nazariyasi vujudga keldi. Bu nazariya optika tarixida bo'lgan korpuskulyar nazariyani eslatadi. Bu yorug'likning kvant nazariyasiga ko'ra bitta foton quyidagi energiyaga ega bo'ladi:

$$W = h\nu$$

bunda $h = 6.64 \cdot 10^{-34} \text{ Жс}$ — Plank doimiysi, ν - yorug'lik chastotasi. Foton massasi uchun shunday formula mavjud:

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

bu yerda $s = 3 \cdot 10^8 \text{ m/c}$ — vakuumda yorug'likning tarqalish tezligi.

Bu formula harakatdagi foton massasi uchun o'rinni. Demak, foton tinchlikdagi massaga ega emas. Foton yutilganda uning massasi va energiyasi moddaning zarralariga beriladi. Foton impulsi quyidagiga teng:

$$p = m \cdot c = \frac{h\nu}{c}$$

Fotoning vakuumdagi tezligi $s = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Demak, yorug'likni ham to'liq, ham zarracha sifatida ko'rish mumkin. Optikada buni dualizm deb ataladi.

9-§. Lazerlar

Moddadan yorug'lik o'tganda u yutiladi va sochiladi. Bu hodisalar optikada juda yaxshi o'rganilgan. Hozir bu jarayonlarga teskari bo'lgan hodisa, ya'ni moddadan yorug'lik o'tganida uning kuchayishi ham ro'y berishi aniqlandi. Bunday asboblari lazerlar deb ataladi. Ushbu jarayonni amalga oshirishi mumkinligini birinchi marta 1915 yilda Eynshteyn aytdi. A. Eynshteyn (o'z-o'zidan) spontan nurlanish bilan birga induksiyaalangan yoki majburiy nurlanish bo'lishi ham mumkinligi haqida bashorat qilgan. Lazerda yorug'likning kuchayishi moddadan o'tayotgan yorug'lik tomonidan induksiyaalangan nurlanish ta'sirida yuz beradi. Optik lazerlar birinchi marta 1960 yilda qurilgan.

Masala yechish uchun namunalari:

1-masala. Yo'g'on plastinka shaffof metallidan yasalgan. Uning sindirish ko'rsatgichi (ustgi yog'idan pastgi yog'igacha) n_1 qiymatidan n_2 qiymatigacha o'zgaradi.

Nur plastinkaga α burchak ostida tushadi. Nur plastinkadan qanday burchak ostida chiqadi.

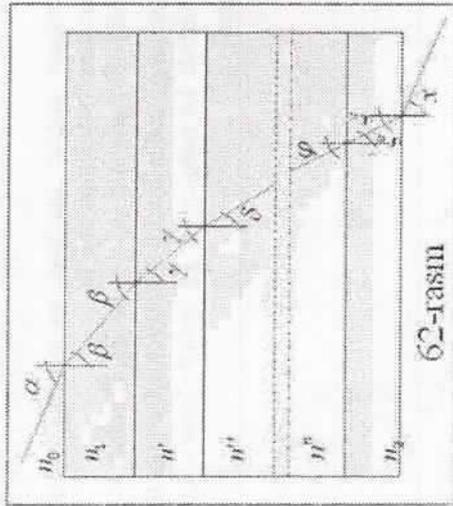
Berilgan:

n_1, n_2

α

$x = ?$

Yechilishi:



Plastinkani qalinligi juda kichik bo'lgan bir necha plastinkalarga bo'lamizki, bunda har bir plastinkaning sindirish ko'rsatgichi o'zgarmas kattalik bo'lsin. (6664-rasm).

Nur sindirish ko'rsatgichi n_0 bo'lgan muhitdan plastinkaga kirsini, plastinkadan esa sindirish ko'rsatgichi n_3 bo'lgan muhitga chiqsin. U vaqtda sindirish qonuniga ko'ra:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_0}, \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = \frac{n'}{n_1}$$

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \delta} = \frac{n''}{n'}$$

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \xi} = \frac{n_2}{n''}, \frac{\sin \xi}{\sin x} = \frac{n_3}{n_2}$$

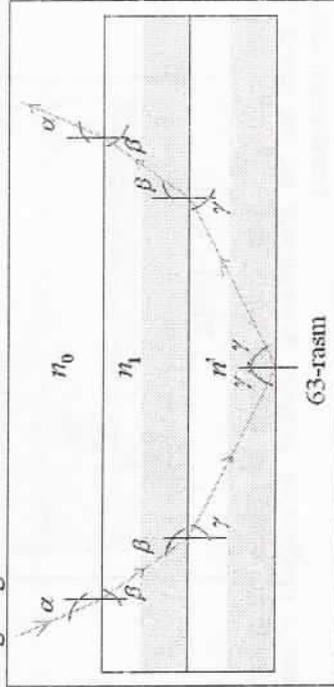
Bu tenglamalarni ko'paytirib, quyidagini topamiz: $\frac{\sin \alpha}{\sin x} = \frac{n_3}{n_0}$

Demak, nurning plastinkadan chiqish burchagi: $x = \arcsin\left(\frac{n_0}{n_3} \sin \alpha\right)$

Nur plastinkaga tushish burchagi va plastinkaning ikki tomonidan muhitning sindirish ko'rsatgichiga bog'liq.

Xususiy holni olib qaraymiz: $n_0 = n_3$ bo'lsa, U holda $x = \alpha$

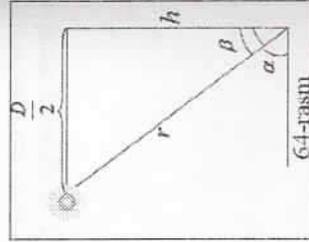
Umuman nurning vertikalidan og'ish burchagi θ plastinkaning istalgan nuqtasining sindirish ko'rsatgichi n ga $n \sin \theta = \text{const} = n_0 \sin \alpha$ munosabat orqali bog'langan.



63-rasm

Agar plastinkaning biror nuqtasida sindirish ko'rsatgichi $n = n_0 \sin \alpha$ qiymatga yetsa, u holda ichki qaytish yuz beradi. Bu holda nur plastinkaga qanday burchakda kirgan bo'lsa shunday burchak bilan plastinkadan chiqib ketadi (64-rasm.)

2-masala. Diametri $D=30m$ bo'lgan doiraviy zalni shipining markazga osilgan lampa bilan yoritiladi. Agar zal devorlarining eng kam yoritilganligi polning eng kam yoritilganligidan ikki mara katta ekanligi ma'lum bo'lsa, zalning



64-rasm

balandligi h ni toping.

Berilgan:

$$D=30m$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 2$$

$h=?$

Yechilishi:

Zal devorlarining eng kam yoritilganligi (64-rasm):

$$E_1 = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

Polning eng kam yoritilganligi: $E_2 = \frac{I \cos \beta}{r^2}$

Shartga ko'ra:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

3-chizma asosida belgilangan burchaklarning kosinusini aniqlaymiz:

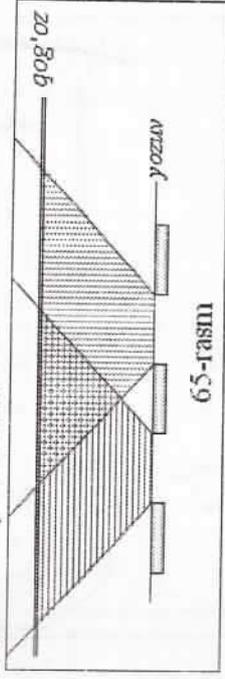
$$\cos \alpha = \frac{h}{r}$$

$$\cos \alpha = \frac{D}{2r}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \Rightarrow h = \frac{D}{4}$$

$$\text{Hisoblaymiz: } h = \frac{30m}{4} = 7,5m$$

3-masala. Nima uchun papiros qog'ozni kitob betiga qo'ygan holdagina kitobdagi yozuvni o'qish mumkin?



65-rasm

Yechilishi:

Papiros qog'ozni o'ziga tushgan yorug'lik nurlarini har tomonga tarqatadi.

Agar qog'oz kitob tekstdan biror masofada yotgan bo'lsa, u holda oq bet qisimidan (harflar orasidan) qaytgan tarqaluvchi yorug'lik dastasi yozuvga qaratilgan papiros qog'oz tomonida berkinadi. (65-rasm)

Natijada qog'oz bir xil yoritilgan bo'ladi va u sochgan yorug'ligida yozuvni o'qish mumkin bo'lmaydi.

Agar qog'oz yozuvga bevosita qo'yilgan bo'lsa, u holda qog'oz betining yozuvga yopishgan tomoni bir xilda yoritilmaydi. Mos holda qog'ozning turli qismlarida tarqalayotgan yorug'likning intensivligi har xil bo'ladi. Bu esa yozuvni o'qishga imkoniyat tug'diradi.

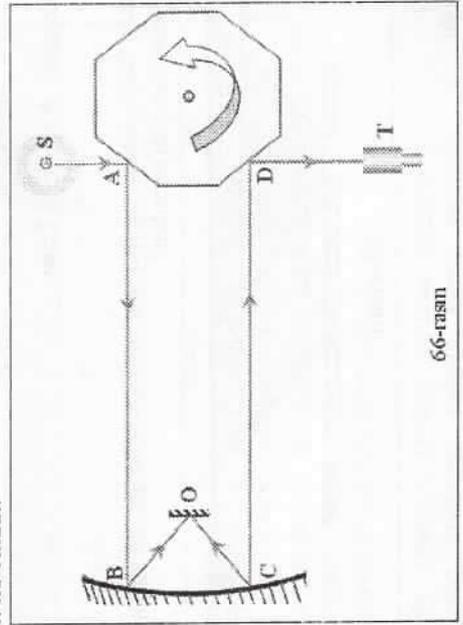
4-masala. Yorug'likning tezligini aniqlash uchun o'tkazilgan maykelson tajribasining sxemasi 66-rasmda ko'rsatilgan. $AB=l=35,5$ km. S manba T truba orqali ko'rinishi uchun sakkiz oyoqli K prizma qanday chastota bilan aylanishi kerak? OB masofa AB ga nisbatan juda kichik.

Berilgan:
 $AB=l=35,5$ km

$v=?$

Yechilishi:

Agar $t = \frac{2l}{c}$ vaqt ichida yorug'lik ABOCD yo'lni o'tganda prizma to'la aylananing $1/8, 2/8, 3/8, \dots$, umumani $k/8$ qismiga burilishni ulgursa, manba truba orqali ko'rinadi.



66-rasm

Shuning uchun $t = \frac{2l}{c} = \dots = \frac{k}{v \cdot 8}$

$$\text{Demak, } f = k \cdot \frac{c}{16l} \approx 528 k$$

Bu yerda $k=1,2,3,\dots$

Javob: $f \approx 528 k$

5-masala. Marbadan uzoqlashtirilgan yupqa shisha ponaga to'lqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik to'lqinlar oqimi normal tushmoqda. Ponadan d masofada ekran joylashtirilgan bo'lib, fokus oralig'i f bo'lgan linza ekranda pona hosil qilgan interferension manzarani proektsiyalab beradi. Ekranda interferension yo'llar orasidagi masofa Δl ga teng.

Agar shishaning sindirish ko'rsatgichi n ma'lum bo'lsa, ponaning α burchagini toping.

