

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

FARG'ONA POLITEKNIKA INSTITUTI

FIZIKA KAFEDRASI

Xatamov S. O.

FIZIKA KURSINING
MEXANIKA, MOLEKULAR FIZIKA VA
TERMODINAMIKA BO'LIMLARIDAN
MASALALAR YECHISH UCHUN

USLUBIY QO'LLANMA

FARG'ONA – «TEXNIKA» – 2005

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

FARG'ONA POLITEKNIKA INSTITUTI

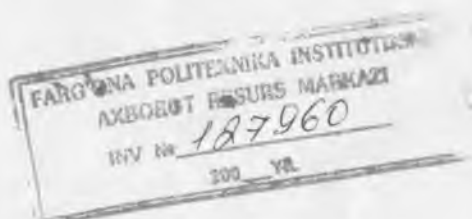
FIZIKA KAFEDRASI

Xatamov S. O.

FIZIKA KURSINING
MEXANIKA, MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA
BO'LIMLARIDAN MASALALAR YECHISH UCHUN

USLUBIY QO'LLANMA

Institut uslubiy kengashi
Ma'qullab, nashr etishga tavsiya
qilgan. Bayonnoma № 2
15 dekabr 2004 yil.



Ushbu qo'llanma O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi qoshidagi fizika bo'yicha uslubiy birlashma tasdiqlagan amaldagi o'quv dasturiga asosan yozilgan bo'lib, u texnika oliy o'quv yurtlarining talabalari uchun mo'ljallangan. Qo'llanmada fizikaning «Mexanika», «Molekulyar fizika va termodinamika» bo'limlariga doir masalalarni amaliy mashg'ulot darslarida yechishning sodda va qulay usullari, mustaqil yechish uchun hayotiy va qiziqarli masalalar berilgan.

Taqrizchilar:

fizika kafedrasining dosentlari
T.X.Xomidov, A.X.Xaydarov.

Muharrir:

Fizika – matematika fanlari doktori,
professor N. A. Sultonov.

Ushbu qo'llanmani energetika va axborot
texnologiyalar fakultetining
uslubiy komissiyasi ma'qullagan.
Bayonnoma №2 05 noyabr 2004 yil.

Ushbu qo'llanmani fizika kafedrasining
uslubiy seminarida muhokama qilingan.
Bayonnoma №2. 10 oktyabr 2004 yil.

So'z boshi

E'tiboringizga havola qilinayotgan fizika kursining «Mexanika», «Molekulyar fizika va termodinamika» bo'limlaridan masalalar yechish uchun uslubiy qo'llanma amaldagi o'quv dasturi asosida yozilgan bo'lib, bundan texnika oliy o'quv yurtlarining kunduzgi va sirtqi bo'lim talabalari hamda o'qituvchilar amaliy mashg'ulotlarda foydalanishlari mumkin.

Muallifning maqsadi talabalarni amaliy mashg'ulot darslari jarayonida masalalarni mustaqil yechishga hamda nazariy bilimlarni mustaqil ravishda amaliyot bilan bog'lashga o'rgatishdir. Masalalar yechishda talabalarga qulaylik bog'dirish maqsadida har bir yo'nalish mavzulariga tegishli asosiy hisoblash formulalari berilgan hamda masala yechish namunalari va mustaqil yechish uchun tavsiya qilingan masalalar, oxirida masalalarni javoblari berilgan.

Ushbu qo'llanma qo'lyozmasini nashrga tayyorlashdagi beg'araz yordamlari uchun fizika kafedrasining mudiri, fizika-matematika fanlari doktori, professor N.X.Yuldashevga, professor N.A.Sultonovga va fizika kafedrasining dotsentlari T.X.Xomidov va A.X.Xaydarovlarga muallif o'zining minnatdorchiligini bildiradi.

Ushbu qo'llanmani ba'zi kamchiliklardan holi deb bo'lmaydi. Shuning uchun qo'llanmani yaxshilashga qaratilgan taklif va mulohazalaringizni kutamiz.

Muallif.

Masalalarni yechishga doir uslubiy ko'rsatmalar

Har qanday fizik masalani yechish uchun nazariy bilimga ega bo'lishimiz zarur. Oliy texnika o'quv yurtlari uchun tavsiya etilgan darslik yoki qo'llanmalardan echiladigan masalaga tegishli paragraflarni o'qish, asosiy qonun va formulalarni o'rganishimiz zarur.

Masalalar yechishdan asosiy maqsadimiz – fizik kattaliklar orasidagi o'zaro bog'lanishni o'rganish, asosiy formulalarni esda saqlab qolish, fizik qonun, qoida va hodisalarni rivojlanib borayotgan hozirgi zamon fan va texnikasiga, kundalik hayotga tadbiiq eta bilishni o'rganishdir. Masalalar yechish – noma'lum fizik kattalikni masala shartida berilgan kattaliklar orqali ifodalashdir. Masalalarni sistematik echib borish – hodisalarning fizik ma'nosini tushunib olishga, nazariy bilimlarni amaliyotga tadbiiq qila bilish malakasini egallashga yordam beradi.

Quyidagi uslubiy ko'rsatmalarga amal qilinsa, masala yechish ancha osonlashadi:

1. Masalalarni echayotganda shu qo'llanmadagi echilgan masala namunalaridan foydalaning, ularni diqqat bilan o'rganing va yechish usullarini mufassal tekshirib chiqing.
2. Masala shartini ko'chirib yozing va bir necha marta o'qib chiqib, u fizikaning qaysi bo'limiga tegishli ekanini aniqlang.
3. Masala shartida berilgan va aniqlanishi zarur bo'lgan kattaliklarni yozib oling va ularni asosiy birliklarning xalkaro siste-masi (SI) orqali ifodalang. Kerakli o'zgarmas kattaliklarning son qiymatlarini kitob oxiridagi ilova va Jadvallardan yozib oling.
4. Masalani yechish uchun zarur bo'lgan fizik qonun va formulalarni ma'nosini qisqacha tushuntirish so'zlari bilan izohlab boring.
5. Masalani shartiga mos rasm yoki chizmani aniq masshtabda chizing.
6. Masala shartidagi hamma kattaliklar siz tanlagan formulada to'liq bo'lsa, demak formula tayyor hisoblanadi. Agar siz tanlagan formulada masala shartida ayrim kattaliklar etishmasa yoki or-tiqcha bo'lsa bu formulani boshqa formula kattaliklari yordamida qayta ishlab, natijaviy ishchi formulani keltirib chiqaring.
7. Natijaviy formula to'g'ri ekanligiga ishonch hosil qilish uchun formuladagi fizik kattaliklarning halqaro birliklar sistemasi (SI) dagi o'lchov birliklarini shu formulaga qo'yib izlanayotgan kattalikning o'lchov birligini keltirib chiqaring va uni to'g'ri-ligini tekshiring. So'ng barcha kattaliklarni SI da ifodalangan son qiymatlarini formulaga qo'yib, izlanayotgan kattalikning son qiymatini hisoblab topish mumkin.

- Masalaning javobini chiqarishda oxirgi natijaning aniqlik darajasiga ahamiyat berish kerak. Bunda javobning aniqligi masala shartida berilgan kattaliklar ning aniqligidan oshmasligi kerak.

Fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari

Biror kattalikni o'lchash bu kattalikni o'lchov birligi qilib olingan boshqa bir o'lchash kattalik bilan taqqoslashdir. Shuning uchun har bir fizik kattalikni o'lchash uchun alohida birlik tanlash kerak bo'ladi. Fizik kattaliklar orasidagi qonuniy bog'lanishni ifodalovchi formulalardan foydalanib, ko'pgina fizik kattaliklar ning o'lchov birliklari kattaliklar ning o'zi ham bog'lanadigan qilib tanlab olinishi mumkin.

Fizik kattaliklar orasidagi qonuniy bog'lanishlar yordamida aniqlangan birliklar to'plami o'lchov birliklari sistemasini hosil qiladi.

Birliklar sistemasini hosil qilish uchun minimal sondagi kattaliklarning ixtiyoriy o'lchov birliklari olinadi, so'ng ra esa bu birliklar asosida fizik qonunlarni ifodalovchi formulalardan foydalanib, barcha boshqa fizik kattaliklarning o'lchov birliklari hosil qilinadi.

Fizik kattaliklar (masalan: uzunlik, massa)ni o'lchash ba'zilarini esa (hajm, tezlik va hakovolarni) formula asosida hisoblab topish mumkin. Fizik kattaliklarni o'lchash uchun o'lchov birliklari tanlab olinadi. O'lchash mumkin bo'lgan fizik kattaliklarning birliklari etalon (namuna)larga ega. Fizik kattalikning qiymati deganda mazkur kattalik etalondan (yoki uning nusxasidan) necha marta farqlanishini ko'rsatadigan son tushuniladi. O'lchov birliklari ixtiyoriy tanlab olingan, ya'ni bir-birlariga bog'liq bo'lmagan fizik kattaliklar sistemasining asosiy kattaliklari deyiladi.

Asosiy kattaliklar ning o'lchov birliklari sistemasining asosiy birliklari deyiladi.

O'lchov birliklari ma'lum aniqlovchi tenglamalar yordamida tanlab olingan fizik kattaliklar hosilaviy kattaliklar bu kattaliklarning o'lchov birliklari esa hosilaviy birliklar deb ataladi.

Asosiy va hosilaviy birliklar to'plami birliklar sistemasini deyiladi.

Hozirgi vaqtda birliklarning halqaro sistemasini (SI)dan foydalaniladi. Sida uzunlikni metr (m), massani kilogramm (kg), vaqtni sekund (s), elektr tok kuchini amper (A), termodinamik temperaturani kelvin (K), modda miqdorini mol (mol), yorug'lik kuchini kandela (kd) deb nomlangan asosiy birliklarda va yassi burchakni radian (rad), fazoviy burchakni steradian (sr) deb nomlangan qo'shimcha birliklarda o'lchash qabul qilingan. Asosiy birliklardan foydalanib boshqa fizik kattaliklar ning o'lchov birliklari hosil qilinadi (ilovadagi 3-jadvalga qarang).

Si vektorlar bilan birliklarning butun va ulushlarini ifodalashda old qo'shimchalardan foydalaniladi, odatda old qo'shimchalari oddiy nomlar (birliklar) ga qo'shib yoziladi. Masalan, uzunlikning 10^{-6} m birligini "mikro" deb yuritiladi, buni "mikrometr" (mkm) deb atash to'g'ridir. Old qo'shimchalari ilovadagi 18-jadvalda berilgan.

I. M E X A N I K A

1. KINEMATIKA ELEMENTLARI

a) ILGARILANMA HARA KAT KINEMATIKASI

Sferik koordinatlar r, θ, φ dan dekart koordinatlariga o'tish:

$$x = r \sin \theta \cos \varphi,$$

$$y = r \sin \theta \sin \varphi,$$

$$z = r \cos \theta.$$

Dekart koordinatlaridan sferik koordinatlariga o'tish:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2},$$

$$\cos \theta = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}},$$

$$\tan \varphi = \frac{y}{x}.$$

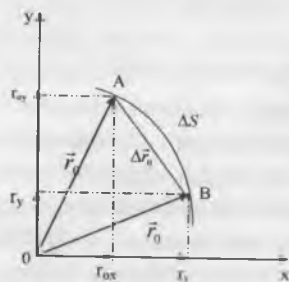
Fazoda harakat qiluvchi moddiy nuqta uchta erkinlik darajasiga ega bo'lib, uning radius vektori \vec{r} vaqtning funksiyasidir

$$\vec{r} = \vec{r}(t).$$

Moddiy nuqta harakatining kinematik tenglamalari:

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t),$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$



1-rasm

Jismning bosib o'tgan yo'li s ning t vaqtga bog'liqligining tenglamasi

$$s = s(t).$$

1-rasmda moddiy nuqtaning t_1 vaqtdagi "A" va t_2 vaqtdagi "B" vaziyatlari ko'rsatilgan. Moddiy nuqtaning o'rtacha tezligi:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad \text{yoki} \quad \langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

Bu erda $\Delta \vec{r}$ - ko'chish vektori, ΔS - bosib o'tilgan yo'l.

Moddiy nuqtaning o'liy tezligi:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}.$$

Moddiy nuqtaning tezlanishi:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t},$$

yoki

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 S}{dt^2}.$$

Tekis o'zgaruvchan harakatda moddiy nuqtaning tezlanishi, tezligi va bosib o'tgan yo'li:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}, \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t, \quad S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad \vec{a} = \text{const},$$

Bu erda \vec{v}_0 - boshlang'ich va \vec{v} - oxirgi tezliklar, \vec{a} - tezlanish (tekis tezlanuvchan harakatda $a > 0$, tekis sekinlanuvchan harakatda $a < 0$). To'g'ri chiziqli tekis harakatda:

$$v = \frac{S}{t} = \text{const} \quad \text{va} \quad a = 0.$$

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda moddiy nuqtaning koordinatasi:

$$x = x_0 + v_0 t \pm \frac{at^2}{2},$$

Bunda x_0 - boshlang'ich, ya'ni vaqt $t=0$ bo'lgan holatdagi moddiy nuqtaning koordinatasi.

Agar $v_0 = 0$ bo'lsa, moddiy nuqtaning tezligi va bosib o'tgan yo'li:

$$\vec{v} = \vec{a}t, \quad S = \frac{at^2}{2}.$$

Bu formuladan: $v = \sqrt{2aS}$.

Agar $v_0 \neq 0$ bo'lsa, oxirgi formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$v^2 = v_0^2 + 2aS.$$

Boshlang'ich v_0 tezlik bilan h balandlikdan erkin tushayotgan moddiy nuqtaning harakat tenglamasi va tezligi:

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

bunda g - erkin tushish tezlanishi, u Er sirtida o'rtacha $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Agar $v_0 = 0$ bo'lsa,

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad v = gt.$$

Yuqoriga tik otilgan jism uchun:

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}, \quad v = v_0 - gt.$$

ILGARILANMA HARAKAT KINEMATIKASIGA DOIR

MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. To'g'ri chiziq bo'ylab bir tomonga ko'chayotgan moddiy nuqta yo'lning birinchi yarmida 4 m/s tezlik bilan, ikkinchi yarmida esa 8 m/s tezlik bilan harakatlandi. Bosib o'tgan umumiy yo'ldagi o'rtacha tezlik topilsin.

Berilgan: $v_1 = 4 \text{ m/s}$, $v_2 = 8 \text{ m/s}$.

Topish kerak: $\langle \bar{v} \rangle = ?$

Echish: O'rtacha tezlik - barcha yo'l S ni shu yo'lni bosib o'tish uchun ketgan vaqt t ga nisbati bilan aniqlanadi. Ya'ni $v = s/t$. Yo'lning yarmini moddiy nuqta $t = (s/2)/v = s/2v$ vaqtda, ikkinchi yarmini esa $t = (s/2v)$ vaqtda bosib o'tadi.