Berilgan:

$\lambda, d, f, \Delta l$

$\alpha=?$

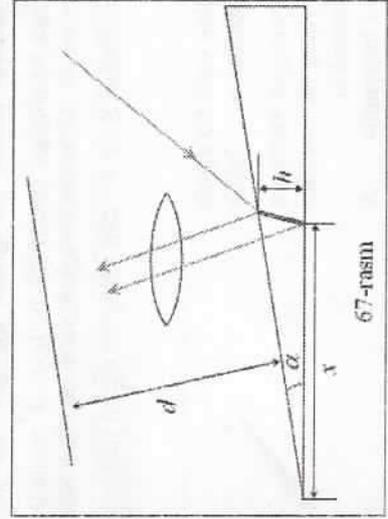
Yechilishi:

Ponaning turli qiralaridan qaytgan 1 va 2 nurlar interferensiyalanganda (67-rasm) minimum sharti quyidagicha yoziladi: $2hn = k\lambda$ ($k=0,1,2$).

Chunki α burchak kichik, u holda $h \approx x \cdot \alpha$

Demak, polosaning o'zidagi interferension polosalar orasidagi masofa:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha n}$$



67-rasm

Linzaning kattalashtirish formulasiga asosan $\frac{\Delta x}{\Delta l} = \frac{a}{b}$, bunda a-ekrandan linzaga bo'lgan masofa, b-linzadan ponagacha bo'lgan masofa.

$b=d-a$ bo'lgani uchun, linza formulasidan $\frac{1}{a} + \frac{1}{d-a} = \frac{1}{f}$, a va b ni qisqartirib, izlanayotgan α ning qiymatini topamiz:

$$\alpha = \frac{\lambda}{2n\Delta l} \frac{d \pm \sqrt{d^2 - 4fd}}{d \pm \sqrt{d^2 - 4fd}}$$

Bu masalaning yechimi bir qiymatli emas. Bu d va f ning ma'lum qiymatida linzaning ikki xil holatida ekranda aniq tasvirni hosil qiladi.

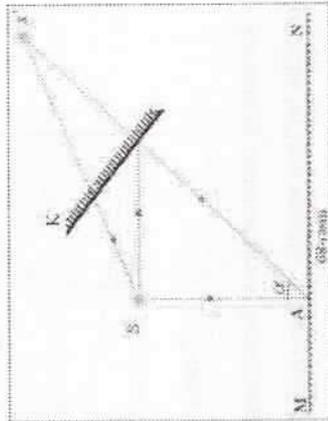
$$\text{Javob: } \alpha = \frac{\lambda}{2n\Delta l} \frac{d \pm \sqrt{d^2 - 4fd}}{d \pm \sqrt{d^2 - 4fd}}$$

6-masala. Nuqtaviy S yorug'lik manbai MN yuzani yoritmoqda. Agar manbadan A nuqtagacha bo'lgan masofa r bo'lsa va manbaning yoniga shunday masofada yassi ko'zgu $\alpha = 45^\circ$ burchak ostida qo'yilsa A nuqtadagi yoritilganlik qanday o'zgaradi.

Berilgan:

$$\frac{E}{E_0} = ?$$

S yorug'lik oqimining ko'zgudan qaytib A nuqtaga tushishi avvalgi holatdagi nisbatan tushayotgan yorug'lik oqimini orttiradi. A nuqtaning yoritilganligini aniqlash uchun, ko'zgudan qaytgan nur xuddi yorug'lik manbasining ko'zgu tekisligiga simmetrik bo'lgan S' nuqtadan kelayotgan nur deb qarash mumkin. U holda ko'zguni yo'q deb hisoblab, A nuqtaga ikkita yorug'lik manbalari S va S' dan yorug'lik oqimi tushmoqda deb faraz qilish mumkin.



Yorug'lik oqimi yassi ko'zguda yutilmagan deb hisoblansa, u holda S va S' dan tushayotgan yorug'lik oqimlari hamda yorug'lik kuchlari bir xil deb qarash mumkin.

Ko'zgu bo'lmaganida A nuqtadan yoritilganlik: $E_0 = \frac{I}{r^2}$,

Chunki $SA = r$.

Keyingi, ko'zgu qo'yilgan hol uchun A nuqtadagi yoritilganlik:

$$E = E_0 + E' \text{ yoki } E = \frac{I}{r^2} + \frac{I}{S'A^2} \cos \alpha$$

Bu yerda $S'A = (\sqrt{2} + 1)r$

$$\text{Chizmadan ma'lumki: } \cos \alpha = \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

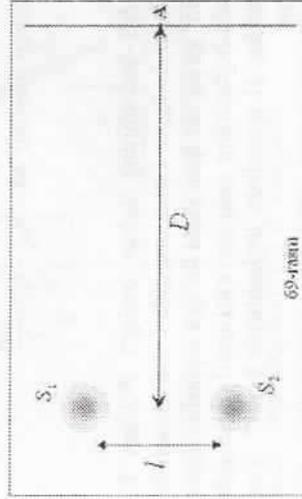
$$\text{U holda: } E = \frac{I}{r^2} \cdot 1,12 \approx 1,12 E_0$$

$$\frac{E}{E_0} = 1,12$$

Demak, A nuqtadagi yoritilganlik 1,12 marta ortar ekan.

Javob: 1,12 marta ortadi.

7-masala. Yorug'likning ikkita S_1 va S_2 kogerent manbalari bir-biriga l masofada joylashgan. Manbadan $D \gg l$ masofada ekran joylashtirilgan. (670-rasm).



Agar manba to'lqin uzunligi λ bo'lgan yorug'lik chiqarayotgan bo'lsa, ekran o'rtasiga yaqinroq joydagi (A nuqtada) qo'shni interferensiyon polosalar orasidagi masofani aniqlang.

Berilgan:

D, l

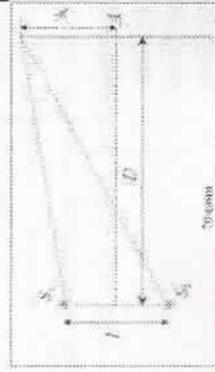
λ

$D \gg l$

$\Delta h = ?$

Yechilishi:

Agar yo'llar ayirmasi $d_2 - d_1 = k\lambda$ bo'lsa, bunda $k = 0, 1, 2, \dots$ - butun sonlar (70-rasm), ekraning ixtiyoriy nuqtasida maksimum yoritilganlik kuzatiladi.



Pifagor teoremasiga asosan:

$$\begin{cases} d_2^2 = D^2 + \left(h_k + \frac{l}{2}\right)^2 \\ d_1^2 = D^2 + \left(h_k - \frac{l}{2}\right)^2 \end{cases}$$

Bundan:

$$d_2^2 - d_1^2 = D^2 + \left(h_k + \frac{l}{2}\right)^2 - D^2 - \left(h_k - \frac{l}{2}\right)^2 = 2h_k l$$

$$(d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2h_k l$$

Masala shartiga ko'ra $d_2 + d_1 \approx 2D$.

$$\text{Demak, } (d_2 - d_1) = k \lambda \approx \frac{2h_k l}{2D}$$

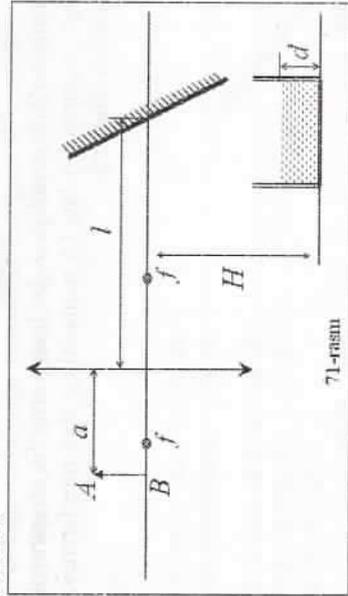
Ekran markazidan k-yorug'lik yo'lining oraliq'i $h_k = \frac{k \lambda D}{l}$.

$$\text{Yo'llar orasidagi masofa: } \Delta h = h_{k+1} - h_k = \frac{\lambda D}{l}$$

$$\text{Javob: } \Delta h = \frac{\lambda D}{l}$$

8-masala. AB buyumning fokus oraliq'i $f=30\text{sm}$ bo'lgan linzadan $a=35\text{sm}$ masofada joylashgan. Linza orqasida $l=1\text{m}$ masofada linzaning optik o'qiga nisbatan 45° ga og'dirilgan yassi ko'zgu joylashtirilgan (71-rasm)

Suvli vannada buyumning aniq tasvirini hosil qilish uchun uning tubini optik o'qidan qanday H masofada joylashtirish kerak? Vannadagi suvning balandligi $d=20\text{sm}$.

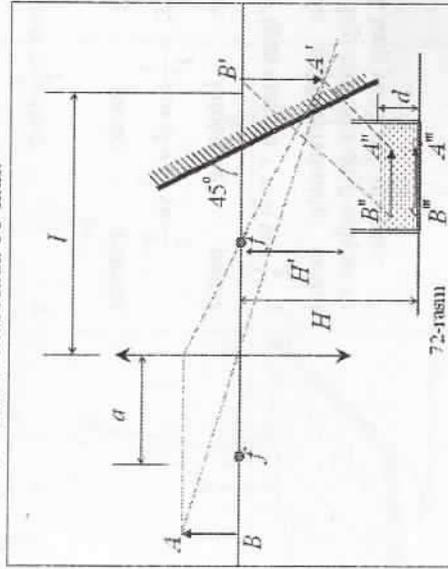


Berilgan:
 $f=30\text{sm}$
 $a=35\text{sm}$
 $d=20\text{sm}$

$\Delta h = ?$

Yechilishi:

Ko'zgu suv buyumning $A'B'$ tasviri linzadan $b = \frac{af}{a-f}$ masofada hosil bo'ladi (72-rasm). Ko'zgu qaytgandan keyin tasvir $A''B''$ holatini oladi va optik o'qdan $H' = b - l = 80\text{sm}$ masofada bo'ladi.



D qalinlikdagi suv qatlami tasvirini $H - H' = d(1 - \frac{1}{n})$ masofaga ko'chiradi, bunda, n - suvning sindirish ko'rsatgichi.

$$\text{Demak, } H = d(1 - \frac{1}{n}) + H'$$

$$\text{Hisoblaymiz: } H = 20\text{sm} \cdot (1 - \frac{1}{4}) + 80\text{sm} = 85\text{sm}$$

Javob: $H=85\text{sm}$

9-masala. Stolda kitob ochilgan holatda yotibdi. Kitobning $l=52\text{sm}$ uzunlikdagi koreshogi stol lampasiga qaratilgan. Varoqning yuqori tomonini lampaga tolasi bilan birlashtiruvchi chiziq xuddi shunday l uzunlikka ega va stol sirtiga $\varphi = 60^\circ$ burchak ostida og'gan. Lampaning yorug'lik kuchi $I=60\text{kcd}$ bo'lsa, kitob varog'i betining yuqori va pastki tomonlarining yoritilganliklari farqini toping.

Berilgan:
 $l=52\text{sm}$

$\varphi = 60^\circ$
 $I = 60 \text{ kd}$
 $E_1 - E_2 = ?$

Yechilishi:

Agar lampa tolasini nuqtaviy yorug'lik manbai deb qabul qilinsa, u holda 73-rasmga asosan kitob yuqori qismining yoritilganligi:

$$E_1 = \frac{I}{l^2} \cos \alpha = \frac{I}{l^2} \sin \varphi$$

Kitobning pastki qismida yoritilganlik: $E_1 = \frac{I}{l^2} \cos \beta = \frac{I}{l^2} \sin \frac{\varphi}{2}$

Manbadan kitobning pastki qismigacha bo'lgan masofa $r = 2l \cos \frac{\varphi}{2}$

Bu yerda uchburchakning tashqi burchagi haqidagi teorema qo'llanilgan va bu uchburchak teng yonli deb olingan.

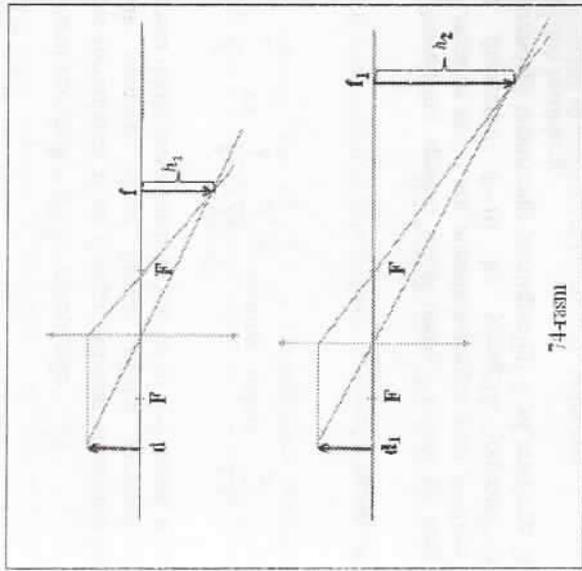
Demak:

$$E_1 - E_2 = \frac{I}{l^2} \left[\sin \varphi - \frac{\sin \frac{\varphi}{2}}{4 \cos^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right)} \right] \approx 155/k$$

Javob: $E_1 - E_2 \approx 155/k$

10-masala. Yig'uvchi linza ekranda biror obyektning tasvirini beradi. Tasvirning balandligi h_1 ga teng. Ekran va obyektning qo'zg'almaydigan qilib, linzani ekranga tomon surilsa, ekranda balandligi h_2 ga teng bo'lgan obyektning ikkinchi aniq tasviri hosil bo'ladi. Obyektning haqiqiy balandligi h ni toping. Obyekt va ekran orasidagi masofa qanday shartni qanoatlantirishi kerak.

Berilgan:
 h_1, h_2
 $h = ?$



Yechilishi:

I usul.

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad \text{linza formulasi va } k = \frac{f}{d} = \frac{h}{h_1} \quad \text{linzaning kattalashirishiga}$$

egamiz. Bu ifodani quyidagicha o'zgartiramiz: $\frac{fd}{f+d} = F \quad (1)$

$$\text{Va } \frac{f}{f+d} = \frac{h}{h_1+h} \quad \text{yoki } \frac{d}{f+d} = \frac{h_1}{h_1+h}$$

Keyingi ikkita ifodani quyidagicha topamiz: $fd = (f+d) \frac{h_1 h}{(h_1+h)^2} \quad (2)$

Linza sijitilgandan keyin quyidagiga ega bo'lamiz: $\frac{f_1 d_1}{f_1 + d_1} = F$

$$f_1 d_1 = (f_1 + d_1) \frac{h_2 h}{(h_2 + h)^2} \quad (3)$$

$f_1 d_1$ va $f_2 d_2$ larni hisobga olib, (1) va (2) tenglamalardan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{h_1 h_2}{(h_1 + h_2)^2} = \frac{h_2 h_1}{(h_2 + h_1)^2}$$

Bu tenglamalarni yechib $h = \sqrt{h_1 h_2}$ ni topamiz.

II usul. Linza formulasini d va f larga nisbatan simmetrik bo'lganligi sababli tasdiqlash mumkin. Agar linzani silljitiib predmet va ekran mahkamlangan holda ikkita tasvir hosil bo'lsa, ya'ni $d+f=\text{const}$, u holda $d_1=f_2$ va $f_1=d_2$.

Bundan $\frac{h_1}{h} = \frac{f_1}{d_1}$ va $\frac{h_2}{h} = \frac{f_2}{d_2}$, shuning uchun $\frac{h_1 h_2}{h^2} = 1$, bundan

$$h = \sqrt{h_1 h_2}.$$

Javob: $h = \sqrt{h_1 h_2}$

11-masala. Proyeksiyon apparat fokus oraliq'i $f=5\text{sm}$ ga teng bo'lgan obyektivga ega. Linzadan $a=5,1\text{sm}$ masofada turgan yuzi $S=10\text{sm}^2$ ga teng bo'lgan kvadrat diapozitiv $\Phi=10\text{lm}$ yorug'lik oqimini o'tkazadi. Diapozitivning ekrandagi tasvirining yoritilganligi E ni aniqlang. Yorug'lik oqimi sochilmaydi deb hisoblang.

Berilgan:

$$f=5\text{sm}$$

$$d=5,1\text{sm}$$

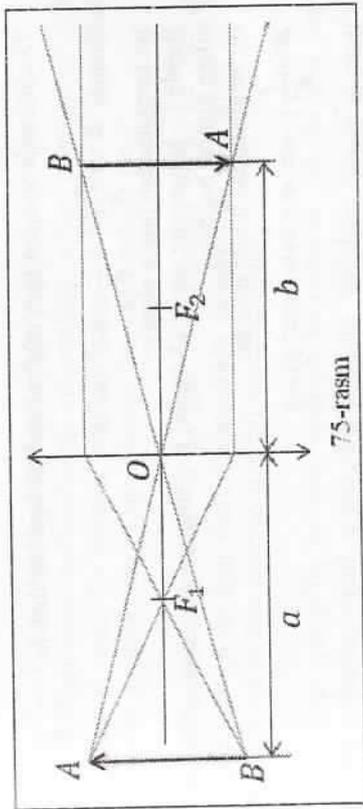
$$S=10\text{sm}^2$$

$h=?$

Yechilishi:

Proyeksiyon apparatning teskari kattalashtirilgan haqiqiy tasviri beradi. (75-rasm)

Agar diapozitiv AB S yuzaga ega bo'lsa, u holda S yuzaga nisbatan kattalashgan yuz S' ga ega bo'ladi. Diapozitivning yoritilganligi $E = \frac{\Phi}{S}$ teng.



75-rasm

Tasvirning yoritilganligi $E' = \frac{\Phi'}{S'}$ ga teng. Ammo $\frac{S'}{S} = \frac{f^2}{d^2}$ (ABO va

$A'B'O'$ uchburchakning o'xshashligidan diapozitivning har qaysi tomoni $\frac{f}{d}$

martaga, barcha yuzi esa $\frac{f^2}{d^2}$ ga ortishi kerak).

$$\text{Bundan: } E' = \frac{\Phi}{f^2} \cdot \frac{d^2 \Phi}{f^2 S}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \text{ linzaning formulasidan quyidagini topamiz: } f = \frac{df}{d-f}.$$

$$\text{Demak, } E' = \frac{\Phi}{S} \left(\frac{d-f}{f} \right)^2$$

$$\text{Hisoblaymiz: } E' = \frac{\Phi}{S} \left(\frac{d-f}{f} \right)^2$$

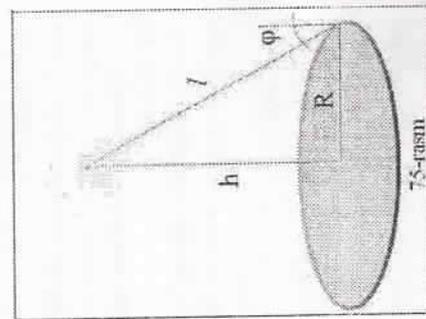
$$E' = \frac{10\text{lm}}{10 \cdot 10^{-4} \text{m}^2} \left(\frac{5,1-5}{5} \right)^2 = 4/\text{lk}$$

Javob: 4 lk

12-masala. Dumaloq stol chetlarida juda katta yoritilganlik hosil qilish uchun lampani stol markazidan qanday balandlikka joylashtirish kerak?

Yechilishi: Stol chetlarining yoritilganligi:

$$E = \frac{l \cos \varphi}{l^2}$$



75-rasm

fd va f_1d_1 larni hisobga olib, (1) va (2) tenglamalardan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{h_1h}{(h_1+h)^2} = \frac{h_2h}{(h_2+h)^2}$$

Bu tenglamani yechib $h = \sqrt{h_1h_2}$ ni topamiz.

II usul. Linza formulasini d va f larga nisbatan simmetrik bo'lganligi sababli tasdiqlash mumkin. Agar linzani sijitib predmet va ekran mahkamlangan holda ikkita tasvir hosil bo'lsa, ya'ni $d+f = \text{const}$, u holda $d_1 = f_2$ va $f_1 = d_2$.

Bundan $\frac{h_1}{h} = \frac{f_1}{d_1}$ va $\frac{h_2}{h} = \frac{f_2}{d_2}$, shuning uchun $\frac{h_1h_2}{h^2} = 1$, bundan

$$h = \sqrt{h_1h_2}.$$

Javob: $h = \sqrt{h_1h_2}$

11-masala. Proyeksiyon apparat fokus oraliq'i $f=5\text{sm}$ ga teng bo'lgan obyektivga ega. Linzadan $a=5,1\text{sm}$ masofada turgan yuzi $S=10\text{sm}^2$ ga teng bo'lgan kvadrat diapozitiv $\Phi=10\text{lm}$ yorug'lik oqimini o'tkazadi. Diapozitivning ekrandagi tasvirining yoritilganligi E ni aniqlang. Yorug'lik oqimi sochilmaydi deb hisoblang.

Berilgan:

$$f=5\text{sm}$$

$$d=5,1\text{sm}$$

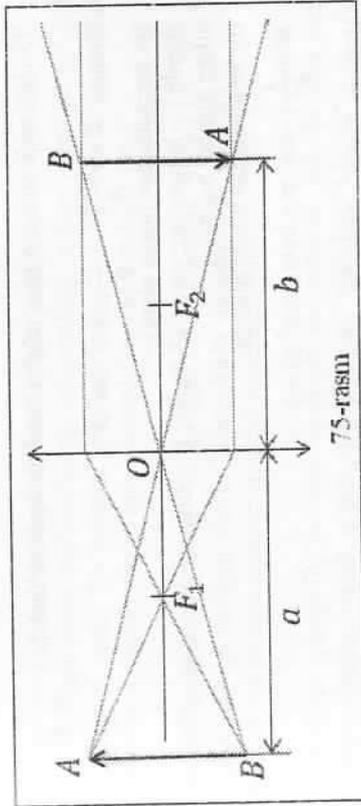
$$S=10\text{sm}^2$$

$h=?$

Yechilishi:

Proyeksiyon apparatning teskari kattalashtirilgan haqiqiy tasviri beradi. (75-rasm)

Agar diapozitiv AB S yuzaga ega bo'lsa, u holda S yuzaga nisbatan kattalashgan yuz S' ga ega bo'ladi. Diapozitivning yoritilganligi $E = \frac{\Phi}{S}$ teng.



75-rasm

Tasvirning yoritilganligi $E' = \frac{\Phi'}{S'}$ ga teng. Ammo $\frac{S'}{S} = \frac{f^2}{d^2}$ (ABO va

$A'B'O'$ uchburchakning o'xshashligidan diapozitivning har qaysi tomoni $\frac{f}{d}$

martaga, barcha yuzi esa $\frac{f^2}{d^2}$ ga ortishi kerak).

$$\text{Bundan: } E' = \frac{\Phi}{f^2} \cdot \frac{d^2}{S} = \frac{d^2}{f^2} \cdot \frac{\Phi}{S}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \text{ linzaning formulasidan quyidagini topamiz: } f = \frac{df}{d-f}.$$

$$\text{Demak, } E' = \frac{\Phi}{S} \left(\frac{d-f}{f} \right)^2$$

$$\text{Hisoblaymiz: } E' = \frac{\Phi}{S} \left(\frac{d-f}{f} \right)^2$$

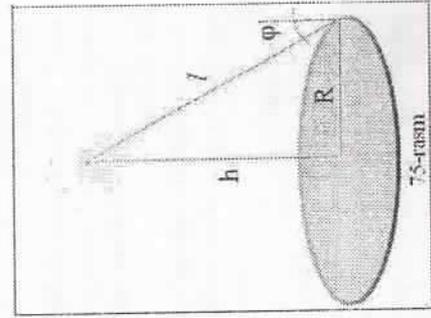
$$E' = \frac{10\text{lm}}{10 \cdot 10^{-4}\text{m}^2} \left(\frac{5,1-5}{5} \right)^2 = 4\text{lk}$$

Javob: 4 lk

12-masala. Dumaloq stol chetlarida juda katta yoritilganlik hosil qilish uchun lampani stol markazidan qanday balandlikka joylashtirish kerak?