U holda:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2} = \frac{s(v_1 + v_2)}{2v_1 v_2}$$

kelib chiqadi. Bu formuladagi t ning oxirgi ifodasini o'rtacha tezlik formulasiga qo'ysak:

$$\langle \bar{v} \rangle = \frac{s}{t} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} \quad \text{kelib chiqadi.}$$

Hisoblaymiz:

$$\langle \bar{v} \rangle = \frac{2v_1v_2}{v_1+v_2} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 4}{4+8} = \frac{64}{12} \approx 5,33 \frac{m}{c}$$

javob: $\langle \bar{v} \rangle = 5,33 \text{ m/s}$.

2-masala. Jism $x = \frac{6t-t^3}{8}$ (m) formula bilan ifoda qilinadigan qonun bo'yicha to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qilmoqda. Jisimning $t=2$ s dan $t=6$ s gacha bo'lgan vaqt oralig'idagi o'rtacha tezligi va tezlanishi topilsin.

Berilgan: $x = \frac{6t-t^3}{8}$, $t_1=2$ s, $t_2=6$ s.

Topish kerak: $\langle \bar{v} \rangle = ?$ $a = ?$

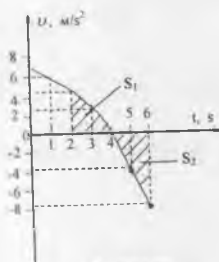
Yechish: Jisimning harakat tenglamasi $x = \frac{6t-t^3}{8}$ dan vaqt bo'yicha birinchi va ikkinchi tartibli hosilalar olib, $v = v(t)$ va $a = a(t)$ larni topamiz:

$$\bar{v} = \frac{dx}{dt} = 6 - \frac{3}{8}t^2, \quad \bar{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{6}{8}t.$$

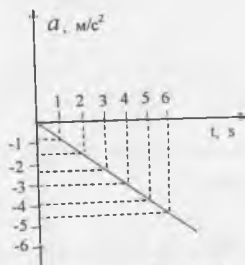
Vaqtga 0-6s qiymatlarni berib, tezlikning tegishli son qiymatlarini hisoblab quyidagi jadvalga yozamiz.

t, s	0	1	2	3	4	5	6
$v, \text{m/s}$	6	5,625	4,5	2,625	0	-3,375	-7,5

Vaqt va tezliklarning bu qiymatlarini ma'lum bir masshtabda koordinata o'qilariga qo'yib, tezlik grafiginiz chizamiz (2-rasm)



2-rasm



3-rasm

\bar{a} dan 6 gacha vaqt oralig'idagi tezlanishlarni hisoblab quyidagi jadvalga yozamiz.

t, s	0	1	2	3	4	5	6
A, m/s ²	0	-0,75	-1,5	-2,125	-3,0	-3,75	-4,5

Bu jadvaldagi qiymatlardan foydalanib, tezlanish grafigini chizamiz. (3-rasm). Jismning o'rtacha tezligi:

$$\langle V \rangle = \frac{S_1 + S_2}{t_1 - t_2}$$

Bundagi S_1 va S_2 lar tezlik grafigidagi shtrixlangan yuzalar bo'lib, ular son jihatidan bosib o'tilgan yo'lga teng. Bu masofani topish uchun

$$ds = v dt$$

ifodaga $v = 6 - \frac{3}{8}t^2$ ni qo'yib, integrallashni 2 s dan 4 s gacha va 4 s dan 6 s gacha bo'lgan vaqt oralikda bajaramiz, chunki 4 sekunddan keyin tezlik yo'nalishi o'zgaradi:

$$\begin{aligned} S &= \int_2^4 \left(6 - \frac{3}{8}t^2\right) dt + \int_4^6 \left(-\left(6 - \frac{3}{8}t^2\right)\right) dt = \int_2^4 6 dt - \frac{3}{8} \int_2^4 t^2 dt - \int_4^6 6 dt + \frac{3}{8} \int_4^6 t^2 dt = \\ &= 6(4-2) - \frac{3}{8} \left[\frac{t^3}{3} \right]_2^4 - 6(6-4) + \frac{3}{8} \left[\frac{t^3}{3} \right]_4^6 = 12m. \end{aligned}$$

Shunday qilib, jismning o'rtacha tezligi:

$$\langle V \rangle = \frac{12m}{(6-2)s} = 3 \frac{m}{s}$$

Jismning o'rtacha tezlanishi:

$$\langle a \rangle = \frac{-4,5 \frac{m}{s^2} + (-15) \frac{m}{s^2}}{2} = -3 \frac{m}{s^2}$$

Javobi: $\langle V \rangle = 3 \frac{m}{s}; \quad \langle a \rangle = -3 \frac{m}{s^2};$

3 - masala. Erga erkin tushayotgan jism oltinchi sekunda qanday tezlikka erishadi?

Berilgan: $t=6s, \quad g=9,8 \text{ m/s}^2.$

Topish kerak: $V=?$

Yechish: Jismning erkin tushish tezligi $V=gt$ formula yordamida aniqlanadi.

Hisoblaymiz: $V=gt = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 6 \text{ s} = 38,8 \text{ m/s}.$

Javobi: Erga tushayotgan jism ettinchi sekunda $V=38,8 \text{ m/s}$ tezlikka erishadi.

4-masala. Ikkita jism bir nuqtadan va bir xil boshlang'ich $v_0=34,5$ m/s tezlik bilan vertikal yuqoriga $\tau=0,6$ s oralatib ketma-ket otilgan. Ular birinchi jism otilgan paytdan qancha vaqt o'tgandan keyin va qanday balandlikda bir-biri bilan uchrashadi?

Berilgan: $v_0=34,5$ m/s, $\tau=0,6$ s, $g=9,8$ m/s².

Topish kerak: $t=?$ $h=?$

Yechish: Vaqtni birinchi jism otilgan paytdan boshlab hisoblaymiz. h -o'qi yuqoriga vertikal yo'nalgan bo'lsin. U holda v_0 ni musbat, g ni esa manfiy deb hisoblash lozim. Birinchi jismning t paytdagi ko'tarilish balandligi:

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

Ikkinchi jismning ko'tarilish balandligi ham shunga o'xshash formula bilan ifodalanadi, lekin u τ s keyinroq otilgani uchun vaqtning o'sha momenti uchun

$$h_2 = v_0(t - \tau) - \frac{g(t - \tau)^2}{2}.$$

ko'tarilish balandliklari tenglashgan paytda, ya'ni: $h_1 = h_2 = h$ bo'lganda jismlar bir-biri bilan uchrashadi. Shuning uchun:

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0(t - \tau) - \frac{g(t - \tau)^2}{2} = v_0 t - v_0 \tau - \frac{gt^2}{2} + \frac{g\tau^2}{2} + gt\tau,$$

bundan jismlar bir-biri bilan

$$t = \frac{v_0}{g} + \frac{\tau}{2}$$

vaqtdan so'ng uchrashadi.

Hisoblaymiz: $t = (34,5/9) + (0,6/2) = 3,82$ s.

Jismlarning bir-birlari bilan uchrashish balandligi:

$$h = v_0 \left(\frac{v_0}{g} + \frac{\tau}{2} \right) - \frac{g \left(\frac{v_0}{g} + \frac{\tau}{2} \right)^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g\tau^2}{2}$$

Hisoblaymiz: $h = \frac{(34,5)^2}{2 \cdot 9,8} - \frac{9,8 \cdot (0,6)^2}{2} = 60,286$ m.

Javobi: $t=3,82$ s, $h=60,286$ m.

ILGARILANMA HARAKAT KINEMATIKASIGA DOIR MASALALAR

1. Moddiy nuqta koordinatalari vaqt o'tishi bilan $x=4t$, $y=3t$, $Z=0$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Nuqta bosib o'tgan yo'lining vaqtga bog'lanishini toping (masofani nuqtaning boshlang'ich holatidan boshlab hisoblang). Nuqta 5 s ichida qancha yo'lni bosib o'tadi?
2. Mototsiklchi yo'lining birinchi choragini $v_1=10$ m/s, ikkinchi choragini $v_2=15$ m/s, uchinchi choragini $v_3=20$ m/s, va so'nggi choragini $v_4=5$ m/s tezlik bilan o'tdi. Mototsiklchining shu yo'ldagi o'rtacha tezligini aniq lang.
3. Agar avtomobil o'z harakat vaqtining $1/4$ qismida 16 m/s, qolgan qismida esa 8 m/s tezlik bilan yurgan bo'lsa, uning o'rtacha tezligini toping.
4. 15 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan elektropoezdagi yo'lovchi qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanayotgan va uzunligi 210 m bo'lgan poezd uning yonidan 6,0 s ichida o'tib ketganini aniqladi. Shu poezdning tezligini toping.
5. Agar bir yo'nalishda harakatlanganda piyoda har minutda velosipedchidan $S_1=210$ m ortda qolib, qarama-qarshi yo'nalishda o'sha tezliklar bilan harakatlanganda esa har 2 minutda ular orasidagi masofa $S_2=780$ m ga kamaysa, velosipedchi va piyodalarning tezliklarini aniq lang.
6. Metro eskalatori to'xtab turganda yo'lovchi $t_1=120$ s da, harakatdagi eskalator zinalariga nisbatan o'shanday tezlik bilan harakatlanganda esa $t_2=30$ s da ko'tariladi. Yo'lovchining harakatdagi eskalator tinch turgan holdagi ko'tarilish vaqtini toping.
7. Matonli qayiq daryo bo'ylab bir punktdan ikkinchi punktga va yana orqaga suzib bordi. Agar oqimning tezligi $v_1=2$ m/s, qayiqning suvga nisbatan tezligi esa $v_2=10$ m/s bo'lsa, qayiqning oqimga qarshi harakat vaqti oqim bo'ylab harakat vaqtidan necha marta katta bo'ladi?
8. Agar matonli qayiqning daryodagi oqim bo'ylab tezligi 10 m/s, oqimga qarshi yo'nalishdagi tezligi esa 6,0 m/s bo'lsa, uning suvga nisbatan tezligini toping. Daryo suvining oqish tezligi qancha?
9. Ro'paradan esayotgan shamol oqim tezligi $v_1=25$ m/s, samolyotning havoga nisbatan o'rtacha tezligi esa $v_2=250$ m/s bo'lsa, bir-biridan 1000 km masofada joylashgan punktlarning biridan ikkinchisiga samolyot qancha vaqtda uchib boradi? Shamol orqadan esgan holda samolyotning uchib borish vaqti qancha bo'ladi?
10. Agar $v_1=15$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan avtobus oynasida tezligining vertikal tashkil etuvchisi $v_2=10$ m/s bo'lgan yomg'ir tomchilaridan $\alpha=30^\circ$ burchakka og'ishgan izlari hosil bo'lsa, ro'paradan esayotgan shamolning tezligini aniq lang.
11. Agar samolyotning havoga nisbatan tezligi $v_1=100$ m/s, harakat yo'nalishiga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida ro'paradan esayotgan shamol tezligi $v_2=30$ m/s bo'lsa, oralaridagi masofa 500 km bo'lgan punktlarning biridan ikkinchisiga samolyotning uchib borish vaqtini toping.
12. Turboreaktiv samolyot 1,5 soat ichida 700 km masofani uchib o'tdi. Agar samolyotning havoga nisbatan tezligi 200 m/s bo'lib, shamolning yo'nalishi samolyot harakatining yo'nalishi bilan $\alpha=90^\circ$ burchak tashkil qilsa, shamolning tezligini aniq lang.
13. Ikki suv osti kemasi har biri bir-biriga tomon V tezlik bilan suzmoqda. Birinchi kemadan yuborilgan ultratovush signali ikkinchi kemaga urilib, t vaqtdan so'ng qaytib keldi. Signalning tezligi c ga teng. Signal yuborilgan paytda qayiqlar bir-biridan qancha masofada bo'lgan?

14. Moddiy nuqtaning harakati $x = at + bt^2 + ct^3$ tenglama bilan berilgan, bu erda $a = 5,0$ m/s, $b = 0,20$ m/s², $c = 0,10$ m/s³. Nuqtaning vaqtni $t_1 = 2,0$ s va $t_2 = 4,0$ s momentlaridagi tezliklarini hamda t_1 dan t_2 gacha vaqt oralig'idagi o'rtacha tezligini toping.

15. Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati $\vec{r} = 3t^2\vec{i} + 4t^2\vec{j} + 8t\vec{k}$ tenglama bilan tavsiflanadi. Nuqtaning birinchi 4 s ichida bosib o'tgan yo'lini toping.

16. Samolyot uchib ketishi uchun 100 m/s tezlikka ega bo'lishi kerak. Agar yugurish yo'li 600 m bo'lsa, samolyotning yugurish vaqti va tezlanishini toping, bunda samolyotning harakatini tekis tezlanuvchan deb hisoblang.

17. Agar zarrachaning tezligi $v = 30 + 2t$ qonuniyat bilan o'zgarsa, o'qning to'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab 10 s mobaynida bosib o'tadigan yo'lini aniqlang. Boshlang'ich $t_0 = 0$ momentda $S = 0$.

18. Qoziqoyoq soqish qurilmasidagi yuk 5 s ichida 4,9 m ga bir tekis ko'tarilgan dan so'ng, birdaniga qoziqoyoq ustiga tushadi. Yuk har minutda qoziqoyoqqa necha marta zarba berishini toping.

19. Yuqoriga tik otilgan jism $t = 6$ s dan so'ng qaytib tushishi uchun unga qanday boshlang'ich tezlik berish zarur? Maksimal ko'tarilish balandligi qancha bo'ladi? Havoning qarshiligini hisobga olmag.

20. Zarracha $\vec{a} = 2t\vec{i} + 4t\vec{j} + 3\vec{k}$ tezlanish bilan harakatlanmoqda. Agar boshlang'ich $t = 0$ vaqt momentidagi tezlik $v_0 = 3\vec{i} + 1\vec{j} - 1\vec{k}$ bo'lsa, zarracha tezligining $t = 2$ s vaqt momentidagi modulini aniqlang.

b) AYLANMA HARAKAT KINEMATIKASI

Egri chiziqli harakatdagi tezlanish normal va tangensial tezlanishlarning vektorli ifodasidan iborat:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau.$$

Bu tezlanishlarning modullari:

$$a_n = \frac{v^2}{R}, \quad a_\tau = \frac{dv}{dt}, \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2},$$

Bu erda R - harakatlanayotgan moddiy nuqta traektoriyasining egrilik radiusi. To'la tezlanish vektorining yo'nalishi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_n}{a_\tau}$$

nisbatdan aniqlanadi, bu erda α - to'la tezlanish bilan tezlik vektorining o'rtasidagi burchak.

Aylanma harakatda burchak tezlik va tezlanish:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

Tekis aylanma harakatning kinematik tenglamalari:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t,$$

bu erda φ_0 - boshlang'ich burchak, φ - moddiy nuqta radius vektorining burilish burchagi.

Tekis aylanma harakatda $\omega = \text{const}$ va $\varepsilon = 0$ bo'ladi.

Burchak tezlik bilan aylanish davri chastotasi ν orasidagi bog'lanish:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

ν - aylanish chastotasi:

$$\nu = \frac{N}{t} \quad \text{yoki} \quad \nu = \frac{1}{T},$$

bu erda N - jismning t vaqtdagi aylanishlar soni. Tekis o'zgaruvchan aylanma harakatning kinematik tenglamasi $\varepsilon = \text{const}$,

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2},$$

bu erda ω_0 - boshlang'ich burchak tezlik.