Yechilishi: Stol chetlarining yoritilganligi:

$$E = \frac{l \cos \varphi}{l^2}$$



75-rasm

75-chizmada hosil bo'lgan to'g'ri burchakli uchburchakda $l = \frac{R}{\sin \varphi}$

$$\text{Demak, } E = \frac{I \cos \varphi}{R^2} = \frac{I}{R^2} \cos \varphi \cdot \sin^2 \varphi$$

Bu tenglamadan hosila olamiz:

Bunda I – lampaning yorug'lik kuchi, R – stolning radiusi φ – nurlarning stol sirtiga tushish burchagi.

Bu tenglamadan hosila olamiz:

$$E' = \frac{I}{R^2} (-\sin^3 \varphi + 2 \sin \varphi \cos^2 \varphi) = 0$$

Bundan kelib chiqadiki, φ burchak $1 - \sin^2 \varphi = \frac{1}{2} \sin^2 \varphi$ tenglamani

qanoatlantirgandagina E eng katta qiymatni ya'ni $\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{2}{3}}$

Lampa stol ustidan $h = \frac{\sqrt{2}}{2} R$ balandlikka osilishi kerak

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Ultrabinafsha nurlanishning vakuumdagi to'liq uzunligi 1,5 TO'5 cm (u tashqi) etadi. To'liqning tarqalish tezligi 1,5 10s m/s bo'lgan modda ichida shu nurlanishning to'liq uzunligi (nm da) qanchaga teng?

Javob: 75 <

2. Chastotasi 1,5-1015 Hz bo'lgan monoxromatik yorug'lik sindirish ko'rsatkichi 1,6 bo'lgan shaffof plastinkada tarqalmoqda. Shu yorug'likning plastinkadagi to'liq uzunligi (nm da) qanchaga teng?

Javob^ 125

3. Qizil yorug'lik to'liqini sindirish ko'rsatkichi 1,8 bo'lgan yupqa shaffof plyonka orqali o'tadi. Plyonkaning qalinligi 3,8 10^3 m. Agar yorug'likning vakuumdagi to'liq uzunligi 720 nm bo'lsa, plyonka ichida nechta yorug'lik to'liqini joylashadi? To'liq plyonka tekisligiga perpendikulyar ravishda tushadi.

Javob: 95

4. Difraksion panjara tekisligiga tik ravishda to'liq uzunligi 500 nm bo'lgan yorug'lik tushadi. Difraksion manzaradagi beshinchi bosh maksimum tushayotgan yorug'likka nisbatan 90° burchak ostida ko'rinishi uchun panjaraning l mm da nechta tirqish bo'lishi kerak?

Javob: 400

5. Agar difraksion panjaraga yorug'lik normal tushganda lampa spektning yashil chizig'i (to'liq uzunligi 550 nm) beshinchi tartibda 30° burchak ostida ko'rinsa, panjara davrini (nm da) aniqlang.

Javob: 5500

6. Agar davri 4,4 mkm bo'lgan difraksion panjaraga yorug'lik normal tushganda to'rtinchi tartibli maksimum 30° burchak ostida ko'rinsa, shu yorug'likning to'liq uzunligini (nm da) toping.

Javob: 550

7. Parallel yorug'lik dastasi gorizontol ravishda tarqalmoqda. Yassi ko'zgudan qaytgan dasta vertikal ravishda tarqalishi uchun ko'zguni gorizontga nisbatan qanday burchak ostida (gradusda) joylashtirish kerak?

Javob: 45

8. Gorizontga 30° burchak ostida tushib, ko'zgudan qaytgan quyosh nurlari yordamida vertikal quduqning tubini yoritish uchun ko'zgu gorizontga qanday burchak ostida (gradusda) joylashtirilishi kerak?

Javob: 60

9. Yassi ko'zgu tushuvchi va qaytuvchi nurlar yotgan tekislikka perpendikulyar bo'lib, nurning tushish nuqtasi orqali o'tuvchi o'q atrofiga qanday dir burchakka burilganda, tushayotgan va qaytayotgan nurlar orasidagi burchak 40° ga ortdi. Ko'zgu qanday burchakka (gradusda) burilgan?

Javob: 20

10. Odam vertikal devorda o'rnatilgan yassi ko'zgu ostida turibdi. U o'z tasvirini to'liq ko'ra olishi uchun ko'zguning minimal balandligi (cm da) qanday bo'lishi kerak? Odanning bo'yi 180 cm.

Javob: 90
11. Yassi ko'zgu buyumning ko'zgidagi tasviri turgan joyga ko'chirilganda, buyum va uning tasviri orasidagi masofa necha marta ortadi? Buyum qo'zg'almas holda turibdi.

Javob: 2
12. Yassi ko'zgu nuqtaviy yorug'lik manbai tomonga 10 cm/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Tasvir qanday tezlik bilan (cm/s da) harakatlanadi? Tezlik yo'nalishi ko'zgu tekisligiga perpendikulyar.

Javob: 20
13. Ikkita yassi ko'zgu bir-biriga nisbatan burchak ostida o'rnatildi va ular orasiga nuqtaviy yorug'lik manbai joylashtirildi. Bu manbadan birinchi ko'zgu gacha bo'lgan masofa 3 cm, ikkinchisigacha 4 cm. Birinchi tasvirlar orasidagi masofa 10 cm. Ko'zgu lar orasidagi burchakni (gradusda) toping.

Javob: 90
14. O'zaro 60° burchak ostida o'rnatilgan ikkita yassi ko'zgu da buyumning nechta tasviri hosil bo'ladi (ko'rinadi)?

Javob: 5
15. Ikkita yassi ko'zgu bir-biriga nisbatan burchak ostida o'rnatildi va ular orasiga nuqtaviy yorug'lik manbai joylashtirildi. Bu manbadan birinchi ko'zgu gacha bo'lgan masofa 3 cm, ikkinchisigacha 8 cm. Ko'zgu laridagi birinchi tasvirlar orasidagi masofa 14 cm. Ko'zgu lar orasidagi burchakni (gradusda) toping.

Javob: 120
16. Yassi-parallel shisha plastinkaga orasidagi masofa 3 cm bo'lgan ikkita yorug'lik nuri 60° burchak ostida tushadi. Shu nurlar plastinkadan chiqib ketadigan nuqtalar orasidagi masofani (cm da) toping.

Javob: 6
17. Sindirish ko'rsatkichiga teng bo'lgan shisha plastinkaga yorug'lik nuri qanday burchak (gradusda) ostida tushganda, singan nur qaytgan nurga perpendikulyar bo'ladi?

Javob: 60
18. Quyosh gorizont bilan sinusi 0,6 bo'lgan burchak hosil qiladi. Balandligi 170 cm bo'lgan tayoq 80 cm chuqurlikdagi hovuzning tubiga qoqib qo'yilgan. Bu tayoqning hovuz tubidagi soyasining uzunligini (cm da) toping. Suvning sindirish ko'rsatkichi 4/3.

Javob: 180 >
19. Yorug'lik nuri qalinligi 2 cm bo'lgan shaffof plastinkaga sinusi 0,8 bo'lgan burchak ostida tushadi. Nur plastinkadan o'tishda necha millimetrga siljiydi? Plastinka moddasining sindirish ko'rsatkichi 4/3.

Javob: 7

20. Yorug'lik nuri yassi ko'zgu ga sinusi $0,75$ bo'lgan burchak ostida tushmoqda. Agar ko'zgu ustiga sindirish ko'rsatkichi $4/3$ bo'lgan 2 cm qalinlikdagi shaffof plastinka qo'yilisa, qaytgan nur necha millimetrga siljiydi?

Javob: 12
21. Yorug'lik qandaydir shaffof modda ichida vakuumdagi yorug'lik tezligidan ikki marta kichik tezlik bilan tarqaladi. Shu moddaning vakuum bilan hosil qilgan chegara tekisligi uchun to'la qaytishning chegaraviy burchagi (gradusda) qanchaga teng bo'ladi?

Javob: 30
22. Sindirish ko'rsatkichi $5/3$ bo'lgan suyuqlik solingan idish tubida nuqtaviy yorug'lik manbai turibdi. Yuqoridan qaraganda manba ko'nmasligi uchun suyuqlik yuzida suzib yurgan noshaffof disk qanday minimal radiusga (cm da) ega bo'lishi kerak? Suyuqlik qatlamlarning balandligi 12 cm.

Javob: 9
23. Noshaffof keng idish sindirish ko'rsatkichi 1,25 bo'lgan suyuqlik bilan limmo-lim to'ldirilgan. Suyuqlikning usti 2 cm radiusli teshigi bo'lgan noshaffof plastina bilan yopildi. Agar idish bulutli osmonning har tarafdan tushadigan tarqoq nurlari bilan yoritilayotgan bo'lsa, uning tubidagi yorug' dog'ning diametrini (cm da) aniqlang. Suyuqlik qatlamining qalinligi 6 cm.

Javob: 20
24. Sindirish ko'rsatkichi 1,5 bo'lgan shisha ichida sindirish ko'rsatkichi $4/3$ bo'lgan suv bilan to'ldirilgan 9 cm radiusli sferik kovak bor. Kovakka parallel yorug'lik nurlari tushmoqda. Kovak ichiga kiradigan yorug'lik dastasining radiusini (cm da) aniqlang.

Javob: 8
25. Yorug'lik nurining birinchi muhitdan ikkinchisiga o'tishida sinish burchagi 45° ga, birinchi muhitdan uchinchisiga o'tishida esa sinish burchagi 30° ga teng (tushish burchagi bir xil). Uchinchi muhitdan ikkinchisiga o'tayotgan nur uchun to'la ichki qaytishning chegaraviy burchagini (gradusda) toping.

Javob: 45
26. Yorug'lik nurining havodan 40 cm qalinlikdagi suv qatlamiga tushish burchagi suv uchun to'la ichki qaytish burchagiga teng. Shu suv qatlamidan o'tish natijasida nurning siljishini (cm da) bisoblang. Suvning sindirish ko'rsatkichi 4/3.

Javob: 12
27. Hovuzning chuqurligi 2 m ga teng. Agar uning tubiga suvning tepasida egilib, vertikal pastga qaragan holda nazar solinsa, hovuzning tuyulma chuqurligini (cm da) aniqlang. Suvning sindirish ko'rsatkichi 4/3. Burchaklarni kichkina deb hisoblang, ya'ni tga - sine.

Javob: 150

28. Nuqtaviy yorug'lik manbai bilan kuzatuvchi orasiga 24 mm qalimikdagi shisha plastina o'rnatildi. Manbaniy ko'rinma vaziyati necha millimetrga siljiydi? Shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,5. Plastina kuzatish yo'nalishiga tik holatda, burchaklarni kichkina deb hisoblang, ya'ni $tga = \sin a$.

29. Ko'zlari ochiq holda suvga sho'ng'igan suzuvchi o'zining boshi tepasida suv sirtidan 75 cm balandlikda bo'lgan nur sochib turgan predmetga suv ostidan qaraydi. Predmetning ko'zga ko'rinadigan balandligi (suv sirtidan, cm da) qanday bo'ladi? Suvning sindirish ko'rsatkichi 4/3. Burchaklarni kichkina deb hisoblang, ya'ni $tga = sma$.

Javob: 8

30. Suvli idish tubida yassi ko'zgu yotibdi. Suv qatlaminin qalimligi 16 cm. Suv sirtidan 20 cm masofada nuqtaviy yorug'lik manbai joylashgan. Manbaniy suvdan qaytib chiqqan nurlardan hosil bo'lgan tasviri ko'zgudan qanday masofada (cm da) bo'ladi? Suvning sindirish ko'rsatkichi 4/3. Burchaklarni kichkina deb hisoblang, ya'ni $tga = sine$.

Javob: 100

31. Radiusi 5 cm bo'lgan shisha sharning sirtiga kichkina qora dog' chizib qo'yildi. Dog'ga sharning diametri bo'yicha qarama-qarshi tomonidan qaraladi. Uning ko'zga ko'rinadigan vaziyati shishaning (kuzatuvchiga) eng yaqin sirtidan qanday masofada bo'ladi? Shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,5.

Javob: 28

32. Yupqa shishadan yasalgan akvarium 3 cm radiusli shar shakliga ega. Akvarium suv bilan to'ldirildi va uning ichiga kichkina baliqcha qo'yib yuborildi. Baliqcha qandaydir vaqt momentida kuzatuvchining ko'zlari va shar markazi orasida, markazdan 1 m masofada joylashib qoldi. Baliqchani ko'zga ko'rinadigan vaziyati real vaziyatidan necha santimetrga yaqin bo'ladi? Suvning sindirish ko'rsatkichi 4/3.

Javob: 20

33. Fokus masofasi 17 cm bo'lgan yig'uvchi linzaga uning bosh optik o'qiga parallel bo'lgan yorug'lik dastasi tushmoqda. Bu linzadan fokus masofasi 0,09 m bo'lgan sochuvchi linza qanday masofada (cm da) o'rnatilganda, yorug'lik dastasi ikki linzadan o'tgach parallelligicha qoladi?

Javob: 20

34. Fokus masofasi 10 cm bo'lgan sochuvchi linzaga bosh optik o'qiga parallel bo'lgan silindrik nurlar dastasi tushmoqda. Linza ortida undan 20 cm masofada ekran o'rnatilgan bo'lib, unda 15 cm diametri dumaloq yorug' dog' hosil bo'lmoqda. Nurlar dastasining diametrini (cm da) aniqlang.

Javob: 8

35. Yig'uvchi linzaga bosh optik o'qqa parallel bo'lgan 15 mm diametri silindrik nurlar dastasi tushmoqda. Dastaning simmetriya o'qi linzaning optik markazi orqali o'tadi. Linzaning ortida binnchi marta linzadan 8 cm masofada. Ikkinchi marta esa 12 sm masotada ekran o'rnatilganda, ekranda hosil bo'luvchi yorug' dog'ning diametri bir xil bo'ladi. Shu diametr (mm da) qanchaga teng?

Javob: 3

36. Ekrandagi teshik ichiga fokus masofasi 10 cm bo'lgan sochuvchi linza o'rnatilgan. Linzaga parallel nurlar dastasi tushmoqda. Linzadan 30 cm masofada uning tekisligiga parallel ravishda ekran joylashgan. Sochuvchi linza xuddi shunday diametri yig'uvchi linzaga almashirilganda ekrandagi yorug'lik dog'ning radiusi o'zgaray qoldi. Yig'uvchi linzaning fokus masofasi (smda) qanchaga teng?

Javob: 6

37. Nuqtaviy yorug'lik manbai fokus masofasi 6 cm bo'lgan yig'uvchi linzaning fokusida o'rnatilgan. Linza ortida undan 12 cm masofada yorug'lik dog' ko'rinib turgan yassi ekran joylashtirilgan. Ekrandagi yorug' dog'ning radiusi 2 marta ortishi uchun yorug'lik manbaini optik o'q bo'ylab linza fokusidan qanday masofaga (cm da) ko'chirish kerak?

Javob: 2

38. Buyum fokus masofasi 15 cm bo'lgan yig'uvchi linzadan 20 cm masofada joylashgan. Tasvirdan linzagacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 60

39. Yig'uvchi linzaning fokus masofasi 20 cm. Agar buyumning aniq tasviri hosil bo'layotgan ekran linzaning orqa (ikkinchi) fokusidan 40 cm masofada joylashgan bo'lsa, buyumdan linzaning old (binnchi) fokusigacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 10

40. Buyumdan yig'uvchi linzagacha bo'lgan masofa fokus masofadan 1,5 marta katta. Tasvirdan linzagacha bo'lgan masofa fokus masofadan necha marta katta?

Javob: 3

41. Buyum optik kuchi 10 D bo'lgan yig'uvchi linzadan 8 cm masofada turibdi. Buyumning tasviri linzadan qanday masofada (cm da) joylashadi?

Javob: 40

42. Buyum optik kuchi 4 D bo'lgan yig'uvchi linzadan 20 cm masofada turibdi. Tasvirdan buyumgacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 80

43. Fokus masofasi 10 cm bo'lgan yig'uvchi linza o'zidan 15 cm masofada mavhum tasvir hosil qilmoqda. Buyum bu tasvirdan qanday masofada (cm da) joylashgan?

Javob: 9

44. Tasvirdan sochuvchi linzagacha bo'lgan masofa 0,75 fokus masofani tashkil etadi. Buyumdan linzagacha bo'lgan masofa fokus masofadan necha marta kattia?

Javob: 3

45. Buyumdan fokus masofasi 4 cm bo'lgan sochuvchi linzagacha bo'lgan masofa 12 cm ga teng. Tasvirdan buyumgacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 9

46. Buyumning sochuvchi linzadagi mavhum tasviri linzadan buyumdan linzagacha bo'lgan masofaga qaraganda 2 marta kichik masofada joylashgan. Agar linzaning fokus masofasi 50 cm bo'lsa, linzadan tasvirgacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 25

47. Sochuvchi linzaga (bir nuqtaga) yig'iluvchi nurlar dastasi tushmoqda. Nurlar linza orqali o'tgach, linzadan 15 cm masofadagi nuqtada kesishadi. Agar linza olib qo'yilsa, nurlarning kesishish nuqtasi linza tomonga qarab 5 cm ga siljiydi. Linzaning fokus masofasini (absolyut qiymat bo'yicha, cm da) aniqlang.

Javob: 30

48. Ikki nuqtaviy yorug'lik manbai bir biridan 24 cm masofada joylashgan. Manbalar orasiga ularning biridan 6 cm masofada yig'uvchi linza joylashtirilgan. Bunda har ikki manbani tasviri bitta nuqtada hosil bo'ldi. Linzaning fokus masofasini (cm da) toping.

Javob: 9

49. Yig'uvchi linza yordamida olingan buyumning haqiqiy tasviri linzadan 8 cm masofada joylashgan. Agar yig'uvchi linza fokus masofasi xuddi shu kattalikda bo'lgan sochuvchi linzaga almashtirilsa, bu buyumning mavhum tasviri linzadan 2 cm uzoqlikda bo'ladi. Linzalar fokus masofasining absolyut qiymatini (cm da) toping.

Javob: 32

50. Nuqtaviy yorug'lik manbai bilan ekran orasidagi masofa 3,75 m. Ekran manbani aniq tasviri yig'uvchi linzaning ikki vaziyatida hosil bo'ladi. Bu vaziyatlar orasidagi masofa 0,75 m. Linzaning fokus masofasini (cm da) toping.

Javob: 90

51. Nuqtaviy yorug'lik manbai fokus masofasi 6 cm bo'lgan yig'uvchi linzadan 9 cm masofada joylashgan. Bu linzaning ortida undan 6 cm masofada xuddi shunday boshqa bir linza turibdi. Manbani linzalar sistemasi hosil qilgan tasviri ikkinchi linzadan qanday masofada (cm da) joylashadi?

Javob: 4

52. Nuqtaviy yorug'lik manbai fokus masofasi 10 cm bo'lgan yig'uvchi linzadan 12 cm masofada joylashgan. Linzaning ortida 10 cm masofada linzaning bosh optik o'qiga perpendikulyar holda yassi ko'zgu o'rnatilgan. Ko'zgu qaytgach, linza orqali o'tgan nurlardan hosil bo'lgan tasvir linzadan qanday masofada (cm da) joylashgan.

Javob: 8

53. Nuqtaviy yorug'lik manbai fokus masofasi 6 cm bo'lgan yig'uvchi linzadan 8 cm masofada joylashgan. Linzaning ortida 15 cm masofada fokus masofasi 12 cm bo'lgan sochuvchi linza joylashgan. Manbani linzalar sistemasi hosil qilgan tasviri sochuvchi linzadan qanday masofada (cm da) joylashadi?

Javob: 36

54. Nuqtaviy yorug'lik manbai fokus masofasi 5 cm bo'lgan yig'uvchi linzadan 6 cm masofada joylashgan. Agar manba bilan linza orasiga yassi-parallel shisha plastmas qo'yilsa, nuqtaning tasviri qanday masofaga (cm da) siljiydi? Plastma linzaning bosh optik o'qiga perpendikulyar ravishda o'rnatilgan, plastmaning qalinligi 4,5 cm, shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,5.

Javob: 75

55. Proyeksiyon fonar obyektivining fokus masofasi 25 cm. Agar ekran obyektivdan 200 cm masofa uzoqlikda bo'lsa, fonar diapozitivning qanday kattalashtirib beradi?

Javob: 7

56. Daraxt 10 m masofadan suratga olingan. Fotoapparat obyektivining optik kuchi 12,6 D. Daraxt tanasining fotoplyonkadagi tasvirning kengligi 2 mm. Daraxt tanasining diametri (cm da) toping.

Javob: 25

57. Bo'yi 160 cm bo'lgan odamning fotoplyonkadagi tasvirining balandligi 2 cm. Agar odam 9 m masofadan suratga olingan bo'lsa, fotoapparat obyektivining optik kuchini (D da) toping.

Javob: 9

58. 3 marta kattalashgan haqiqiy tasvir hosil qilish uchun buyumni fokus masofasi 30 cm bo'lgan yig'uvchi linzadan qanday masofada (cm da) joylashtirish kerak?

Javob: 40

59. Predmetdan yig'uvchi linzagacha bo'lgan masofa fokus masofaning 1,25 qismini tashkil etadi. Linzaning kattalashtirishini toping.

Javob: 4

60. Yig'uvchi linzadan 60 cm masofada joylashtirilgan predmetning tasviri linzaning ort tomonida o'z kattaligida hosil bo'lgan. Agar predmet linza tomonga 20 cm ga surilsa, tasvir o'lchami necha marta kattalashadi?

Javob: 3

61. Predmet yig'uvchi linzaning old tomonida 0,2 m masofada joylashgan. Linza yordamida predmetning 5 marta kattalashtirgan mavhum tasviri hosil qilingan. Linzaning optik kuchini (D da) aniqlang.

Javob: 4

62. Yig'uvchi linza yordamida hosil qilingan predmetning mavhum tasviri linzadan uning fokusiga nisbatan 4 marta uzoqda joylashgan. Linza kattalashtirishini toping.

Javob: 5

63. Predmet va uning 3 marta kattalashtirgan haqiqiy tasviri orasidagi masofa 80 cm. Linzaning fokus masofasini (cm da) toping.