Aylanma harakat tekis tezlanuvchan bo'lsa, burchak tezlik:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t.$$

Burchak va chiziq li kattaliklar orasidagi bog'lanishlar quyidagicha:

1) aylanma harakatda moddiy nuqta chizgan R radiusli yoyning uzunligi:

$$S = \varphi R;$$

2) chiziq li tezligi: $v = \omega R$;

3) tangensial tezlanishi: $a_t = \varepsilon R$;

4) normal tezlanishi: $a_n = \omega^2 R$.

AYLANMA HARAKAT KINEMATIKASIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. 300 ayl/min burchak tezlik bilan aylanayotgan maxovik $t = 0,6$ min. ichida tormozlanadi. Maxovikning harakatini tekis sekinlanuvchan harakat deb olib, butunlay to'xtaguncha uning necha marta aylanishini toping.

Berilgan: $\nu = 300$ ayl/min = 5 ayl/s., $t = 0,6$ min = 36 s.

Topish kerak: $N = ?$

Echilishi: Oxirgi tezlik nolga teng bo'lganligi uchun maxovik butunlay to'xtaguncha o'tgan vaqt ichidagi burchakli ko'chishni quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2},$$

bu erda $\varepsilon = \frac{\omega}{t}$, bundan $\varphi = \frac{\omega t}{2}$,

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi \cdot 5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 10\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}.$$

Ma'novik t o'xt atg uncha:

$$N = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{\omega t}{4\pi} = \frac{10\pi \cdot 36}{4\pi} = 90 \text{ marta}$$

aylarkan.

Javobi: N=90 marta.

2-masala. Sirtlarni silliqlovchi mashina diski aylanish chastotasi $\nu = 600 \frac{1}{\text{min}}$. Disk aylanishining davri T, burchak tezligi ω . Disk markazidan R=50 sm uzoqlikdagi nuqtaning chiziqli tezligi V topilsin.

Berilgan: $\nu = 600 \frac{1}{\text{min}} = 10 \frac{1}{\text{s}}$, $R = 50 \text{ sm} = 0,5 \text{ m}$.

Topish kerak: $\nu = ?$

Echilishi: Diskning aylanish davri

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{10\text{s}^{-1}} \approx 0,10 \text{ s}.$$

Burchak tezlik:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 60,28 \frac{\text{rad}}{\text{s}},$$

chiziqli tezlik: $\nu = \omega \cdot R = 60,28 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,5 \text{ m} = 30,14 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

Javobi: $\nu = 30,14 \text{ m/s}$.

3-masala. Jism qo'zg'almas o'q atrofida $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$ qonun bo'yicha aylanmoqda. $t = 4 \text{ s}$ dagi aylanish o'qidan 10 sm uzoqlikda bo'lgan nuqtaning o'la tevlanishini va harakat yo'nalishini toping.

Berilgan: $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$; $t = 4$; $r = 10 \text{ sm} = 0,1 \text{ m}$.

Topish kerak: $a = ?$

Echilishi: Aylana bo'ylab harakatlanayotgan nuqtaning tevlanishini, traektoriyaga urinma bo'yicha yo'nalgan tangensial tevlanish a_t va traektoriyaning egrilik markazi tomon yo'nalgan normal tevlanish a_n larning geometrik yig'indisi sifatida topilishi mumkin, ya'ni:

$$a = \sqrt{a_r^2 + a_n^2}. \quad (1)$$

Aylanayotgan jism nuqtasining tangensial va normal tezlanishi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$a_r = \varepsilon \cdot r, \quad (2)$$

$$a_n = \omega^2 \cdot r, \quad (3)$$

bunda ω - jismning burchak tezligi, ε - uning burchak tezlanishi, r - nuqtaning aylanish o'qidan uzoqligi.

a_r va a_n ifodalarni (1) formulaga qo'yib,

$$a = \sqrt{\varepsilon^2 r^2 + (\omega^2 r)^2} = r \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad (4)$$

ni topamiz. Aylanayotgan jismning burchak tezligi ω burilish burchagidan vaqtga nisbatan olingan birinchi tartibli hosilaga teng:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 20 - 4t.$$

$t = 4$ s dagi burchakli tezlik:

$$\omega = (20 - 4 \cdot 4) \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}.$$

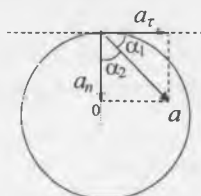
Aylanayotgan jismning burchakli tezlanishi burchak tezlikdan vaqtga nisbatan olingan birinchi tartibli hosilaga teng:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = -4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}.$$

ω , ε va r larning qiymatlarini (4) formulaga qo'yib,

$$a = 0,1 \sqrt{(-4)^2 + 4^2} = 1,65 \text{ m/s}^2$$

ni hosil qilamiz.



4-rasm

Agar tezlanish vektorining traektoriyaga o'tkazilgan urinma bilan yoki traektoriyaga o'tkazilgan normal bilan hosil qilgan burchaklarini topsak, to'la tezlanish aniqlangan bo'lad. 4-rasmdan ko'rinadi:

$$\cos \alpha = \frac{|a_r|}{a}, \quad (5)$$

$$\cos \alpha = \frac{|a_n|}{a}. \quad (6)$$

(2) va (3) formulalar bo'yicha a_r va a_n larning qiymatlarini topamiz:

$$a_r = -4 \cdot 0,1 = -0,4 \text{ m/s}^2,$$

$$a_n = 4^2 \cdot 0,1 = 1,6 \text{ m/s}^2.$$

Ushbu qiymatlarini va to'la tezlanish a ning qiymatlarini (5) va (6) ga qo'yamiz:

$$\cos \alpha_1 = \frac{0,1}{1,65} = 0,242, \quad \alpha_1 = 76^\circ,$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{1,6}{1,65} = 0,97, \quad \alpha_2 = 14^\circ.$$

Javobi: $a = 1,65 \text{ m/s}^2$.

To'la tezlanish a_x va a_n lar asosida qurilgan to'rtburchakning diagonali bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.

AYLANMA HARAKAT KINEMATIKASIGA DOIR MASALALAR

21. Nuqtaning koordinatalar boshiga nisbatan radius-vektori $\vec{r} = 2\vec{t} + 8\vec{t}^2$ qonun bo'yicha o'zgarayotgan bo'lsa, nuqta qanday traektoriya bo'ylab harakatlanayotir?

22. Zarrachaning radius vektori $\vec{r} = 3\vec{t} + 0,5t^2\vec{i}$ ifoda bilan aniqlanadi. Zarracha tezligi va tezlanishini vaqtning $t=5$ s momentidagi modullarini toping.

23. To'pponchadan gorizontol yo'nalishda otilgan o'q bir-biridan $\ell=20$ m masofada vertikal ravishda osib qo'yilgan yuqqa qog'oz varaqlarini teshib o'tgan. Agar ikkinchi qog'ozdag i teshik birinchi qog'ozdagidan $h=5$ sm pastda hosil bo'lgan bo'lsa, o'qning tezligini toping.

24. Gorizontga nisbatan $\alpha=60^\circ$ burchak ostida $v_0=90,4$ m/s boshlang'ich tezlik bilan raketa uchirilgan. Raketa o'z traektoriyasining eng yuqori nuqtasida portlagan bo'lsa, raketa piltasining yonish vaqtini toping.

25. Havoning qarshiligi hisobga olinmaganda, gorizontga nisbatan $\alpha=45^\circ$ burchak ostida otilgan jismning uchish uzoqligi maksimal bo'lishini isbotlang.

26. Agar jismning eng yuqoriga ko'tarilish balandligi uchish uzoqligining $1/4$ qismiga teng ekanligi ma'lum bo'lsa, u gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otilganligini toping. Havoning qarshiligini hisobga olmang.

27. Jism balandligi 19,6 m bo'lgan minoradan gorizontol yo'nalishda 10 m/s tezlik bilan otilgan. Jism traektoriyasining tenglamasini yozing. Jismning uchish momentidagi tezligi qancha bo'ladi? Bu tezlik gorizontol yo'nalish bilan qanday burchak hosil qiladi? Havoning qarshiligini hisobga olmang.

28. Bir nuqtadan ikki jism bir vaqtda gorizontga nisbatan har xil α_1 va α_2 burchak ostida otib yuborildi. Agar $v_0=10$ m/s, $\alpha_1=30^\circ$ va $\alpha_2=60^\circ$ bo'lsa, harakat boshlangandan so'ng $t=2,0$ s o'tgan paytdagi jismlar orasidagi masofani toping.

29. Gorizontga nisbatan $\alpha=45^\circ$ burchak ostida $v_0=20$ m/s boshlang'ich tezlik bilan otilgan jism tezligining vektori qanday balandlikda gorizont bilan $\beta=30^\circ$ burchak hosil qiladi? Havoning qarshiligini hisobga olmang.

30. Gorizontga nisbatan $\alpha_2=60^\circ$ burchak ostida 20 m/s boshlang'ich tezlik bilan otilgan jism tezligining vektori qancha vaqtdan keyin gorizont bilan $\beta=30^\circ$ burchak hosil qiladi? Havoning qarshiligini hisobga olmang.

31. Jism tog' cho'qqisidan 19,6 m/s tezlik bilan gorizontol yo'nalishda otilgan. Harakat boshlangandan 2,0 s o'tgan paytdagi jismning tangensial va normal tezlanishlarini toping. To'la tezlanish vektori tezlik vektori bilan qanday burchak hosil qiladi?

32. Moddiy nuqtaning XY tekislikdagi harakati $x=3\sin\omega t$, $y=3\cos\omega t$ tenglamalar bilan ifodalanadi. Nuqta traektoriyasining tenglamasini yozing.

AXBOROT HUKUMATI
HVV № 127960
200 YL

$t=0$ moment uchun $s=0$ deb hisoblab, nuqta bosib o'tgan yo'lining vaqtga bog'lanishini toping.

33. Moddiy nuqta XY tekislikda harakatlanmoqda. Agar uning harakati $x=3\sin\omega t$, $y=2\cos\omega t$ tenglamalar bilan ifodalansa, nuqtaning traektoriyasini aniqlang.

34. Samolyot Xabarovskdan mahalliy vaqt bilan soat 6 da uchib, Moskvaga Moskva vaqi bilan soat 6 da kelgan bo'lsa, uning o'rtacha tezligini toping. Moskva va Xabarovsk 50° geografik kenglikda joylashgan deb hisoblang.

35. 200 ayl/s tezlik bilan aylanayotgan gorizontaal valga bir-biridan 20 sm masofada ikkita yupqa disk o'rnatilgan. O'qning tezligini aniqlash maqsadida o'q shunday otilganki, u ikkala diskni aylanish o'qidan bir xil masofada teshib o'tgan. Teshiklar ning burchak siljishi 18° bo'lsa, o'qning tezligini aniqlang.

36. 24 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan traktor burilganda uning massa markazi radiusi $R=9,0$ m bo'lgan yoy chizadi. Agar traktor gusenitsalari orasidagi masofa $d=1,5$ m bo'lsa, ularning tezliklari orasidagi farqni toping.

37. Tezligi $v_0=60$ km/soat bo'lgan avtomobil tormozlanganda $t=3,0$ s dan so'ng to'liq to'xtagan bo'lsa, uning g'ildiraklari avtomobil to'xtatguncha necha marta aylangan? G'ildiraklar diametri $D=0,70$ m. Tormozlanish vaqtida g'ildiraklar ning o'rtacha burchak tezlanihi qancha bo'lgan?

38. Maxovik $N=20$ marta to'la aylanganda uning aylanish chastotasi $n_0=1$ ayl dan $n=5$ ayl gacha bir tekis ortib borgan bo'lsa, maxovikning burchak tezligini aniqlang.

39. Stvol ichidagi harakat mobaynida o'q to'la bir marta aylanadi. Agar o'qning stvoidan chiqish paytidagi tezligi $v=86$ m/s, stvol uzunligi esa $\ell=1,0$ m bo'lsa, o'q aylanishining o'rtacha burchak tezligi qanday bo'lgan? O'qning o'rtacha burchak tezlanihi-chi?

40. Erning sun'iy yo'ldoshi 600 km balandlikda doiraviy orbita bo'ylab tekis aylanishi uchun yo'ldosh Er sirtiga nisbatan qanday tezlikka ega bo'lishi kerak? Yo'ldoshning aylanish davri qancha bo'ladir? Er radiusi $R=6400$ km, massasi $M=6 \cdot 10^{24}$ kg.

2. DINAMIKA

a) Moddiy nuqta dinamikasi

Turli xil jismlarning massalarini zichlik ρ orqali taqqoslanadi. Zichlik formulasi quyidagicha:

$$\rho = \frac{m}{v},$$

bunda m - massa, v - hajm.

Nyutonning ikkinchi qonunini matematik ko'rinishi quyidagicha yoziladi:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{yoki} \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m},$$

bunda \vec{a} - tezlanih, \vec{F} - kuch.

Jismga bir vaqtning o'zida bir necha kuch ta'sir etsa, Nyutonning ikkinchi qonuni bilan aniqlanadigan tezlanih:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m} = \frac{\vec{F}}{m},$$

Bunda $\vec{F} = \Sigma \vec{F}_i$ jismga ta'sir etayotgan barcha kuchlarning vektor yig'indisi. Uni quyidagicha yozish ham mumkin:

$$m\vec{a} = \Sigma \vec{F}_i.$$

Nyuton uchinchi qonunining analitik ifodasi:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21},$$

Bunda \vec{F}_{12} - birinchi jismga ikkinchi jism tomonidan ta'sir etuvchi kuch, \vec{F}_{21} - ikkinchi jismga birinchi jism tomonidan ta'sir (aks ta'sir) etuvchi kuch. Nyuton ikkinchi qonuniga asosan birinchi jism

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}_{12}}{m_1},$$

ikkinchi jism

$$\vec{a}_2 = \frac{\vec{F}_{12}}{m_2}$$

tezlanish oladi.

Quyidagi ikki ifodadan:

$$\vec{a}_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \vec{a}_2.$$

Mexanikada uchraydigan kuchlar:

- a) elastiklik kuchi: $F_{el} = -kx$;
- b) ishqalanish kuchi: $F_{isq} = \mu \cdot \vec{P}$;
- v) og'irlik kuchi: $P = m\vec{g}$;
- g) gravitatsion kuch: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

Bu formulalarda: k - elastiklik koeffitsienti, minus ishorasi siljish bilan elastiklik kuchi qarama-qarshi ekanligini ko'rsatadi, x - siljish, μ - ishqalanish koeffitsienti, $P = m\vec{g}$ - normal bosim kuchi, ya'ni tayanch yuzga perpendikulyar yo'nalgan kuch, g - erkin tushish tezlanishi.

O'zgaruvchan massali sistema harakatining tenglamasi (Meshcherskiy tenglamasi):

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{u} \frac{dm}{dt} + \vec{F}.$$

Bunda $\vec{u} = \vec{v}_0 - \vec{v}$ raketa bilan harakatlanuvchi sanoq sistemasiga nisbatan chiqayotgan gazning tezligi.

Raketaning tezligi (Sjolkovskiy formulasi):

$$\bar{u} = u \ln \frac{m_0}{m},$$

bu erda u - zarrachaning raketaga nisbatan tezligi m_0 va m raketaning boshlang'ich va oniy massasi.

Qo'zg'olmas blok orqali o'tkazilgan ipning uchlariga osilgan m_1 va m_2 massali jismlar harakatida ipning taranglik kuchlari T_1 va T_2 bo'ladi (5 - rasm). Og'irlik kuchi va ipning taranglik kuchlarini teng ta'sir etuvchisi yuklarni harakatga keltiradi ($P_2 > P_1$):

$$\vec{F}_1 = \vec{T}_1 - \vec{P}_1, \quad \vec{F}_2 = \vec{P}_2 - \vec{T}_2.$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra:

$$\vec{F}_1 = m_1 \vec{a}, \quad \vec{F}_2 = m_2 \vec{a}.$$

Ip bilan blok orasidagi ishqalanish hisobga olinmasa:

$$m_1 a = T - R_1 \quad \text{va} \quad m_2 a = T - R_2.$$



5-rasm

Bulardan:

$$a = \frac{P_2 - P_1}{m_2 + m_1} \quad \text{yoki} \quad a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \cdot g.$$

Tezlanishni bilgan holda

$$T = P_2 - m_2 a \quad \text{yoki} \quad T = P_1 + m_1 a \quad \text{dan} \quad T = \frac{2m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot g.$$

Blok o'qiga ta'sir etuvchi kuch:

$$F = T_1 + T_2 = 2T.$$

MODDIY NUQTA DINAMIKASIGA DOIR MASALALAR

ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Massasi 5 t bo'lgan yuksiz avtomashina $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan qo'zg'aldi. Yuk ortilgan avtomobil xuddi avvalgidек tortish kuchi ta'sirida harakatga kelib, 6 sekunddan so'ng 2 m/s tezlikka erishadi. Ortilgan yukning massasini toping.

Berilgan: $m_1 = 5 \text{ T} = 5 \cdot 10^3 \text{ kg}$; $a_1 = 0,5 \text{ m/s}^2$; $t = 0,6 \text{ s}$; $v = 2 \text{ m/s}$.

Topish kerak: $m_2 = ?$

Yechish: Avtomobilning tortish kuchi Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan $F = m_1 a_1$ ifoda orqali aniqlanadi. Yuk ortilgan avtomobilning umumiy massasi $(m_1 + m_2)$ huddi avvalgidek tortish kuchi F ta'sirida

$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 a_1}{m_1 + m_2}$ tezlanish oladi. Yukli avtomobil tezlanishini boshlang'ich teziksiz tekis tezlanuvchan haraktning tezlik formulasi $v = at$ dan foydalanib topish mumkin:

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

Tezlanishlarning ikkala ifodasini tenglashtiraylik:

$$\frac{m_1 a_1}{m_1 + m_2} = \frac{v}{t}$$

bundan

$$m_2 = \frac{m_1(a_1 t - v)}{v}$$

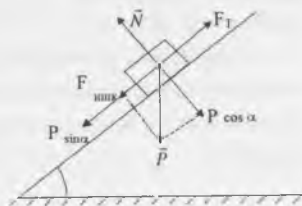
formulaga kelaymiz.

Hisoblaymiz:

$$m_2 = \frac{5 \cdot 10^3 \left(0,5 \frac{m}{s^2} \cdot 6s - 2 \frac{m}{s}\right)}{2 \frac{m}{s}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

Javobi: Yukning massasi $m_2 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

2-masala. Og'irligi 1000 N bo'lgan jism gorizont bilan 30 gradus burchak hosil qilgan tekislik bo'ylab yuqoriga harakatlanmoqda. Yuqoriga tortuvchi kuch qiya tekislikka parallel bo'lib, uning qiymati 800 N (6-rasm). Ishqalanish koeffitsienti 0,05 ga teng. 2 sekunda davomida yuk qancha masofaga siljiydi?



Berilgan: $P = 1000 \text{ N}$, $\alpha = 30^\circ$, $F_t = 800 \text{ N}$,

$\mu = 0,05$, $t = 2 \text{ s}$.

6-rasm

Topish kerak: $S = ?$

Yechish: \vec{P} kuchni ikki tashkil etuvchiga ajratamiz. Ularning biri qiya tekislikka parallel bo'lib uning qiymati $P \sin \alpha$ ga teng. Ikkinchisi qiya

tekislikka perpendikulyar, uning qiymati $P \cos \alpha$ ga teng. Qiya tekislik bo'ylab yuqoriga harakatlanayotgan yukning harakat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$F_t - F_{ishq} - P \sin \alpha = ma.$$

F_{ishq} ni topish uchun ishqalanish koeffitsientini formulasi $\mu = \frac{F_{ishq}}{P \cos \alpha}$ dan foydalanamiz.

Natijada
$$F_{ishq} = \mu \cdot P \cos \alpha$$

Ifoda hosil bo'ladi. F_{ishq} ning qiymatini harakat tenglamasiga qo'yamiz:

$$F_T - \mu P \cos \alpha - P \sin \alpha = ma = \frac{P}{g} \cdot a.$$

Bundan

$$a = \left(\frac{F_T}{P} - \mu \cos \alpha - \sin \alpha \right) \cdot g$$

ifodani hosil qilamiz.

Tekis tezlanuvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l formulasidan foydalanib,

$$S = \frac{at^2}{2} = \left(\frac{F_T}{P} - \mu \cos \alpha - \sin \alpha \right) \cdot \frac{gt^2}{2}$$

natijaga kelimiz.

Xisoblaymiz:
$$S = \left(\frac{800N}{1000N} - 0,05 \cos 30^\circ - \sin 30^\circ \right) \cdot \frac{9,8 \frac{m}{s} (2s)^2}{2} \approx 5 m.$$

Javobi: $S = 5 m.$

3-masala. Tinch holatdagi massasi 10 kg bo'lgan jismni arqon bilan erdan yuqoriga tik ravishda ko'tarilmokda, havoning qarshilik kuchi 0,6N. Jism 4 s davomida 16m balandlikka ko'tarildi. Arqonning taranglik kuchini aniqlang.

Berilgan: $m=10 \text{ kg}, t=4 \text{ s}, S=16 \text{ m}, F_q=0,6 \text{ N}.$

Topish kerak: $T=?$

Uchish: Masala shartini aks ettiruvchi chizmada $m\vec{g}$ og'irlik kuchi \vec{T} - o'qning taranglik kuchi, \vec{F}_k havoning qarshilik kuchi. Nyutonning ikkinchi qonuni vektor ko'rinishda quyidagicha yoziladi:

$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{F}_k = m\vec{a}.$$

O'qning musbat yo'nalishi harakat yo'nalishi bilan mos tushsin (7-rasm).

Yukka ta'sir etuvchi kuchlar bir to'g'ri chiziqda yotgani uchun Nyutonning ikkinchi qonunini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$m\vec{a} = \vec{T} - m\vec{g} - \vec{F}_k.$$

bundan

$$\vec{T} = m(\vec{a} + \vec{g}) + \vec{F}_k.$$

vaqt davomida jism $s = \frac{at^2}{2}$ masofaga ko'tarilganidan foydalanib $a = \frac{2s}{t^2}$ ni topamiz. Bu ikki tenglikdan

$$T = m\left(\frac{2s}{t^2} + \vec{g}\right) + F_k$$

ni topamiz.

Hisoblaymiz: $T = 10\text{kg}\left(\frac{2 \cdot 16\text{m}}{(4\text{s})^2} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + 0,6\text{N} = 118,6\text{N}.$

Javobi: $T = 118,6\text{N}.$

4-masala. Boshlang'ich massasi $m_0 = 1,2\text{kg}$ bo'lgan raketaning modeli tortish maydonida vertikal ravishda yuqoriga ko'tarilmokda. Agar raketadan har sekundda o'tilib chiqayotgan $0,4\text{kg}$ massali gaz oqimining raketaga nisbatan tezligi 800m/s bo'lsa harakat boshlanishidan 1s o'tgach, raketa hamma nisbatan qanday tezlikka erishadi? Raketaning boshlang'ich tezligi $v_0 = 0$.

Berilgan: $v = 800\text{m/s}$, $\frac{\Delta m}{\Delta t} = 0,4\text{kg/s}$, $m_0 = 1,2\text{kg}$, $t = 1\text{s}.$

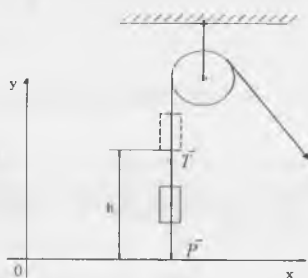
Topish kerak: $v = ?$

Uchish: Masalani echish uchun Nyutonning ikkinchi qonunini quyidagi ko'rinishidan foydalanamiz:

$$\vec{F} dt = d\vec{p}, \quad (1)$$

hunda

$$d\vec{p} = d\vec{p}_1 + d\vec{p}_2,$$



7-rasm

bu erda $d\vec{p}_1$ - gaz oqimining reaktiv ta'siri ostida raketa impulsining o'zgarishi bo'lib, u quyidagiga teng:

$$d\vec{P}_1 = \left(m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot t\right) d\vec{v}$$

$d\vec{P}_2$ - o'tilib chiqayotgan gaz oqimining impulsini:

$$d\vec{P}_2 = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \vec{v}' dt$$

\vec{F} - og'irlik kuchi bo'lib, u boshlang'ich vaqtda $\vec{F} = m_0 \vec{g}$ ga teng.

\vec{F} , $d\vec{P}_1$, $d\vec{P}_2$ - larining ifodalari (1) tenglamaga qo'yamiz:

$$\left(m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot t\right) d\vec{v} = \left(m_0 \vec{g} - \frac{\Delta m}{\Delta t} \vec{v}'\right) dt$$

Raketadan chiqayotgan gaz oqimining tezligi \vec{v}' erkin tushish tezlanishi bilan bir tomonga, v tezlik esa, ularga qarama-qarshi tomonga yo'nalganligini hisobga olib, oxirgi tenglikni quyidagi skalyar ko'rinishga keltiramiz:

$$\left(m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot t\right) dv = -\left(m_0 g - \frac{\Delta m}{\Delta t} v'\right) dt$$

Bu tenglamaning har ikki tomonini

$$\left(m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot t\right)$$

ga bo'lamiz:

$$dv = \frac{\Delta m}{\Delta t} v' \left(\frac{1 - \frac{m_0 g}{\frac{\Delta m}{\Delta t} v'}}{m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} t} \right) dt \quad \text{yoki} \quad dv = v' \left(1 - \frac{m_0 g}{\frac{\Delta m}{\Delta t} v'} \right) \cdot \frac{\frac{\Delta m}{\Delta t} dt}{m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} t}$$

tezlik dv ni 0 dan v gacha va vaqtni 0 dan t gacha bo'lgan oraliqda integrallaymiz.

$$\int_0^v dv = v' \left(\frac{1 - \frac{m_0 g}{\frac{\Delta m}{\Delta t} v'}}{\frac{\Delta m}{\Delta t} v'} \right) \int_0^t \frac{\frac{\Delta m}{\Delta t}}{m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} t} dt,$$

bundan

$$v = v' \left(1 - \frac{m_0 g}{\frac{\Delta m}{\Delta t} v'} \right) \ln \frac{m_0}{m_0 - \frac{\Delta m}{\Delta t} t}$$

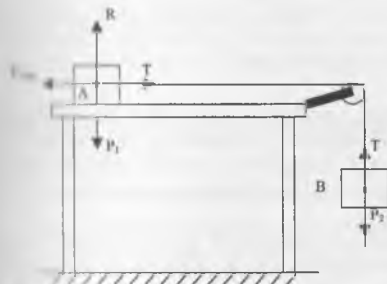
Hisoblaymiz:

$$v = 800 \frac{m}{s} \left(1 - \frac{1,2 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{0,4 \frac{kg}{s} \cdot 800 \frac{m}{s}} \right) \ln \frac{1,2 \text{ kg}}{1,2 \text{ kg} - 0,4 \frac{kg}{s} \cdot 1s} = 800 \frac{m}{s} (1 - 0,037) \ln \frac{3}{2} = 308,16 \frac{m}{s}$$

javob: $v = 308,16 \text{ m/s}$.

MODDIY NUQTALAR DINAMIKASIGA DOIR MASALALAR

41. Massasi $m=2 \text{ kg}$ bo'lgan tinch turgan jismga $t=5 \text{ s}$ davomida $F=4 \text{ N}$ 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?

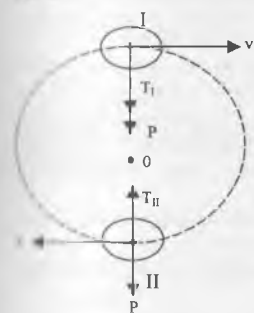


8-rasm

42. O'qning massasi $m=2,5 \text{ g}$, stvol uzunligi $\ell=0,70 \text{ m}$, miltiq kalibri $D=5,0 \text{ mm}$, otish paytidagi havoning o'rtacha bosimi esa $P=9,8 \text{ MPa}$ bo'lsa, o'qning pnevmatik miltiqdan uchib chiqishdagi tezligi qanday bo'lgan?

43. Stolning gorizontal ustida 1 kg massali brusok turibdi. Stol chetiga o'rnatilgan blokdan o'tkazilgan ipning bir uchi brusokka bog'lanib, ikkinchi uchiga $0,5 \text{ kg}$ tosh osilgan (8rasm). Brusokning stolga ishqalanish koeffitsienti $0,3$ ga teng bo'lsa, sistema qanday tezlanish bilan harakatlanadi? Ipning taranglanish kuchi qanday?

44. Agar g'ildiraklarning yo'l qoplamasiga ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,5$ bo'lsa, qiyalik burchagi $\alpha=20^\circ$ bo'lgan qiya yo'ldan yuqoriga harakatlanayotgan avtomobil qanday eng katta tezlikka erishishi mumkin? Harakatlash boshlanishidagi tezlik $v_0=10 \text{ m/s}$ bo'lsa, avtomobil $t=10 \text{ s}$ ichida qancha yo'l bosadi?



9-rasm

45. Prujina ustiga qo'yilgan tosh uni 2 mm qisadi. Agar tosh 5 m balandlikdan erkin tashlansa, u prujinani necha mm ga qisadi?

46. Massasi $m=50 \text{ g}$ bo'lgan jism uzunligi $\ell=0,6 \text{ m}$ bo'lgan ipga bog'langan. Bu jism vertikal tezlikda qo'zg'almas markaz atrofidagi $v=1,5 \text{ m/s}$ tezlik bilan aylantirilmoqda. Jism I va II vaziyatda aylanayotgan vaqtda ipning tarangligini aniq lang (9-rasm).

47. Agar avtomobil shinalari bilan asfalt orasidagi ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,60$ bo'lsa, asfalt shossening radiusi $R=100 \text{ m}$ bo'lgan burilish qismida avtomobil erishishi mumkin bo'lgan tezlikning maksimal qiymatini toping.