Javob: 15

64. Predmet va uning 5 marta kattalashtirgan mavhum tasviri orasidagi masofa 80 cm. Predmetdan linzagacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 20

65. Fokus masofasi 8 cm bo'lgan sochuvchi linza predmetni ikki marta kichraytiradi. Predmetdan linzagacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 8

66. Fokus masofasi 4 cm bo'lgan sochuvchi linza predmetning 4 marta kichraygan tasvirini beradi. Predmetdan tasvirgacha bo'lgan masofani (cm da) toping.

Javob: 9

67. Fokus masofasi 12 cm bo'lgan linza predmetning 3 marta kichraygan haqiqiy tasvirini shakllantiradi. Birinchisi o'rni joylashtirilgan boshqa linza predmetning 3 marta kattalashtirgan haqiqiy tasvirini hosil qiladi. Ikkinchi linzaning fokus masofasini (cm da) toping.

Javob: 36

68. Fokus masofasi 8 cm bo'lgan linza predmetning 5 marta kattalashtirilgan haqiqiy tasvirini hosil qiladi. Birinchi linzaning o'rni boshqasini joylashtirib, 5 marta kattalashtirgan mavhum tasvirga ega bo'lishimiz uchun uning fokus masofasi (cm da) qanday bo'lishi kerak?

Javob: 12

69. Yig'uvchi linza ekranda qandaydir predmetning tasvirini beradi. Tasvirning balandligi 9 cm. Ekran va predmetni qo'zg'almas qilib qo'yib, linza ekranga yaqinroq surildi va 4 cm balandlikdagi aniq tasvir hosil bo'ldi. Predmetning balandligini (cm da) toping.

Javob: 6

70. Fokus masofasi 5 cm bo'lgan yig'uvchi linzaning optik o'qi bo'ylab sterjen shunday joylashtirilganki, bunda uning o'rtasi linzadan 8 cm masofada turibdi. Agar sterjenning bo'y lama kattalashishi 5 ga teng bo'lsa, uning uzunligi (cm da) qanchaga teng?

Javob: 4

$$P_1 = \frac{P_{umf} \cdot \eta}{N \cdot \Delta \cdot 100} = \frac{10^3 \cdot 1 \cdot 0,1}{200 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 100} = 1(kW)$$

Javob : Bitta impuls nurlayotgan energiya 5 mJ va bitta impuls quvvati 1 kW.

6-masala. Agar kobalt elementining yarim yemirilish davri 71 kun bo'lsa, bir oydan keyin kobaltning radioaktiv yadrolarining necha protsenti qoladi?

Berilgan : Yechish :

$T_{1/2} = 71$ kun Radioaktiv yemirilish qonuni :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

$$T = 1 \text{ oy} = 30 \text{ kun} \quad \text{Bunda} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{71} \quad (*)$$

$$(*) \text{ ni inobatga olib (1) - ifodani: } N = N_0 e^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}$$

(2)

$$\eta = \frac{N}{N_0} = e^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}} = e^{-\frac{0,693 \cdot 30}{71}} = e^{-0,29} = 0,748 \quad (3)$$

Hisoblash : $\eta = e^{-0,29} = 0,748$

Yoki foizda : 75 %.

Javob : Bir oydan keyin radioaktiv kobaltning 75 % yadrolari yemirilmagan qoladi.

7-masala. Xlarning atom massasi 35,5. Xlarning ikkita izotopi bor : $^{35}_{17}Cl$ va $^{37}_{17}Cl$. Ularning protsent miqdorini toping.

Berilgan : Yechish :

$A = 35,5$ Xlor izotoplari atom massalari orasidagi farq

$$\Delta A = A_2 - A_1 = 37 - 35 = 2 \text{ ga teng.}$$

Xlarning atom massasi $A = 35,5$ bilan xlor izotoplari atom massalari orasidagi farq $\Delta A_1 = |A - A_1| = 0,5$ ga va

$$\Delta A_2 = |A - A_2| = 1,5 \text{ ga teng.}$$

U holda $\eta_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta A} \cdot 100\%$ (1) va $\eta_2 = \frac{\Delta A_2}{\Delta A} \cdot 100\%$ (2)

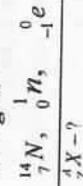
Hisoblash: $\eta_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta A} \cdot 100\% = \frac{0,5}{2} \cdot 100\% = 25\%$;

$\eta_2 = \frac{\Delta A_2}{\Delta A} \cdot 100\% = \frac{1,5}{2} \cdot 100\% = 75\%$.

Javob: ^{35}Cl 75% va ^{37}Cl 25% miqdorda bo'ladi.

δ -masala. $^{14}_7\text{N}$ azot yadrosini neytronlar bilan bombardimon qilganda hosil bo'lgan yadrodan proton otilib chiqadi. Shu reaksiyani yozing. Bunda hosil bo'lgan uglerod izotopining yadrosi esa β - radioaktiv bo'lib chiqdi. Bunda sodir bo'ladigan reaksiyani yozing.

Berilgan:



Yechish: 1. $^{14}_7\text{N}$, yadrosini neytronlar bilan bombardimon qilganda kechadigan yadro reaksiyasini yozamiz:



Masala shartiga binoan $^{15}_7\text{N}$ yadrosidan ^1_1P ajralib chiqqanligidan ushbu yadro reaksiyasini yozamiz:



Masala shartiga ko'ra uglerod radioizotopi ($^{14}_6\text{N}$) β - radioaktivligidan:



β - nurlanish elektronlar oqimi ekanligidan β o'rniga elektron simvoli $^0_{-1}\text{e}$ yoziladi.

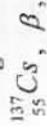
(1) -, (2) - va (3) - yadro reaksiyalari zaryad (Z) va massa (A) sonlarining saqlanish qonuniga asoslanib yoziladi.

Proton ^1_1P vodorod yadrosi ekanligidan ^1_1P ning o'rniga ^1_1H ni yozish mumkin.



δ -masala. Qishloq xo'jaligida ishlatiladigan γ - nurlanish qurilmalarida $^{137}_{55}\text{Cs}$ seziyning β radioaktiv izotopidan foydalaniladi. β yemirilish reaksiyasini yozing. Agar eng katta γ kvantlar energiyasi 0,66 MeV bo'lsa, γ - nurlanishning maksimal chastotasini toping. Agar β - zarralarning energiyasi 1,18 MeV bo'lsa, β - zarralarning relyativistik tezligini hisoblang.

Berilgan:

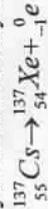


$E_\gamma = 0,66 \text{ MeV} = 6,6 \cdot 10^5 \text{ eV} = 10,62 \cdot 10^{-14} \text{ J}$

$E_\beta = 1,18 \text{ MeV} = 1,18 \cdot 10^6 \text{ eV} = 1,88 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

$v_{\text{max}} - ?, \quad U_\beta - ?$

Yechish: Zaryad va massa sonlarining saqlanish qonunlaridan foydalanib seziyning β - yemirilish reaksiyasi:



γ - kvantlarning maksimal chastotasi:

$E_\gamma = h \nu_{\text{max}} \Rightarrow \nu_{\text{max}} = \frac{E_\gamma}{h}$ (1) dan topiladi.

β - zarralarning relyativistik tezligini

$P = m U = \frac{1}{c} \sqrt{(2E_\beta + E)E}$ (2) dan foydalanib topamiz:

$$m U = \frac{1}{c} \sqrt{(2E_\beta + E)E} \Rightarrow \frac{m_0^2 v^2}{1 - v^2/c^2} = \frac{1}{c^2} (2m_0 c^2 + E)E$$

$$\frac{m_0^2 v^2 \cdot c^2}{c^2 - v^2} = 2m_0 E + \frac{E^2}{c^2}$$

$$m_0^2 v^2 \cdot c^2 = 2m_0 E \cdot c^2 - 2m_0 E \cdot v^2 + E^2 - \frac{v^2 \cdot E^2}{c^2}$$

$$(m_0^2 \cdot c^2 + 2m_0 E + \frac{E^2}{c^2}) v^2 = 2m_0 E \cdot c^2 + E^2$$

$$v^2 = \frac{2m_0 E \cdot c^2 + E^2}{m_0^2 \cdot c^2 + 2m_0 E + \frac{E^2}{c^2}}$$

$$v_\beta = \sqrt{\frac{2m_0 E \cdot c^2 + E^2}{m_0^2 \cdot c^2 + 2m_0 E + \frac{E^2}{c^2}}} = \sqrt{\frac{2m_0 E \cdot c^2 + E^2}{m_0 c + \frac{E}{c}}} \quad (3)$$

Hisoblash: 1) $\nu_{\text{max}} = \frac{E_\gamma}{h} = \frac{10,62 \cdot 10^{-14}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = 1,6 \cdot 10^{20} \text{ (Hz)}$

3) $v_\beta = \sqrt{\frac{2m_0 E \cdot c^2 + E^2}{m_0 c + \frac{E}{c}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,88 \cdot 10^{13} \cdot 9 \cdot 10^{16} + 3,56 \cdot 10^{-26}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8 + \frac{1,88 \cdot 10^{-13}}{3 \cdot 10^8}}} = 2,85 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,95c$

Javob: γ - nurlanishning maksimal chastotasi $1,6 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$ va β - zarralarning tezligi $0,95c$ ga teng.

10 -masala. $^{235}_{92}\text{U}$ ning bitta yadrosi ikki bo'lakka bo'linganda 220 MeV energiya ajraladi. Yadro reaktorida shu izotopdan 1 g «yoqilsa», qancha energiya ajralib chiqadi? Shuncha miqdorda energiya olish uchun qancha toshko'mir yoqish kerak?

Berilgan:

$${}^{235}_{92}\text{U}$$

$$W_0 = 20 \text{ MeV} = 2,2 \cdot 10^8 \text{ eV}$$

$$m = 1,2 = 10^{-3} \text{ kg}$$

$$q = 2,9 \cdot 10^4 \text{ J/kg}$$

$$W - ?, \quad m_k - ?$$

Yechish: ${}^{235}_{92}\text{U}$ ni issiqlik neytronlari bilan bombardimon qilganda quyidagi yadro reaksiyasi bo'yicha ${}^{235}_{92}\text{U}$ radioizotopi hosil bo'ladi.



Bu ${}^{236}_{92}\text{U}$ radioizotopining bo'linishi oqibatida masala shartida keltirilgan 220 MeV energiya hosil bo'ladi.

Endi 1 g ${}^{236}_{92}\text{U}$ parchalanganda hosil bo'ladigan energiyani aniqlaymiz.

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

(3) - yadro miqdorini aniqlash formulasi bo'lib, bunda m - radioizotop (uran-236) massasi; A - radioizotop (uran-236)ning massa soni.

Berilgan radioaktiv moddada yadrolar soni $n = v \cdot N_A$ (4) ifoda bilan topiladi.

U holda m - massali ${}^{236}_{92}\text{U}$ ning parchalanishida hosil bo'lgan umumiy energiya:

$$W = n \cdot W_0 = v N_A \cdot W_0 = \frac{m}{A} N_A \cdot W_0 \quad (5)$$

(5) - formula yordamida aniqlanadi.

Bunchalik energiya qancha ko'mir yonganda hosil bo'lishini

$$Q = qm = W \quad (6)$$

Yongan ko'mir massasini $m = \frac{W}{q} = \frac{v N_A W_0}{q} = \frac{m N_A W_0}{A q}$ (7) dan aniqlaymiz.

Hisoblash: 1 g massali ${}^{235}_{92}\text{U}$ radioizotopi parchalanganda hosil bo'ladigan energiya.

$$W = \frac{m}{A} N_A \cdot W_0 = \frac{10^{-3}}{236} \cdot 6,02 \cdot 10^{26} \cdot 200 = 5,1 \cdot 10^{23} \text{ (MeV)} = 23 \text{ MW} \cdot \text{soat}$$

2) $23 \text{ MW} \cdot \text{soat}$ energiya hosil qilish uchun yoqish zarur bo'lgan toshko'mir massasini (7) - ifodadan foydalanib aniqlaymiz:

$$m = \frac{m N_A W_0}{A \cdot q} = \frac{W}{q} = \frac{23 \text{ MW} \cdot \text{soat}}{2,9 \cdot 10^4 \text{ J/kg}} = \frac{8,2 \cdot 10^7 \text{ kg}}{2,9 \cdot 10^4} = 2,8 \cdot 10^3 \text{ kg} = 2,8 \text{ t}$$

Javob: Reaktorda 1g ${}^{235}_{92}\text{U}$ radio izotopi «yoqilganda» $23 \text{ MW} \cdot \text{soat}$ energiya ajraladi. Shuncha miqdorda energiya hosil qilish uchun 2,8 tonna toshko'mir yoqish kerak.

6-8. Radioaktivlik hodisasi. Radioaktiv yemirilish turlari va zarralari
Yadroning o'z-o'zidan bir yoki bir nechta zarrachalar chiqarish hodisasi radioaktivlik deyiladi. Shunday yadrolarni radioaktiv yadro deb yuritiladi.

Radioaktiv yadrolarning o'zidan biron-bir turdagi zarralarni chiqarib, boshqa yangi yadroga aylanish jarayoni radioaktiv yemirilish deyiladi. Radioaktiv yemirilishda radioaktiv yadrolarning sonining o'zgarishi

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

qonun bo'yicha o'zgaradi. Ushbu ifodani radioaktiv yemirilish qonuni deb yuritiladi, bunda λ - yemirilish doimiysi.

Masala yechish uchun namunalari:

1-masala. Rentgen spektorida eng qisqa to'lqin uzunligini aniqlash

uchun $\lambda = \frac{1,23}{U}$ formuladan foydalaniladi (bunda λ - nanometrda

ifodalangan eng qisqa to'lqin uzunligi, U - trubkadagi kuchlanish, kilovoltlarda ifodalarnadi). Shu formulani keltirib chiqaring. Agar trubkaning anod kuchlanishi 20 kV bo'lsa, rentgen nurlanishining eng qisqa to'lqin uzunligi qanday?

Berilgan:

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$U = 20 \text{ kV} = 2 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{1,23}{U} - ?$$

$$\lambda - ?$$

Yechish: Tutash rentgen nurlanishi fotonining energiyasi antikattoddan elektronning chiqish ishiga tengligidan:

$$h\nu = eU \quad (1)$$

$$v = \frac{c}{\lambda} \quad (*)$$

(*) ni (1) - formulaga qo'yib tutash rentgen spektrining qisqa to'lqin uzunligi (λ) ni topamiz:

$$h \frac{c}{\lambda} = eU \text{ bundan: } \lambda = \frac{hc}{eU} \quad (2)$$

Bu ifodaga h, c va e larning qiymatlarini qo'yamiz:

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{eU} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 20} = \frac{1,23 \cdot 10^{-9}}{1,23} \text{ (pm)} \quad (3)$$

(2) - ifodada U kilovoltlarda.

$$\text{Hisoblash: } \lambda = \frac{1,23}{20} = 62 \text{ (pm)}$$

Javob: Rentgen nurlanishining eng qisqa to'lqin uzunligi 62 pm ga teng.

2-masala. 50 kV kuchlanish ostida 2 mA tok iste'mol qilib ishlab turgan rentgen trubkasi har sekundda $5 \cdot 10^{13}$ ta foton chiqaradi. Nurlanishning o'rtacha to'liq uzunligini 0,1 nm deb hisoblab, trubkaning FIK ni toping, ya'ni rentgen nurlanishining quvvati iste'mol qilinayotgan tok quvvatining necha protsentini tashkil qilishini aniqlang.

Berilgan:

$$U = 50 \text{ kV} = 5 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$I = 2 \text{ mA} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

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

$$n = 5 \cdot 10^{13} \text{ ta}$$

$$\lambda = 0,1 \text{ nm} = 10^{-8} \text{ m}$$

Yechish:

Rentgen nurlanishining quvvatini iste'mol qilinayotgan tok quvvatiga nisbatini 100 % ga ko'paytiramiz, ya'ni:

$$\eta = \frac{P_{r.mur}}{P_{tar}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$P_{tar} = I \cdot U \quad (2)$$

$$P_{r.mur} = \frac{nh\nu}{t} = \frac{nhc}{t \cdot \lambda} \quad (3)$$

(2)- va (3)- ifodalarni (1) - ga qo'yamiz:

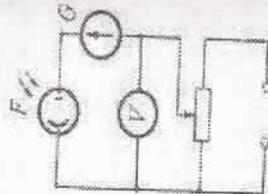
$$\eta = \frac{P_{r.mur}}{P_{tar}} \cdot 100\% = \frac{nhc}{t\lambda} \cdot IU \cdot 100\% = \frac{n \cdot h \cdot c}{t \cdot \lambda \cdot I \cdot U} \cdot 100\% \quad (4)$$

Hisoblash:

$$\eta = \frac{n \cdot h \cdot c}{t \cdot \lambda \cdot I \cdot U} \cdot 100\% = \frac{5 \cdot 10^{13} \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 50} \cdot 100\% = 0,1\%$$

Javob: Rentgen trubkasining F.I.K ti 0,1 % ga teng.

3-masala. Plank doimiysini aniqlash uchun 152-rasmda ko'rsatilgan zanjir tuzilgan edi. Potensiometrning sirpanuvchi kontakti chapki eng chekka vaziyatda turganda F fotoelementga yorug'lik ta'sir ettirilganda sezgir G galvanometr kuchsiz fototokni qayd qildi. Sirpanuvchi kontakti o'ngga surib, berkituvchi kuchlanish zanjirda fototok yo'qolguncha asta-sekin orttirib boriladi. Fotoelement chastotasi $\nu_2 = 750 \text{ THz}$ bo'lgan binatisha yorug'lik bilan yoritilganda berkituvchi kuchlanish $U_{b_2} = 2 \text{ V}$, chastotasi $\nu_1 = 390 \text{ Hz}$ bo'lgan qizil yorug'lik bilan yoritilganda berkituvchi kuchlanish $U_{b_1} = 2 \text{ V}$. Plank doimiysi uchun qanday qiymat olingan?



152-rasm

Berilgan:

$$\nu_2 = 750 \text{ THz} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$U_3 = 2 \text{ V}$$

$$\nu_1 = 390 \text{ THz} = 3,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$U_1 = 0,5 \text{ V}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$h = ?$$

Yechish:

Ikkala holat uchun tutash rentgen spektrining qisqa to'liq uzunligini aniqlash formulalarini yozib birinchisidan ikkinchisini ayirib " h " ni aniqlaymiz:

$$h\nu_2 = eU_2 \quad (1)$$

$$h\nu_1 = eU_1 \quad (2)$$

$$h\nu_2 - h\nu_1 = eU_2 - eU_1$$

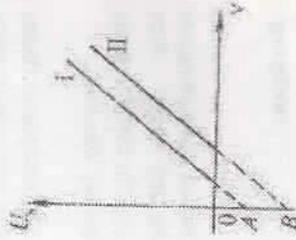
$$h(\nu_2 - \nu_1) = e(U_2 - U_1) \text{ bundan } h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \nu_1} \quad (3)$$

Hisoblash:

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} (2 - 0,5)}{7,5 \cdot 10^{14} - 3,9 \cdot 10^{14}} = \frac{2,4 \cdot 10^{-19}}{3,6 \cdot 10^{14}} = 0,67 \cdot 10^{-33} \text{ (s)} = 6,7 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Javob: Plank doimiysining qiymatini $6,7 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ga teng.

4-masala. 152-rasmda tasvirlangan qurilma fotoelementning katodi turli metallardan qilingan bo'lishi mumkin. 153-rasmda esa faqat ikki xil materialdan qilingan katodlar uchun berkituvchi kuchlanish U_b ning ta'sir etuvchi yorug'likning chastotasi ν ga bog'liqlik grafiklari keltirilgan. Bu bog'lanishning chiziqli ekanligini asoslang. Qaysi materialning chiqish ishi katta? Grafikdagi A va B nuqtalarning fizik ma'nosi qanday?



153-rasm

Berilgan:

$$h, \nu_1, \nu_2, e$$

$$A_0, A_{02}$$

$$U_b = f(\nu) = ?$$

Yechish: Masalani tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasiidan foydalanib hal qilamiz.

$$h\nu = A_0 + \frac{mU^2}{2} \quad (1)$$

$$A = h\nu_0 \text{ bunda } \nu_0 - \text{fotoeffektning qizil chegarasi.}$$

Tashqi fotoeffektning 2-qonuniga binoan fotoelektronning kinetik energiyasi tushuvchi yorug'likning oqimiga bog'liq bo'lmay, yorug'lik chastotasiga to'g'ri proporsional, ya'ni:

$$E_k = \nu \quad (*)$$

Tashqi fotoeffekt berkituvchi kuchlanishning muayyan qiymatida to'xtaydi, ya'ni:

$$\frac{m v^2_{\max}}{2} = e U_b \quad (2) \text{ shart}$$

bajarilganda.

(2) – ifodani (1) – ga qo'yib:

$$h\nu = A_0 + eU_b \text{ bundan: } U_b = -\frac{A_0}{e} + \frac{h}{e} \nu \quad (3)$$

(3) – ifodada A_0 , h va e lar doimiy ekanliklaridan berkituvchi kuchlanish U_b yorug'lik chastotasi ν ga proporsionaldir, ya'ni: $U_b = f(\nu)$ (4)

153-rasmdagi II-grafikka fotoeffektning qizil chegarasi katta materialga xos. Chunki I-grafikka qaraganda o'ngroqda joylashgan. ($\nu_{II} > \nu_I$)
A va B nuqtalar tashqi fotoeffektning 2 xil materialga mos to'xtash chegaralaridir.

Javob: $U_b = -\frac{A_0}{e} + \frac{h}{e} \nu$; $U_b = f(\nu)$; ikkinchi grafik bilan xarakterlanuvchi material; A va B nuqtalar har ikkala materiallar uchun tashqi fotoeffektning to'xtash chegarasi.

5-masala. Impuls rejimida ishlayotgan lazer 1 kW quvvat iste'mol qiladi. Bitta impulsning davom etish muddati $5 \mu\text{s}$, 1 s dagi impulslar soni 200 ga teng. Agar iste'mol qilinayotgan quvvatning 0,1% i nurlanishga sarflanayotgan bo'lsa, bitta impulsning nurlanayotgan energiyasi va quvvatini toping.

Berilgan:

$$P = 1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$t = 5 \mu\text{s} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

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

$$N = 200 \text{ ta}$$

$$\eta = 0,1\%$$

Yechish:

$$P_{\text{um}} = \frac{A}{t} = \frac{W_{\text{um}}}{t} \text{ bundan:}$$

$$W_{\text{um}} = P_{\text{um}} \cdot t \quad (1)$$

To'la sarf qilingan energiyaning 0,1% foydali nurlanish energiyasidir, ya'ni:

$$W_f = W_{\text{um}} \cdot \eta / 100 \quad (2)$$

$$W_1 = \frac{W_f}{N} = \frac{W_{\text{um}} \cdot \eta}{N \cdot 100} \quad (3)$$

$$P_1 = \frac{W_1}{\Delta t} = \frac{W_{\text{um}} \cdot \eta}{N \cdot 100 \cdot \Delta t} = \frac{P_{\text{um}} \cdot t \cdot \eta}{N \cdot \Delta t \cdot 100} \quad (4)$$

Hisoblash: (3) – ifodada 1 ta impuls energiyasini aniqlaymiz:

$$W_1 = \frac{W_{\text{um}} \cdot \eta}{N \cdot 100} = \frac{P_{\text{um}} \cdot t \cdot \eta}{N \cdot 100} = \frac{10^3 \cdot 1 \cdot 0,1}{200 \cdot 100} = 5(mJ)$$

(4)– ifodadan 1 ta impuls quvvatini aniqlaymiz.