48. Avtomobil tezligi qanday bo'lganda uning botiq ko'prikkaga beradigan bosimi qavariq ko'prikkaga beradigan bosimdan ikki marta katta bo'ladi? Har ikkala holda ham ko'priknining egrilik radiusini $R=30 \text{ m}$ deb oling.

49. Agar tezligi $v=10 \text{ m/s}$ bo'lgan avtomobilning tormozlanish yo'li $s=8,0 \text{ m}$ bo'lsa, avtomobil g'ildiraklari bilan yo'l orasidagi ishqalanish koeffitsienti qancha ga teng?

50. Gorizontal tekislikda $5,0 \text{ kg}$ massali jism yotibdi. Gorizontga nisbatan $\alpha=60^\circ$ burchak ostida yo'nalgan $F=50 \text{ N}$ kuch ta'sirida jism $t=1,0 \text{ s}$ vaqt

ichida qancha yo'lni bosib o'tad? Jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,20$ deb oling.

51. Gorizont bilan $\alpha=45^\circ$ burchak hosil qiluvchi $F=5,0$ N kuch ta'sirida $m=2,0$ kg massali jism gorizontali yo'nalishda qanday tezlanish bilan harakatlanad? Ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,10$.

52. Suvli bak qiyaligi $\alpha=30^\circ$ bo'lgan qiya tekislikda turibdi. Bakdagi suv sirti qiya tekislikka parallel bo'lishi uchun qiya tekislikni gorizontali yo'nalishda qanday tezlanish bilan harakatlantirish kerak?

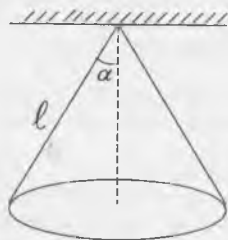
53. $m_1=70$ kg massali odam suvda harakatsiz turgan qayiq tumshug'idan uning quyruq'iga o'tganda qayiq qancha masofaga siljiyd? Qayiqning uzunligi 2,5 m, massasi $m_2=100$ kg deb oling. Suvning qarshiligini hisobga olmang.

54. $M=15 \cdot 10^3$ kg massali suyuq yonilg'ili raketa vertikal yo'nalishda uchirilmogda. Yonilg'i sarfi $Q=150$ kg/s. Agar yongan gazlarning soplodan chiqish tezligi $u=3,0$ km/s bo'lsa, dvigatel ishlab turgan $t=1$ min vaqt ichida raketa qanday balandlikka ko'tarilad?

55. Uchish boshlangandan ma'lum vaqt o'tgach og'irlik maydonida qo'zg'aimay turishi uchun yuqoriga tik yo'nalgan M boshlang'ich massali raketa har sekundiga qanday massali gazni chiqarib turishi kerak? Gaz oqimining raketaga nisbatan tezligini u deb oling. Og'irlik kuchi tezlanishini balandlik bo'yicha o'zgarishini hisobga olmang.

56. Gorizontol holatdagi disk o'zining markazi orqali o'tgan vertikal o'q atrofida aylanmogda. Disk ustida aylanish o'qidani $R=10$ sm masofada yuk joylashgan. Aylanish chastotasi $n=0,5$ ayl/s bo'lganda yuk disk sirti bo'ylab sirpana boshlagan bo'lsa, disk bilan yuk orasidagi tinchlikdagi ishqalanish koeffitsienti qanday bo'lgan?

57. Uzunligi $\ell=49$ sm, ipining vertikal bilan hosil qilgan burchagi esa, $\alpha=60^\circ$ bo'lgan konussimon mayatnikning (10-rasm) aylanish davrini toping.



10 - rasm

58. $m=200$ g massali jism $\ell=80$ sm uzunlikdagi ipga osilgan. Jism muvozanat holatidan osilish nuqtasi balandligigacha og'dirib qo'yib yuborilganda ip uzilib ketgan. Agar ip $F=4,0$ N kuch ta'sirida uziladigan bo'lsa, ipning uzilish paytida jism qanday balandlikda bo'lgan?

59. Massasi 10^4 kg bo'lgan vagon yurib ketayotgan sostavdan ajralib qolgach, tekis sekinlanuvchan harakat qilib 20 s ichida 20 m yo'li bosib o'tib to'xtadi. Ishqalanish kuchini, ishqalanish koeffitsientini va vagonning boshlang'ich tezligini toping.

60. Avtomobil qiya yo'ldan $v=10$ m/s tezlik bilan ko'tarilib bormogda. Agar ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,5$ va qiyalik burchagi $\alpha=10^\circ$ bo'lsa, avtomobilning to'xtaguncha bosib o'tgan yo'li va harakatlantirish vaqtini toping.

b) QATTIQ JISM AYLANMA HARAKATINING DINAMIKASI

Absolyut qattiq jismning qo'zg'almas o'qqa nisbatan kuch moment i:

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot \ell,$$

bu erda ℓ - kuch elkasi bo'lib, u aylanish o'qidani kuchning ta'sir chizig'iga perpendikulyar ravishda o'tkazilgan eng qisqa masofa. Moddiy nuqtalar

qismlarining qo'zg'almas z o'qqa nisbatan inersiya momentlarining yig'indisi:

$$I_z = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2,$$

Bu erda Δm_i - i - elementi massasi, r_i - i -element radius vektori. Butun hajm bo'yicha zichligi ρ bir xil bo'lgan bir jinsli jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$dm = \rho dV \quad \text{va} \quad I = \rho \int r^2 dV,$$

Bu erda V - jismning hajmi.

Qattiq jism dinamikasining asosiy tenglamasi:

$$I_z \varepsilon = M_z$$

Bu erda I_z jismning qo'zg'almas z o'qiga nisbatan inersiya momenti, ε - barcha tezlanish, M_z - tashqi kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan momentlarining algebraik yig'indisi.

Ba'zi jismlarning inersiya momenti:

1. Aylanish o'qidan R masofadagi m massali moddiy nuqta uchun:

$$I = mR^2.$$

2. ℓ uzunlikdagi ingichka sterjening uning inersiya markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti:

$$I = \frac{1}{12} m\ell^2,$$

Bu erda m - sterjen massasi.

Agar aylanish o'qi sterjenga perpendikulyar bo'lib uning birorta uchi orqali o'tgan bo'lsa,

$$I = \frac{1}{3} m\ell^2.$$

Diskning o'z tekisligiga tik va markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti:

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

Yupqa devorli truba yoki xalqaning geometrik o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$I = mR^2.$$

Massasi m bo'lgan silindr trubaning simmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti:

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

Bu erda R_1 va R_2 silindrning ichki va tashqi radiuslari.

3. Sharning markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti:

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

7. Yupqa diskning diametri bilan ustma-ust tushgan o'qqa nisbatan inersiya momenti:

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

8. Inersiya markazidan o'tmagan ixtiyoriy o'qqa nisbatan jismning inersiya momenti Shteyner teoremasiga asosan aniqlanadi:

$$I = I_0 + md^2,$$

bu erda I_0 jismning O nuqtadan o'tuvchi o'qqa paralell va og'irlik markazi orqali o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti, d o'qlar orasidagi masofa.

Impuls momenti:

$$L = I\omega$$

bu erda ω - burchak tezlik.

Aylanma harakatdagi jismning bajargan ishi $\Delta A = M\Delta\varphi$ va kuch momenti o'zgarish bo'lsa, tashqi kuchlarning bajargan ishi:

$$A = M\varphi,$$

bu erda M - kuch momenti, φ - burilish burchagi.

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

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

QATTIQ JISM AYLANMA HARAKATINING DINAMIKASIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-Masala. $0072 = 15$ sm radiusli g'altakka o'ralgan ipning uchiga $m = 500$ g yuk osib qo'yilgan. Agar yuk $a = 100$ sm/s² tezlanish bilan pastga tushib borayotgan bo'lsa, g'altakning inersiya momenti topilsin.

Berilgan: $M = 500$ g = 0,5 kg; $r = 15$ sm = 0,15 m; $a = 100$ sm/s² = 1 m/s².

Topish kerak: $I = ?$

Echish: Qattiq jism aylanma harakatining asosiy tenglamasi:

$$M = I \varepsilon, \tag{1}$$

bu erda M - aylantiruvchi moment, ε - burchak tezlanish, I - inersiya momenti.

Aylantiruvchi moment M ni ipni taranglantiruvchi kuch T vujudga keltiradi, shuning uchun:

$$M = r \cdot T. \quad (2)$$

Ipning taranglik kuchini topish uchun yukka nisbatan Nyutonning ikkinchi

qonunini qo'llaymiz, ya'ni $ma = F$ bunda $m = \frac{P}{g}$, $F = P - T$

ekanligidan:

$$\frac{P}{g} \cdot a = P - T \quad \text{bunda} \quad T = P \left(1 - \frac{a}{g} \right). \quad (3)$$

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

$$M = P \cdot r \left(1 - \frac{a}{g} \right), \quad (4)$$

bu erda $P = mg$ - yukning og'irligi.

Masalaning shartiga binoan $\varepsilon = \frac{a}{r}$, chunki g'altak gardishi nuqtalarining tezligi tezligi yukning tezligiga teng.

$$I = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{M \cdot r}{a} = \frac{P \cdot r^2}{a} \left(1 - \frac{a}{g} \right) \quad (5)$$

yoki $P = mg$ ekanligidan (5) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$I = \frac{mr^2}{a} (g - a). \quad (6)$$

Hisoblaymiz:

$$I = \frac{0,5 \text{ kg} \cdot (0,15 \text{ m})^2}{0,96 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \approx 0,0979 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Javobi: $I = 0,0979 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

2- masala. Agar 10 kVt quvvatli motor 1 minutda 3000 marta aylanayotgan bo'lsa, uning aylantiruvchi momenti topilsin.

Berilgan: $N = 10 \text{ kVt} = 10^4 \text{ Vt}$, $n = 3000 \text{ ayl/min} = 50 \text{ ayl/s}$.

Topish kerak: $M = ?$

Yechish: Quvvatning formulasi:

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{Md\varphi}{dt} = M\omega.$$

Mat orning burchakli tezligi:

$$\omega = 2\pi n = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \frac{1}{s}$$

mat orning aylantiruvchi momenti:

$$M = \frac{N}{\omega}$$

formuladan topiladi.

Hisoblaymiz:

$$M = \frac{N}{\omega} = \frac{10^4 \text{ Vt}}{314 \frac{1}{s}} \approx 31,84 \text{ N} \cdot \text{m}$$

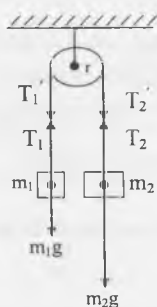
Javobi: $M = 31,84 \text{ N} \cdot \text{m}$.

3-masala. Disk shaklidagi massasi $m = 0,06 \text{ kg}$ bo'lgan blok orqali ingichka, pishiq ip o'tkazilgan. Ipning uchlariga $m_1 = 0,2 \text{ kg}$ va $m_2 = 0,3 \text{ kg}$ bo'lgan yuklar osilgan. Agar bu yuklarni o'z erkiga qo'yilsa, ular qanday tezlanish bilan harakat qiladi? Ishqalanish hisobga olinmasin.

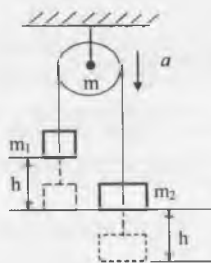
Berilgan: $m = 0,06 \text{ kg}$, $m_1 = 0,2 \text{ kg}$, $m_2 = 0,3 \text{ kg}$.

Topish kerak: $\Delta = ?$

Echish: 1-usul Masalani echishda ilgari tanima va aylanma harakatlarning asosiy qonunlaridan foydalanamiz. Harakatlanayotgan har bir yukka ikkita kuch: pastga yo'nalgan ogirlik kuchi $P = mg$ va yuqoriga yo'nalgan ipning taranglik kuchi T ta'sir qiladi. (10a-rasm).



10a-rasm



10b-rasm

m_1 yuk yuqoriga ko'tariladi, demak, $T_1 > m_1g$. Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra, bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi ularning ayirmasiga teng bo'lib, yuk massasiga va uning harakat tezlanishiga to'g'ri proporsional.

$$T_1 - m_1 \cdot g = m_1 a,$$

bundan

$$T_1 = m_1 g + m_1 a.$$

(1)

m_2 yuk pastga tushadi, demak $T_2 < m_2 g$. Bu yuk uchun ikkinchi qonun formulasini yozamiz:

$$m_2 g - T_2 = m_2 a,$$

bundan

$$T_2 = m_2 g - m_2 a.$$

(2)

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuniga muvofik, diskka qo'yilgan aylantiruvchi moment M diskning inersiya momenti I ning uning burchak tezlanishi ε ga ko'paytmasiga teng.

$$M = I \cdot \varepsilon.$$

(3)

Aylantiruvchi momentni aniqlaymiz. Iplarning taranglik kuchi faqat yuklarga ta'sir qilmay, balki diskka ham ta'sir qiladi. Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra, disk gardishiga qo'yilgan T'_1 va T'_2 kuchlar kattalik jihatidan T_1 va T_2 kuchlarga mos ravishda teng, lekin yo'nalish jihatidan ularga karama-qarshidirlar. Yuklar harakatlanganda disk soat strekasi yo'nalishida aylanadi, demak $T'_2 > T'_1$. Diskka qo'yilgan aylantiruvchi moment, bu kuchlar ayirmasining disk radiusi bilan ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$M = (T'_2 - T'_1) r.$$

Diskning inersiya momenti

$$I = \frac{mr^2}{2}.$$

Burchak tezlanish yuklarning chizikli tezlanishi bilan $\varepsilon = \frac{a}{r}$ munosabat orqali bog'langan. (3) formulaga M , I ifodalarni qo'yib, quyidagini topamiz:

$$(T'_2 - T'_1) \cdot r = \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{a}{r},$$

bundan

$$T'_2 - T'_1 = \frac{m}{2} \cdot a.$$

(4)

$T'_1 = T_1$ va $T'_2 = T_2$ bo'lgani uchun T'_1 va T'_2 kuchlarni (1) va (2) formuladagi ifodalalar bilan almashtirish mumkin, u holda:

$$m_2 g - m_2 a - m_1 g - m_1 a = \frac{m}{2} a$$

yoki

$$(m_2 - m_1)g = \left(m_2 - m_1 + \frac{m}{2}\right)a,$$

bundan

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_1 + \frac{m}{2}} g. \quad (5)$$

Hisoblaymiz :

$$a = \frac{0,3\text{kg} - 0,2\text{kg}}{0,3\text{kg} + 0,2\text{kg} + \frac{0,06\text{kg}}{2}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Javobi: $a = 1,85 \text{ m/s}^2$.

2-usul. Masalani echishda energiyani saqlanish qonunini qo'llaymiz, bu qonunga ko'ra, ishqalanish bo'lmaganda yakkalangan jismlar sistemasining to'la energiyasi bu jismlarning harakati vaqtida o'zgar olmay qoladi. Bunda energiya faqat potentsial energiyadan kinetik energiyaga yoki aksincha o'tishi mumkin. Mexanikada jismning to'la energiyasi deb, uning potentsial va kinetik energiyalari yig'indisini aytilishini eslatib o'tamiz.

Harakatning boshlang'ich paytida birinchi yukning potentsial energiyasi P_1 ga ikkinchisniki P_2 ga teng bo'lsin. Bir or vaqtdan keyin birinchi yukning balandligi h qadar ortgan, ikkinchisniki h qadar kamaygan (10b-rasm).

Birinchi yukning potentsial energiyasi $P_1 + m_1gh$ ikkinchisniki $P_2 - m_2gh$ bo'lib qoladi. Bundan tashqari, yuklarning har biri α tezlanish bilan

harakatlanib, shu vaqt ichida v tezlikka mos ravishda $\frac{m_1v^2}{2}$ bilan $\frac{m_2v^2}{2}$ ga teng kinetik energiyaga erishadi. Xuddi shuningdek, disk tekis tezlanuvchan harakat qilib, ω burchakli tezlik va unga tegishli $\frac{I\omega^2}{2}$ kinetik energiyaga erishadi.

Diskning kinetik energiyasi ifodasini o'zgartirib yozamiz:

$I = \frac{mr^2}{2}$ va $\omega = \frac{v}{r}$ bo'lgani uchun

$$\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2} \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{v^2}{r^2} = \frac{mv^2}{4}.$$

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan:

$$P_1 + P_2 = P_1 + m_1gh + P_2 - m_2gh + \frac{m_1v^2}{2} + \frac{m_2v^2}{2} + \frac{mv^2}{2}. \quad (6)$$

Yuklarning potensial energiyasiga tegishli hadlarni (6) ning o'ng qismidan chap qismiga ko'chiramiz. Ma'lum o'zgartirishlardan so'ng quyidagi hovil bo'ladi:

$$(m_2 - m_1)gh = (m_2 - m_1 + \frac{m}{2})\frac{v^2}{2}.$$

Yuklar tekis tezlanuvchan harakat qilgani uchun $v^2 = 2ah$.

Demak,

$$(m_2 - m_1)g = (m_2 + m_1 + \frac{m}{2})a,$$

bundan

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1 + \frac{m}{2}} \cdot g,$$

ya'ni (5) ifodaga mos bo'lgan natija kelib chiqadi.

4-masala. Radiusi 12 m va massasi 1,2 t bo'lgan tinch holatdagi aylanma sahna ustida massalari 60 va 70 kg dan bo'lgan artistlar turibdi. Agar artistlar sahna aylanish o'qi atrofida 6 m radiusli aylana bo'ylab tashnaga nisbatan 5 km/soat tezlik bilan harakat qilsalar, sahna minutiga necha marta aylana boshlaydi? Sahna bir jinsli doiraviy disk, artistlar esa muqaddiy nuqtalar deb hisoblansin. Ishqalanish kuchlari e'tiborga olinmasin.

Berilgan: $r = 12$ m; $M = 1,2$ T = 1200 kg; $m = (60 + 70)$ kg = 130 kg; $R = 6$ m,

$$v = 5 \text{ km/soat} = 1,39 \text{ m/s}.$$

Topish kerak: $V = ?$

Techish: Sahna va artistlar tinch holatda bo'lganda, ularning impuls momentlari nolga teng. Artistlar yura boshlagach, sahna ham harakatga kelib, ularning umumiy impuls momentlari

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

bo'lib, impuls momentining saqlanish qonuniga asosan:

$$I_1\omega_1 + I_2\omega_2 = 0,$$

bunda $I_1 = mr^2$ - artistlarning inersiya momentlari, ω_1 - ularning burchak

tezligi, $I_2 = \frac{1}{2}mR^2 + mr^2$ - sahnaning artistlar bilan birgalikda inersiya momenti, R - sahna radiusi, r - artistlar traektoriyasining radiusi, ω_2 -

sahnaning burchak tezligi, $m=m_1 + m_2 = 130 \text{ kg}$ - artistlarning umumiy massasi. Bularni impuls momentining saqlanish qonuniga qo'yib, sahna minutiga necha marta aylanishini hisoblaymiz.

$$mr^2 \cdot \frac{v}{r} + \left(\frac{1}{2}MR^2 + mr^2\right)\omega_2 = 0,$$

bundan

$$\omega_2 = -\frac{mr^2 \frac{v}{r}}{\frac{1}{2}MR^2 + mr^2} = -\frac{2mvr}{MR^2 + 2mr^2}.$$

Lekin $\omega_2 = 2\pi v$ bo'lgani uchun sahnaning aylanish chastotasi:

$$v = \frac{\omega_2}{2\pi} = -\frac{2mvr}{2\pi(MR^2 + 2mr^2)} = -\frac{130 \text{ kg} \cdot 1,39 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 6\text{m}}{3,14(1200 \text{ kg} \cdot 12^2 \text{m}^2 + 2 \cdot 130 \text{ kg} \cdot 36 \text{m}^2)} = -\frac{1084,2}{547952} = -0,002 \text{ s}^{-1} = -0,12 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}.$$

Javob: $v=0,12 \text{ ayl/min}$

QATTIQ JISM AYLANMA XARAKATINING DINAMIKASIGA DOIR MASALALAR

61. Sharining sirtiga o'tkazilgan urinma bilan tushuvchi o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang. Sharining massasi 5 kg, radiusi esa 0,1 m.

62. Uzunligi 0,5 m, massasi esa 0,2 kg bo'lgan ingichka to'g'ri sterjenning unga perpendikulyar bo'lib, uchlarining biridan 0,15 m masofada bo'lgan nuqtadan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang.

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

64. Uchiga $m=0,50$ kg massali yuk osilgan ip radiusi $R = 10$ sm bo'lgan barabanga o'rab qo'yilgan. Yuk $a=1,0 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inersiya momentini toping.

65. Massasi $m=100$ g bo'lgan blokdan o'tkazilgan ingichka egiluvchan, cho'zilmaydigan ip uchlariga massalari $m_1=200$ g va $m_2=300$ g bo'lgan 2 ta yuk osilgan. Yuklar qo'zg'almas holatda tutib turiladi. Yuklar o'z holiga qo'yilsa, ular qanday tezlanish bilan harakat qiladi? Blokning radiusi 10 sm bo'lsa, u qanday burchak tezlanishga ega bo'ladi? Ishqalanishni hisobga olmag.

66. Massasi 2 kg bo'lgan, gorizontalsirt buylab 2 m/s nisbiy tezlik bilan sirpanishsiz dumalab ketayotgan diskning kinetik energiyasini hisoblab toping.

67. Massasi 100 kg va radiusi 0,4 m bo'lgan disk shaklidagi tinch turgan maxovikni $n = 10$ ayl/s chastota bilan aylantirish uchun qancha ish bajarish kerak.

68. Massasi $m_1=280$ kg va radiusi $R=1,0$ m bo'lgan disk shaklidagi platforma chetida massasi $m_2=60$ kg bo'lgan odam turibdi. Platforma $t=30$ s vaqt

uchida $n=1,2$ ayl/s chastotaga mos tezlikka erishgan bo'lsa, platformani harakatga keltiruvchi dvigatelning foydali quvvatini toping.

69. Massasi $m=10$ kg, radiusi esa $R=10$ sm bo'lgan diskdan iborat maxovik markazidan o'tgan o'q atrofida 6 s^{-1} doiraviy chastota bilan erkin aylanmoqda. Tormozlanganda maxovik $t=5$ s dan keyin to'xtagan bo'lsa, tormozlovchi moment ni aniqlang.

70. Quduqdan massasi $m=10$ kg bo'lgan suvli chelak chig'ir yordamida tortib olinmoqda. Chelak suv yuzidan $h=5,0$ m balandlikda bo'lgan paytda chig'ir dastasi chiqib ketib, chelak pastga tomon tusha boshladi. Chelak suv sirtiga tushgan paytda chig'ir dastasi qanday chiziqli tezlikka ega bo'lgan? Dastaning radiusi $R=30$ sm, chig'ir o'qining radiusini $r=10$ sm, massasini esa, $m_1=20$ kg deb oling. Ishqalanishni va chelak osilgan arqon massasini hisobga olmang.

71. Massasi $m_1=1,0$ kg bo'lgan maxovik radiusi $r=5,0$ sm, massasi esa $m_2=200$ g bo'lgan shkivga o'rnatilgan bo'lib, shkiv unga o'ralgan ipning uchiga osilgan $m_3=500$ g massali yuk yordamida harakatga keltiriladi. Qancha vaqtdan keyin maxovik $n=5,0$ ayl/s tezlikka erishadi? Maxovikning barcha massasi uning aylanish o'qidan $R=40$ sm masofada joylashgan gardishi bo'ylab taqsimlangan deb hisoblang.

72. Qiya tekislikka parallel yo'nalishda $7,0$ m/s boshlang'ich tezlikka ega bo'lgan disk sirpanishsiz yuqori tomonga dumalaganda qiyaligi 30° bo'lgan qiya tekislik bo'ylab qancha yo'lni bosib o'tadi?

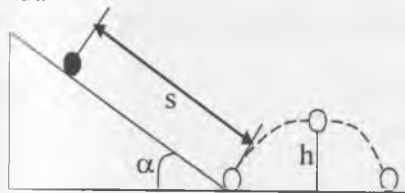
73. Qiyalik burchagi 30° bo'lgan qiya tekislik bo'ylab shar dumalab tushmoqda. Agar boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lsa, sharning markazi $1,5$ s dan keyin qiya tekislikka nisbatan qanday tezlikka ega bo'ladi?

74. Radiusi $R=1,0$ m, massasi $m=1000$ kg bo'lgan disk shaklidagi gireskopning burchak tezligi $t=1$ min vaqt ichida $\omega=31$ rad/s ga etgan bo'lsa, gireskopni harakatga keltiradigan motorning quvvati qancha bo'lishi kerak? Ishqalanish va havoning qarshiligini hisobga olmang.

75. $n=20$ ayl/s tezlik bilan aylanayotgan $m=50$ kg massali va radiusi $R=0,30$ 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?

76. $n=10$ ayl/s tezlik bilan aylanayotgan $m_1=5$ kg massali va $R=5$ m radiusli disk xuddi shunday radiusli massasi $m_2=10$ kg bo'lgan harakatlanmayotgan diskka tekkizib qo'yilgan. Disklar tekkizilganda sirpanish bo'lmagan bo'lsa, disklar ni qizdirish uchun sarf bo'lgan energiyani hisoblab toping.

77. Ishqalanish borligida chambarak qiya tekislikdan dumalab tushadi, ishqalanish yo'qolganda esa sirpanib tushadi. Qiya tekislikning oxiriga etib borganda chambarakning olgan tezligi qaysi holda va necha marta katta bo'ladi?

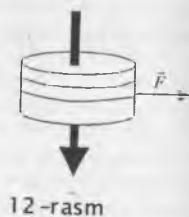


11-rasm

78. Qiyalik burchagi $\alpha=30^\circ$ bo'lgan qiya tekislik bo'ylab sirpanishsiz dumalab tushayotgan sharcha gorizontal tekislikka uriladi va $h=12,5$ sm balandlikka sakrab ketadi (11-rasm). Ishqalanishni hisobga olmasdan, urilishni absolyut elastik deb hisoblab, sharchaning qiya tekislik bo'ylab

o'tgan s yo'lini toping.

79. R radiusli disk vertikal o'q atrofida ℓ uzunlikdagi, doimiy F kuch bilan tortib turilgan ip yordamida aylantirib yuborildi. (12-rasm). Shundan so'ng disk o'qdan chiqib, gorizontal tekislikka tushadi. Agar diskning massasi M, uning tekislikka ishqalanish koeffitsienti μ bo'lsa, disk to'la to'xtaguncha tekislik ustida necha marta aylanadi?



80. Alyuminiy va misdan tayyorlangan bir xil o'lchamli ikkita shar bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda markazlari orqali o'tgan umumiy qo'zg'almas o'q atrofida $\omega_1=5,0 \text{ rad/s}$ va $\omega_2=10 \text{ rad/s}$ burchak tezliklari bilan aylanmoqda. Sharlar biri bilan birlashtirib qo'yilsa, ular qanday burchak tezlik bilan aylanar edi?

2. SAQLANISH QONUNLARI

a) IMPULSNING SAQLANISH QONUNI

Saqlanish qonunlari tabiatning fundamental qonunlari bo'lib, faqat berk sistemalar, ya'ni tashqi kuchlar ta'sir etmaydigan yoki ularning yig'indisi nolga teng bo'lgan sistemalar uchun o'rinli bo'ladi. Mexanikada uchta saqlanish qonunlari mavjud bo'lib ular: impuls, impuls momenti va mexanik energiyaning saqlanish qonunlaridan iboratdir. Saqlanish qonunlarining bebaholigi shundaki ular sistemada sodir bo'ladigan oraliq hodisalarni chetlab o'tib, sistemalarning dastlabki va oxirgi holatlarini o'zaro bog'laydi. Bu bo'limda saqlanish qonunlariga oid masalalar echiladi. Quyida ularga tegishli asosiy tushuncha va ifodalar berilgan. Moddiy nuqta yoki jism harakatini miqdoriy xarakterlash uchun impuls degan tushunchadan foydalaniladi. U vektor kattalik bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$P = m \vec{v},$$

bunda m va \vec{v} lar mos ravishda moddiy nuqtaning massasi va tezligidir.

Moddiy nuqtalar sistemasining impulsi sistema tarkibiga kirgan barcha moddiy nuqtalar (jismlar) impulslarining vektor yig'indisiga teng:

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^n \vec{P}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i. \quad (2)$$

Moddiy nuqtalar sistemasining impulsini sistema inersiya markazining impulsi orqali ifodalash ham mumkin:

$$\vec{P} = m \vec{v}_c, \quad (3)$$

bunda m - sistemaning umumiy massasi.

$$\vec{v}_c = \frac{d\vec{r}_c}{dt}. \quad (4)$$

(4) - sistema inersiya markazining tezligi. Bunda

$$\vec{r}_c = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{m} \quad (5)$$

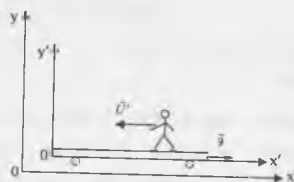
Systema inersiya markazining vaziyatini belgilovchi radius vektor.

O'zaro ta'sirlashuvchi jismlar berk sistemasining impulsi vaqt o'tishi bilan o'zgar olmaydi ya'ni saqlanadi:

$$\vec{P} = \sum m_i \vec{v}_i = const. \quad (6)$$

IMPULSNING SAQLANISH QONUNLARIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Taxta pol ustida turgan engil g'ildirakli uzun taxta aravachaning bir uchida odam turibdi. Odamning massasi 60 kg, aravachaniki esa 20 kg (13-rasm). Aravacha bo'ylab unga nisbatan 1 m/s tezlik bilan odam yura boshlarsa, aravacha polga nisbatan qanday tezlik bilan harakatlana boshlaydi? G'ildiraklar massasi va ishqalanish kuchlari hisobga olinmasin.



13-rasm.

Berilgan: $M=60$ kg; $m=20$ kg; $v'=1$ m/s.