71. Yupqa sterjen yig'uvchi linzaning bosh optik o'qi bo'ylab joylashtirilgan. Agar sterjenning bir uchida joylashgan obyekt 4 kattalashtirish bilan, boshqa uchidagisi esa 2,75 kattalashtirish bilan aks etsa, sterjenning bo'ylama kattalashishi qanday bo'ladi?

Javob: u

72. Yig'uvchi linzaning bosh optik o'qida undan fokus masofasidan bir yarim marta kata uzoqlikda joylashgan nuqtaviy manba 4 mm/s tezlik bilan o'qqa perpendikulyar ravishda siljiy bosilaydi. Manbaning tasviri qanday tezlik (mm/s da) bilan harakatlanadi?

Javob: 8

73. Nuqtaviy manba fokus masofasi 6 cm bo'lgan yig'uvchi linzaning bosh optik o'qida linzadan 8 cm masofada joylashgan. Linza optik o'qqa perpendikulyar yo'nalishda 3 mm/s tezlik bilan siljiy boshilaydi. Manbaning tasviri qanday tezlik (mm/s da) bilan harakatlanadi?

Javob: 12

V BOB ATOM VA YADRO FIZIKASI

Hozirgi zamon atom fanining, texnikaning va energetikaning ulkan yutuqlari – atom va yadro fizikasining intensiv rivojlanishi natijasidir. Hozirgi zamon atom va yadro fizikasi modda tuzilishi haqidagi ta'limotning negizi hisoblanadi. Bundan tashqari, nafaqat modda (gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlar), balki materiyaning boshqa turlari ham atomistik tabiatga ega.

1-§. Atom tuzilishi nazariyasiga kirish

Atom tuzilishi haqidagi yangi tasavvurlar birinchi bor 1904-yilda nazariy yo'l bilan Tomson tomonidan kashf qilingan. Uning hisoblashicha atomning radiusi - 1 Angstrom tartibida ekan.

1911-yilda Rezerford α -zarrachalar bilan o'tkazilgan tajriba natijalariga asoslanib, Tomson modelining noto'g'ri ekanligini isbotladi. Rezerford modeliga asosan, atom markazida musbat yadro va bu yadroning atrofida, Quyosh atrofidagi planetalar kabi, manfiy zaryadlangan elektronlar aylanadi, atonning 99 % massasi yadroda jamlangan. Bu modelni atonning planetar modeli deb atalgan. Keyinroq bu modelning ham kamchiliklari borligi aniqlangan.

Bor Rezerford modeli kamchiliklarini hisobga olib, o'zining uchta postulatlarini ta'rifladi.

1. Elektronlar yadro atrofida ma'lum stasionar orbitalarda aylanib, bu orbitalarga diskret energiyalar to'g'ri keladi;
2. Atom yoki undagi elektronlar bir stasionar m-holatdan ikkinchi n-holatga o'tganda o'zidan nur chiqaradi yoki nur yutadi. Ushbu nurning chastotasi

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h}$$

shartdan topiladi.

3. Orbita bo'ylab yadro atrofida harakatlanayotgan elektronning impuls momenti Plank doimiysiga karralidir:

$$M = mvr = n\hbar$$

bu yerda $n = 1, 2, 3, \dots$ - butun sonlar, $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - Plank doimiysi.

Bor o'z postulatlarini eng oddiy atom sistemasi – vodorod atomi nazariyasini yaratish uchun qo'llagan va uning asosida

$$r_0 = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{me^2} = 5.29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

kattalik – birinchi Bor orbitasining radiusi aniqlangan.

2-§. To'liq-zarra dualizmi. Lui-de-broyl gipotezasi. Kvant mexanikasi haqida tushuncha

1924-yilda fransuz fizigi L. V. de-Broyl yorug'lik kabi barcha mikrozararlar korpuskulyar xususiyatga ega bo'lishi bilan birgalikda, to'liq xususiyatga ham ega bo'ladi, degan farazni ilgari surgan. Uning g'oyasiga ko'ra, yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lgan tezliklar bilan harakatlanadigan zarrachalar to'liq uzunligi

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_{kin}}}$$

bilan aniqlanadi, agar zarra yorug'lik tezligiga yaqin tezlik bilan harakatlansa, uning to'liq uzunligi

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{T(2m_0c^2 + E_{kin})}}$$

bilan aniqlanadi.

3-§. Elektron spini. Atom sistemasini xarakterlovchi kvant sonlari. Pauli prinsipi

Yadro atrofida orbita bo'ylab aylanayotgan elektron impuls momentiga ega bo'lib, u orbital moment (l) deb yuritiladi. Uning modulini

$$|l| = \hbar\sqrt{l(l+1)}$$

orqali topiladi. Bu yerdagi l kattalik orbital kvant soni bo'lib, u $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ (n - bosh kvant soni) qiymatlarini qabul qiladi.

Elektron orbital momentini Z o'qidagi proyeksiyasi uchun

$$l_z = m\hbar$$

o'rinni bo'ladi. Bu yerdagi m magnit kvant soni deb atalib, u $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ qiymatlarini qabul qiladi.

Energetik sathlarning ajralishini tushuntirish uchun 1925-yilda Gaudsmit va Ulenbeklar elektronlar xususiy orbital moment (s) ga ega bo'lishi to'g'risidagi farazni ilgari surdilar. Keyinchalik tajribalar elektromning spini mavjudligini isbotladi. Spin

$$|s| = \hbar\sqrt{s(s+1)}$$

asosida aniqlanadi, bunda s - spin kvant soni bo'lib, elektron uchun $1/2$ ga teng.

4-§. Atom yadrosining tarkibi

Rezerford tajribalaridan yadro atonning asosiy massasini o'zida mujassamlashtirgan musbat zaryadli zarra ekanligi aniqlandi. 1919-yilda

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. A.P. Rimkevich "Fizikadan masalalar to'plami" T. "O'qituvchi", 2003
2. K.A. Tursunmetov, Z.J. Husanov, A.I. Xudoyberdiyeva "Fizikani takrorlang", T. "O'qituvchi" 2007
3. V.E. Kuzmichyev "Zakonoe i formul i fiziki", Kiyeu "Naukova dumka", 1987.
4. R.B. Bekchanov, O.I. Ahmadjonov, Sh.M. Komilxojayev, H.A. Rizayev "Fizika", T. "O'qituvchi" 1985
5. R. S. Arislonov, O.A. Ahmedov, A.V. Marchuk, V.I. Firsov "Fizikadan masalalar yechishi o'rganing", T. "O'qituvchi" 1989
6. B.M. Yavorskiy, Yu. A. Seleznyev "Spravochnoe ruxovodstvo po fizike", M. "Nauka", 1984
7. Ye.I. Butikov, A.A. Bikov, A.S. Kondrateyev "Fizika v primerak I zadachax" M. "Nauka", 1983
8. O.F. Kavardin "Fizika", M. "Prosveshenie", 1991
9. Sh. Ahmadjanov, B. Habibullayev "Fizikadan spravochnik(elementar fizika asoslari)" T. "O'qituvchi" 1988

- 1372/16 -

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI CHIRCHIQ DAVLAT
PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
ABSTRACT RESURS MARKAZI

Rezerford elektronidan keyingi elementar zarracha - protonni kashf etdi. Proton massasi elektron massasidan 1836,1 marta katta bo'lgan, elektr zaryadi elektron zaryadiga, spini esa $s = 1/2$ ga teng bo'lgan musbat zaryadli turg'un elementar zarra.

1920-yili Rezerford massasi proton massasiga teng bo'lgan neytral zarracha mavjudligini taxmin qildi va u 1932-yilda ingliz fizigi D. Chedvik tomonidan aniqlandi. Bu zarrachani neytron deb ataldi. Keyinroq atom yadrosi proton va neytronlardan tuzilgan deb, ularni birgalikda nuklonlar deb nomlandi.

Yadrodag i nuklonlar soni A yadroning massa soni bo'lib, neytronlar soni $N = A - Z$ dan topiladi, bunda Z - protonlar soni.

Yadroni belgilash uchun ${}_Z X^A$ belgilash ishlatiladi.

Yadrodag i protonlar soni o'zgararmaydigan yadrolar guruhiga izotoplar deyiladi. Masalan: ${}_1H^1$, ${}_1H^2$, ${}_1H^3$.

Yadrodag i neytronlar soni o'zgararmaydigan yadrolar guruhiga izotonlar deyiladi. Masalan: ${}_1H^3$, ${}_2He^4$, ${}_3Li^7$, ${}_4Be^8$.

5-§. Yadroning bog'lanish va solishtirma bog'lanish energiyasi. Yadro kuchlari

Yadroning massalarini eng aniq o'lchash natijalari shuni ko'rsatadiki, yadroning tinchlikdag i massasi M uni tashkil qilgan protonlar bilan neytronlarning tinchlikdag i massalari yig'indisidan hamisha kichik bo'ladi:

$$M < Zm_p + Nm_n = Zm_p + (A - Z)m_n.$$

Yadroni alohida nuklonlarga to'liq ajratish uchun zarur bo'lgan energiya yadroning bog'lanish energiyasi deyiladi va u quyidag i ifodadan topiladi:

$$\Delta W = \Delta Mc^2$$

bunda ΔM - massa defekti deb ataladi va u

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M = Zm_p + (A - Z)m_n - M$$

$$\Delta W = [Zm_p + (A - Z)m_n - M]c^2$$

Bitta nuklonga to'g'ri keluvchi yadroning bog'lanish energiyasi yadroning solishtirma bog'lanish energiyasi (ϵ) deyiladi.

$$\epsilon = \frac{\Delta W}{A}$$

X.S. DALIYEV, E.X. BOZOROV

UMUMIY FIZIKADAN MASALALAR TO'PLAMI

“Tafakkur avlodi” nashriyoti, 2021

Muharrirlar: Abdukamol Abdujalilov
Texnik muharrir: Yunusali O'rinov
Badiiy muharrir: Shoimov Zuxriddin
Musabhiha: Dilfuza Beknazarova
Dizayner: Yunusali O'rinov

Nash.lits. № 2013-975f-3e5e-d1e5-
f4f3-8537-2366, 20.08.2020 y.

Terishga 24.08.2021-yilda berildi. Boshiga 29.12.2021-yilda
ruxsat etildi. Bichimi: 60x84 1/16. Ofset bosma. «Times New
Roman» garniturasida. Shartli b.t. 16.0. Nashr b.t. 14.88.

Adadi 300 nusxa. Buyurtma № O-06.
Bahosi shartnoma asosida.

“Tafakkur avlodi” nashriyoti, 100190, Toshkent shahri,
Yunusobod-9, 13-54. e-mail: tafakkur_avlodi@mail.ru

“Tafakkur avlodi” MCHJ bosmaxonasida bosildi.
Toshkent shahri, Olmazor tumani, Nodira ko'chasi, 1-uy.

Telefon: +99890 000-33-93

Re
Pri
ele
ele

zai
tor
ya
no

de;

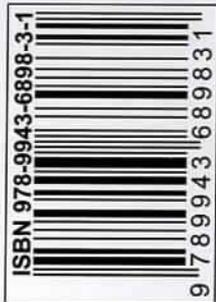
de;

5

ya
ne

ya

ya



«Tafakkur avlodi»