Topish kerak: $v=?$

Echish: «Aravacha-odam» berk sistemani tashkil qiladi. Erga nisbatan har ikki jism harakatsiz, ya'ni ularning impulslari nolga teng. Odam harakatga kelsa aravacha ham qarama-qarshi tomonga harakatlana boshlaydi. Ularning harakatini erga nisbatan kuzatib sistema uchun impuls saqlanish qonunini yozamiz.

$M\vec{U}'$ - odamning, $m\vec{v}$ - aravachaning impulslari.

$$M\vec{U}' + m\vec{v} = 0$$

yoki

$$M(\vec{v} - \vec{U}') + m\vec{v} = 0. \quad (1)$$

Galiley prinsipiga ko'ra odamning Erga nisbatan tezligi (1) dan:

$$\vec{U} = \vec{v} + \vec{U}',$$

bunda \bar{g} - aravacha tezligi. (1) dan:

$$\bar{g} = \frac{M}{M+m} \bar{U}' = \frac{60}{80} \cdot 1 = 0,75 \text{ m/s.}$$

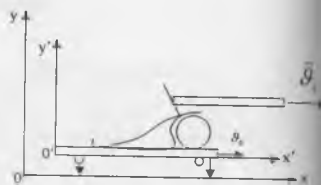
Demak, aravacha $\bar{g} = 0,75 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatga keladi.

2-masala. $v_0 = 2 \text{ m/s}$ tezlikda inersiyasi bilan harakatlanaётgan temir yo'l ochiq vagoniga mahkamlangan to'pdan harakat yo'nalishida snaryad otilganda vagonning tezligi 2 marta kamaygan bo'lsa, snaryad to'pga nisbatan qanday v_s tezlikda otilgan? Snaryadning massasi 50 kg, vagonning to'p bilan birga massasi 50 T (14-rasm).

Berilgan: $M = 50 \text{ T} = 5 \cdot 10^4 \text{ kg}$, $m = 50 \text{ kg}$,

$$v_0 = 2 \text{ m/s}, \quad v'_0 = v_0/2.$$

Topish kerak: $v_s = ?$



14-rasm.

Echish: Vagon, to'p va snaryadlar berk sistemani tashkil qiladi. Shuning uchun sistemaning impulsi saqlanadi. Ya'ni sistemaning snaryad otilgunga qadar impulsi $(M+m)v_0$, snaryad otilgandan keyingi impulsiga teng bo'lishi kerak:

$$(M+m)\bar{g}_0 = M\bar{g}'_0 + m\bar{g}, \quad (1)$$

bu erda v -snaryadning erga nisbatan tezligi bo'lib, v_c bilan tezliklarni qo'shishning Galiley prinsipi bo'yicha bog'langan.

$$\bar{g} = \bar{g}'_0 + \bar{g}_c \quad \text{yoki} \quad g = \frac{g'_0}{2} + g_c. \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yamiz.

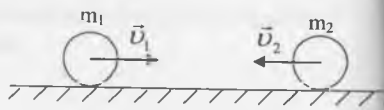
$$(M+m)g_0 = M \frac{g'_0}{2} + \frac{m g'_0}{2} + m g_c,$$

bundan

$$g_c = \frac{M+m}{2m} g'_0 = \frac{5 \cdot 10^4 + 50}{2 \cdot 50} \cdot 2 \approx 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Javobi: $v_s = 10 \text{ m/s}$.

3-masala. Massalari $m_1 = 3 \text{ kg}$ va $m_2 = 2 \text{ kg}$ bo'lgan sharlar bir-biriga qarab $v_1 = 4 \text{ m/s}$ va $v_2 = 2 \text{ m/s}$ tezliklar bilan harakatlanaётdalar (15-rasm). Markaziy va elastik to'qnashgandan so'ng sharlarning tezliklari qanday bo'lad?



15-rasm

Berilgan: $m_1=3$ kg; $m_2=2$ kg;

$v_1=4$ m/s; $v_2=2$ m/s.

Topish kerak: $U_1=?$, $U_2=?$

Echish: Elastik to'qnashayotgan ikkita shardan iborat berk sistema uchun impuls va kinetik energiyaning saqlanish qonunlari o'rinni bo'ladi:

$$m_1 g_1 + m_2 g_2 = m_1 U_1 + m_2 U_2, \quad (1)$$

$$\frac{m_1 g_1}{2} + \frac{m_2 g_2}{2} = \frac{m_1 U_1}{2} + \frac{m_2 U_2}{2}. \quad (2)$$

(1) dan

$$m_1(g_1 - U_1) = m_2(U_2 - g_2). \quad (3)$$

(2) dan

$$m_1(g_1^2 - U_1^2) = m_2(U_2^2 - g_2^2). \quad (4)$$

(4) ni (3) ga nisbatini olamiz:

$$g_1 + U_1 = U_2 + g_2. \quad (5)$$

(5) dan

$$U_1 = U_2 + g_2 - g_1. \quad (6)$$

(6) ni (1) ga qo'yamiz

$$U_2 = \frac{(m_2 - m_1) \cdot g_2 + 2m_1 g_1}{m_1 + m_2}. \quad (7)$$

(5) dan U_2 ni topib (1) ga qo'ysak

$$U_1 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot g_1 + 2m_2 g_2}{m_1 + m_2}. \quad (8)$$

Uning yo'nalishini musbat deb, hisoblash ishlarini bajaramiz:

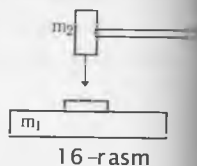
$$U_1 = \frac{(3-2) \cdot 4 + 2 \cdot 2(-2)}{3+2} = \frac{4-8}{5} = -\frac{4}{5} = -0,8 \frac{m}{s},$$

$$U_2 = \frac{(2-3)(-2) + 2 \cdot 3 \cdot 4}{3+2} = \frac{26}{5} = 5,2 \frac{m}{s}.$$

Demak, to'q nas h g and an so'ng sh arlar qarama-qarshi tomonlarga harakat qiladilar.

Javobi: $U_1 = -0,8 \text{ m/s}; U_2 = 5,2 \text{ m/s}.$

4 -masala. 300 kg massali sandonda yotgan yumshoq temir parchasiga 8 kg massali to'qmoq urilgan. Urilish noelastik bo'lsa, uning F.I.K. aniqlansin. Temir parchasini deformatsiyalash uchun sarf bo'lgan energiya foydali deb hisoblansin (16-rasm).



Berilgan: $m_1=300 \text{ kg}; m_2=8 \text{ kg}.$

Topish kerak: $\eta=?$

Echish: To'qmoqning kinetik energiyasi hisobiga temir parchasi deformatsiyalanadi:

$$T_2 = \frac{m_2 g_2^2}{2}, \quad (1)$$

g_2 - to'qmoqning urilish paytidagi tezligi.

To'qmoq energiyasining bir qismi zaminga beriladi:

$$T_1 = \frac{m_1 U^2}{2}, \quad (2)$$

bundagi U - to'qmoq, sandon va temir parchasining urilishdan keyingi tezligi bo'lib, impulsning saqlanish qonunidan topiladi:

$$m_1 g_1 = m_2 g_2 = (m_1 + m_2)U,$$

bu erda $g_1=0$ urilishgacha temir parchasining tezligi. U holda:

$$U = \frac{m_2 g_2}{m_1 + m_2}. \quad (3)$$

(3) ni (2) ga q'o'yib zaminga uzatilgan energiyani topamiz:

$$T_1 = \frac{m_1}{2} \left(\frac{m_2 g_2}{m_1 + m_2} \right)^2 = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} \cdot g_2^2. \quad (4)$$

U holda temirni deformatsiyalash uchun sarf bo'lgan foydali energiya:

$$T = T_2 - T_1 \quad (5)$$

Foydali ish koeffitsientini (2), (4), (5) lardan foydalanib aniqlaymiz:

$$\eta = \frac{T}{T_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} = 1 - \frac{300 \cdot 8}{308^2} = 0,9747 \cdot 100\%$$

yoki $\eta = 97,47\%$

Javobi: $\eta = 97,47\%$.

5-Masala. 280 kg massali disk shaklidagi platforma inersiya bo'yicha minutiga 30 martadan aylanmoqda (17-rasm).

Platforma markazida turgan 70 kg massali odam platforma chekkasiga o'tib olsa, platformaning aylanish chastotasi qanday bo'ladi?



Berilgan: $m_1 = 280$ kg; $n_1 = 30$ min⁻¹ = 1200 s⁻¹; $m_2 = 70$ kg

Topish kerak: $n_2 = ?$

Yechish: Platforma va odam berk sistemani tashkil qiladi. Shuning uchun inersiya momentining saqlanish qonunidan foydalanamiz:

17-rasm

$$(I_1 + I_2)\omega_1 = (I_1 + I_2')\omega_2, \quad (1)$$

unda I_1 va I_2 mos ravishda platforma va odamning markazdagi inersiya momentlari. I_2' odamning platforma chekkasida turgandagi inersiya momenti. ω_1 va ω_2 mos ravishda, platformaning odam platforma markazi va chekkasida turgandagi aylanish chastotalari. I_1 - platforma disk shaklida deb inersiya momentini hisoblaymiz:

$$I_1 = \frac{1}{2} m_1 R^2, \quad (2)$$

I_2, I_2' - odamni m oddiy nuqta deb olingandagi inersiya momentlari:

$$I_2 = 0, \quad I_2' = m_2 R^2, \quad (3)$$

ω_1 va ω_2 - mos ravishda platformaning odam platforma markazida va chekkasida turgandagi chastotalaridir:

$$\omega_1 = 2\pi n_1 \quad \text{va} \quad \omega_2 = 2\pi n_2. \quad (4)$$

(2), (3), (4) larni (1) ga qo'yamiz:

$$n_2 = \frac{I_1 n_1}{I_2 + I_2'} = \frac{\frac{m_1 R^2}{2} n_1}{\frac{m_1 R^2}{2} + m_2 R^2} = \frac{m_1 n_1}{m_1 + 2m_2} = \frac{280 \cdot 0,5}{280 + 2 \cdot 70} = \frac{140}{420} = \frac{1}{3} \approx 0,33 \text{ soat} = 1200 \text{ s}^{-1}$$

Javobi: Plat formaning aylanish chastotasi $n_2 = 1200s^{-1}$.

IMPULSNING SAQLANISH QONUNLARIGA DOIR MASALALAR

81. Ko'ldagi qayiqning bir uchida turib baliq tutayotgan baliqchi qayiqning ikkinchi uchiga o'tganda qayiq qirg'oqqa nisbatan 0,5 m/s tezlik bilan harakatlangan bo'lsa, baliqchi qayiqqa nisbatan qanday tezlik bilan harakatlangan? Qayiqning massasi 120 kg, baliqchiniki esa 50 kg. Ishqalanish kuchlari hisobga olinmasin.

82. Traektoriyasining eng yuqori nuqtasidan o'tayotganda 200 m/s tezlikka ega bo'lgan 10 kg massali snaryad portlab ikki qismga bo'lingan. Snaryadning 3 kg massali kichik bo'lagi dastlabki yo'nalishda 400 m/s tezlik bilan harakatlana boshlagan bo'lsa, katta bo'lagining portlashdan keyingi tezligi qanday bo'lgan?

83. Temir yo'l plat formasiga o'rnatilgan zambarakdan yo'l bo'ylab g'orizontga nisbatan 60° burchak ostida 20 kg massali snaryad otilgan. Agar snaryad 600 m/s tezlik bilan otilgan bo'lsa, tepki hisobiga plat forma qanday tezlik bilan orqasiga harakatlana? Zambarak va palt formaning umumiy massasi 15 T.

84. 500 kg massali qoziq qoqadigan to'qmoq ma'lum balandlikdan 100 kg massali qoziq ustiga tushmoqda. Urilishni noelastik deb qoziq qoqish qurilmasining FIK aniqlansin.

85. 75 g massali miq 1 kg massali bolg'a bilan devorga qoqilgan. Bolg'a zarbining FIK topilsin.

86. 800g massali tinch turgan sharga 10 m/s tezlik bilan harakatlantayotgan 200g massali shar urilgan. Urilishdan so'ng sharlarning tezligi qanday bo'ladi? Urilish markaziy va absolyut elastik deb hisoblansin.

87. Bikirligi 160 N/m bo'lgan prujinali pistoletdan 16 g massali o'q otilgan. Agar prujina 4 sm siqilgan bo'lsa, o'q qanday tezlik bilan uchib chiqqan?

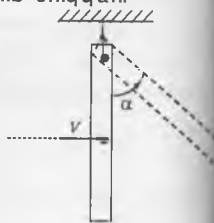
88. Massasi 10 kg uzunligi 1,5 m bo'lgan sterjen yuqori uchidan o'tgan qo'zg'almas o'q atrofida aylana oladi. (18-rasm). Uning o'rtasiga g'orizont al yo'nalishda 500 m/s tezlik bilan uchib kelgan 10 g massali o'q urilib kirib qolgan bo'lsa, sterjen qanday burchakka og'adi?

89. 1m radiusli disk shaklidagi plat forma

6 min^{-1} chastota bilan inersiyasi hisobga aylanmoqda. Plat formaning chekkasida 80 kg massali odam turibdi. Agar odam plat formaning markaziga o'tsa, plat forma qanday chastota bilan aylanadi? Plat formaning inersiya momenti $10 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. Inersiya momentini hisoblashda odamni moddiy nuqta deb hisoblansin.

90. 80 kg massali, 1m radiusli g'orizont al plat forma 20 ayl/min chastota bilan aylanmoqda. Uning markazida qulochini yoyib tosh ko'targan odam turibdi. Agar qo'lini tushirish evaziga odamning inersiya momenti $I_1 = 2,94$ dan $I_2 = 0,98 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. gacha kamaygan bo'lsa, plat forma qanday chastota bilan aylana boshlaydi? Plat forma bir jinsli disk deb olinsin.

91. Sokin suvda turgan, uzunligi $L = 3\text{m}$ va massasi $M = 150 \text{ kg}$ bo'lgan qayiqning quyrug'idan $m = 75 \text{ kg}$ massali odam uchiga o'tsa, qayiq qancha s masofaga siljiydi? Suvning qarshiligini hisobga olmang.



92. Raketaning reaktiv dvigateli yonish mahsulotlarini ulushlar bilan o'tib chiqaradi. Agar yonish mahsuloti ulushining massasi $m=0,4$ kg, o'tilib chiqish tezligi $v=1$ km/s bo'lib, dvigatelda sekundiga $N=20$ marta ($V=20$ s⁻¹) portlash yuz bersa, $t=5$ s ning oxirida raketa qanday U_N tezlikka erishadi? Raketaning boshlang'ich massasi $M=300$ kg ga, boshlang'ich tezligi esa nolga teng. Havoning qarshiligini hisobga olmang.

93. Massasi $m=2$ T bo'lgan avtomobil to'g'ri chiziqli harakatlanib, tezligini $v_1=36$ km/soat dan $v_2=72$ km/soat gacha oshirgan bo'lsa, impulsning o'zgarishi ΔK ni toping.

94. Gorizontal yo'lda $v_1=1,2$ m/s o'zgarmas tezlik bilan harakatlanayotgan $m_1=800$ kg massali vagonet kaga yuqoridan $m_2=400$ kg toshko'mir tashlansa, vagonet ka qanday v_2 tezlik bilan harakatlanadi?

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

96. $v=10$ m/s tezlik bilan uchib borayotgan granata portlab, $m_1=0,6$ kg va $m_2=0,4$ kg massali bo'laklarga parchalangan. Granataning katta parchasi dastlabki yo'nalishda $v_1=25$ m/s tezlik bilan harakatlangan bo'lsa, kichik parchaning tezligi v_2 ni toping.

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

98. Massasi $m_1=20$ kg bo'lgan snaryad gorizontal yo'nalishda $v_1=500$ m/s tezlik bilan uchib borib, platformaga ortilgan qumga tiqildi. Platforma bilan qumning massasi $m_2=10$ T bo'lsa, snaryad zarbidan platforma qanday v_2 tezlik bilan harakatlanadi?

99. Muz ustida turgan konkichi $v_1=5$ m/s tezlik bilan $m_1=10$ kg massali tashni gorizontalga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida uloqtiradi. Agar konkichining massasi $m_2=64$ kg bo'lsa, uning harakatdagi boshlang'ich v_2 tezligi qanday bo'ladi?

100. Sokin suvdagi solda turgan odam solga nisbatan $v_1=5$ m/s tezlik bilan harakatlanadi. Odamning massasi $m_1=100$ kg, solning massasi esa $m_2=5000$ kg bo'lsa, sol suvda qanday v_2 tezlik bilan harakatlanadi?

b) ENERGIYA VA UNING SAQLANISH QONUNI

Jism harakatini miqdoran xarakterlashga imkon beradigan kattaliklardan biri mexanik ishdir. O'zgarmas kuch ta'siri ostida jismning bajarган ishi

$$A = FS \cos \alpha,$$

hunda α – kuch yo'nalishi bilan ko'chish orasidagi burchak, $\alpha=0$ bo'lsa:

$$A = FS.$$

Cheksiz kichik masofada bajarilgan elementar ish:

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

To'la ish:

$$A = \sum_{i=1}^n F_i \Delta S_i \cdot \cos \alpha.$$

Differensial ko'rinishdagi elementar ish:

$$dA = F dS \cos \alpha.$$

Buni integrallasak to'la ish hosil bo'ladi:

$$A = \int_{S_1}^{S_2} F \cdot dS \cdot \cos \alpha.$$

Erning tortishish maydonida jismning ko'chirish uchun bajarilgan ish:

$$A = F \cdot M \cdot m \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{ yoki } A = m(\vartheta_1 - \vartheta_2),$$

bu erda, M, m – mos ravishda Erning va jismning massasi, r_1 va r_2 jismning Er markaziga nisbatan boshlang'ich va oxirgi vaziyatlari orasidagi masofalar, ϑ_1 va ϑ_2 – shu vaziyatlardagi potentsiallari.

O'rtacha quvvat:

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

Oniy quvvat:

$$N = \frac{dA}{dt}.$$

Vaqt oralig'ida bajarilgan ish o'zgarماسa:

$$N = \frac{A}{t}, \quad N = F \cdot v \cdot \cos \alpha.$$

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

$$W_K = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}.$$

Jism kinetik energiyasining o'zgarishi:

$$A = W_{K_2} - W_{K_1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Moddiy nuqtalar sistemasining kinetik energiyasi:

$$W_K = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2}.$$

Er sirtidan h balandlikdagi jismning potentsial energiyasi:

$$W_n = mgh.$$

Elastiklik kuchlarning (prujinaning qisilish yoki cho'zilishdagi) potentsial energiyasi

$$W_n = \frac{KX^2}{2},$$

bundan K - prujining elastiklik koeffitsienti, X - siljish, m_1 va m_2 massali ikkita moddiy nuqtalarning o'zaro ta'sir gravitatsion potentsial energiyasi:

$$\Pi = W_n = -G \frac{m_1 m_2}{r},$$

bu erda $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ - gravitatsion doimiy, r - moddiy nuqtalar orasidagi masofa, Π - potentsial energiya.

Tortishish maydonining berilgan nuqtasidagi potentsiali:

$$\varphi = \frac{\Pi}{m} = -G \frac{M}{r},$$

bu erda r - Er markazidan m -massali moddiy nuqtagacha bo'lgan masofa, Erning tortishish maydonida joylashgan istalgan jismning potentsial energiyasi:

$$\Pi = -G \frac{m \cdot M}{R+h},$$

bu erda M va R - Erning massasi va radiusi, h - Er sirtidan jisimgacha bo'lgan masofa. Moddiy nuqtalar berk sistemasi uchun mexanik energiyaning saqlanish qonuni:

$$W = W_k + W_n = \text{const},$$

bu erda W - to'liq energiya, W_k - kinetik, W_n - potentsial energiya.

Sistema energiyasining o'zgarishi unga qo'yilgan tashqi kuchlar bajarilgan ishga teng:

$$W_2 - W_1 = A,$$

ya'ni mexanik sistema energiyasining o'zgarishi hisobiga bajariladi.

Qo'zg'almas o'q atrofida aylana oladigan qattiq jismlarning aylanma harakatini miqdoran ifodalash uchun inersiya momentining impulsi (impuls moment) degan tushunchadan foydalaniladi:

$$L = I\omega,$$

bundan ω - jismning siklik chastotasi. I - inersiya momenti, ya'ni jismning aylanma harakatga nisbatan inertlik o'lchovi. Berk sistemalarning inersiya momentlarining impulsi (impuls moment) vaqt o'tishi bilan o'zgar olmaydi, ya'ni saqlanadi:

$$L = \sum L_i = \sum I\omega_i = \text{const}.$$

Bunda I_i va ω_i mos ravishda sistema tarkibidagi i - nchi jismning inersiya momenti va siklik chastotasi.

ENERGIYA VA UNING SAQLANISH QONUNIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Ko'tarma kran tinch turgan yukni 2 m/s^2 tezlanish bilan ko'tarish jarayonida birinchi 5 sekund davomida $2,95 \cdot 10^4 \text{ J}$ ish bajarilgan. Yukning massasini aniqlang?

Berilgan: $a = 2 \text{ m/s}^2$; $t = 5 \text{ s}$; $A = 29500 \text{ J}$; $V_0 = 0$.

Topish kerak: $m = ?$

Echish: 1. Ko'taruvchi kuch va ko'chish yo'nalishi mos bo'lgan ushbu holda bajarilgan ish

$$A = F S$$

ga teng.

2. Ikkinchi tom ondan yukka harakat yo'nalishiga teskari yo'nalgan og'irlik kuchi (mg) ham ta'sir qiladi.

Shuning uchun a tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilayotgan yukning harakat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$F - mg = m \cdot a$$

Bundan

$$F = m \cdot (g + a)$$

ifodaga kelimiz.

3. Boshlang'ich tezligi bo'lmagan ($V_0 = 0$) yuk a tezlanish bilan harakatlanib t vaqt davomida

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

masofaga ko'chadi.

4. F va S larning qiymatlarini o'rniga qo'yib, bajarilgan ish uchun:

$$A = F \cdot S = m \cdot (g + a) \cdot \frac{at^2}{2}$$

ifodani hosil qilamiz. Bundan esa yukning massasini topamiz.

$$m = \frac{2A}{(g + a)at^2}$$

5. Hisoblaymiz:

$$m = \frac{2 \cdot 29500}{(9,8 \frac{m}{s^2} + 2 \frac{m}{s^2}) \cdot 2 \frac{m}{s^2} \cdot 25s^2} = 100 \text{ kg}$$

Javobi: $m = 100 \text{ kg}$.

2-masala. Og'irligi $0,08 \text{ N}$ bo'lgan o'q miltiqdan gorizontol yo'nalishda uchib chiqdi. Nishon 400 m uzoqlikda joylashgan bo'lib, o'q nishonga etib kelguncha 2 m pasaydi. O'qning miltiqdan uchib chiqish vaqtidagi kinetik energiyasining toping.

Berilgan: $P = 0,08 \text{ N}$, $S = 400 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$.

Topish kerak: $W_k = ?$

Echish: 1. O'qning kinetik energiyasi

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

formula yordamida aniqlanadi.

2. O'q uchish jarayonida ikki harakatda qatnashyapti. Birinchi harakat (erkin tushish harakati) tufayli o'q h masofa pastga tushib qoldi. Bu harakat uchun

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

ifoda o'rinli. Bunda o'q nishonga etib kelishi lozim bo'ladigan vaqtni topamiz:

$$t^2 = \frac{2h}{g} \quad \text{va} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Harakatning ikkinchisi (g orizontal yo'nalishdagi harakat) tufayli o'q t vaqt davomida S masofani bosib o'tdi. Shuning uchun o'q tezligi

$$v = \frac{S}{t} = \frac{S}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \sqrt{\frac{g}{2h}} \cdot S$$

ifoda bilan aniqlanishi lozim.

3. Kinetik energiya formulasiga tezlik qiymatini qo'yib

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2} \left(S \sqrt{\frac{g}{2h}} \right)^2 = \frac{mgS^2}{4h} = \frac{PS^2}{4h}$$

ifodani hosil qilamiz.

4. Hisoblaymiz:

$$W_k = \frac{0,08H \cdot (400M)^2}{4 \cdot 2M} = 1600 \text{ J.}$$

Javobi: Miltiqdan chiqish paytida o'qning kinetik energiyasi 1600 J bo'lgan.

3-masala. Yo'lning gorizontal qismida 10 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan tramvayga favqulodda hodisa tufayli keskin tormoz berildi. U to'xtaguncha qancha masofaga sirpanib boradi? Ishqalanish koeffitsienti 0,2 deb olinsin.

Berilgan: $v=10 \text{ m/s}$; $\mu=0,2$; $g=9,8 \text{ m/c}^2$.

Topish kerak: $S=?$

Echish: 1. Tramvay kinetik energiyasining S masofadagi o'zgarishi ishqalanish kuchining shu S yo'lda bajargan ishiga teng:

$$\Delta W_k = F_{\text{ishq}} \cdot S.$$

2. Mazkur holda:

$$\Delta W_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Chunki oxirgi vaziyatda tramvayning tezligi (demak, kinetik energiyasi ham) nolga teng.

3. ΔW_k ning bu qiymatini va ishqalanish kuchi

ekanligini hisobga olib, $F_{\text{ishq}} = \mu mg$

$$\frac{mv^2}{2} = \mu \cdot m \cdot g \cdot S$$

tenglamani tuzamiz. Bundan

$$S = \frac{v^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$$

tenglamani hosil qilamiz.

4. Hisoblaymiz:

$$S = \frac{\left(10 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2}} = 25,5m.$$

Javobi: Tramvay 25,5 m metr masofaga sirpanib boradi.

4-masala. 10 m balandlikdan koptokni vertikal ravishda pastga 14 m/s tezlik bilan otildi. Erga urilib qaytgach, koptok qancha balandlikka ko'tariladi?

Berilgan: $h_1 = 10$ m; $v_1 = 14$ m/s; $g = 9,8$ m/c².

Topish kerak: $h_2 = ?$

Echilishi: 1. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan h_1 balandlikdagi to'liq mexanik energiya (W_1) va h_2 balandlikdagi to'liq mexanik energiya $W_1 = W_2$.

2. h_1 va h_2 balandlikdagi to'liq mexanik energiyaning qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$W_1 = W_{n_1} + W_{k_1} = mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2},$$

$$W_2 = W_{n_2} + W_{k_2} = mgh_2.$$

3. W_1 va W_2 ning qiymatlarini tenglashtiramiz:

$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2.$$

Bundan

$$h_2 = h_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

ifodani hosil qilamiz.

4. Hisoblaymiz:
$$h_2 = 10\text{ m} + \frac{\left(\frac{14\text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 20\text{ m}.$$

Javob: Koptok erdan qaytib 20 m balandlikka ko'tarilgan.

ENERGIYA VA UNING SAQLANISH QONUNIGA DOIR MASALALAR

101. Chana va uning ustiga ortilgan yukning massasi 200 kg. Ishqalanish koeffitsienti 0,15 ga teng bo'lsa, chananing 1,5 km ga gorizontal yo'l bo'yicha tekis harakatlantirishda bajarilgan ishni toping.
102. Og'irligi $2 \cdot 10^4$ N bo'lgan vertolyot 1,5 minut ichida 150 metrga ko'tarilish uchun uning motori qancha quvvat sarflashi lozim.
103. Mototsiklning haydovchisi bilan birgalikdagi massasi 200 kg. Mototsikl juyidan qo'zg'alib qiyaligi 0,02 bo'lgan tepalik bo'ylab 100 m masofa bosganda 36 km/soat tezlikka erishadi. Ishqalanish koeffitsienti 0,05 bo'lsa, mototsikl motorining o'rtacha quvvatini toping.
104. 20 m/s tezlik bilan uchib kelayotgan massasi 0,6 kg bo'lgan futbol topini darvozabon 0,1 s ichida ushlab to'xtatdi. Darvozabonning quvvatini toping.
105. Massasi 200 kg bo'lgan mototsikl 54 km/soat tezlik bilan harakatlanyapti. Uni 20 metr masofada to'xtatish uchun zarur bo'ladigan tormozlovchi kuchning kattaligini toping.
106. Massasi 700 g bo'lgan jism vertikal ravishda yuqoriga 15 m/s tezlik bilan oldi. U erga 13 m/s tezlik bilan qaytib tushdi. Havoning qarshiligini engish uchun bajarilgan ishni hisoblang.
107. 100 m balandlikdagi vertolyotdan massasi 60 kg bo'lgan yuk qor uyumi ustiga tashlandi. Qorga tegish vaqtida yukning tezligi 40 m/s bo'lsa, havoning qarshiligini engish uchun qancha ish bajarilgan?
108. Massasi 2 kg bo'lgan snaryad erga tushgach, 2 metr tuproq ichiga botgan. Agar tuproq qarshilik kuchining o'rtacha qiymati $1,8 \cdot 10^5$ N bo'lsa snaryadning erga tushish paytidagi tezligini toping.
109. $m=70$ kg massali sportchi parashyutni ochmasdan sakraganda $t=15$ s da $v=60$ m/s tezlikka erishadi. Parashyutchining harakatini tekis tezlanuvchan deb hisoblab, havoning qarshiligini engishda bajarilgan ishni toping.
110. Massasi 5 kg, qirrasining uzunligi esa 0,1 m bo'lgan kubni bir yog'idan ikkinchi yog'lga ag'darish uchun qanday ish bajarish lozim?
111. Uchiga 30,0 kg massali krestovina (krest shaklidagi yog'och) o'rnatilgan 200 kg massali telegraf simyog'ochini gorizontal holatdan vertikal holatga o'tkazish uchun qancha ish bajarish lozim? Simyog'ochning uzunligi 10,0 m deb oling.
112. Massasi 2,0 kg bo'lgan jism qiyalik burchagi 30° bo'lgan qiya tekislik bo'ylab 1,0 m balandlikka ko'tarilgan bo'lsa, uning kinetik energiyasi qancha bo'lgan? Jism bilan qiya tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsienti 0,10 ga teng.

113. Agar ko'tarilish vaqti $t=2,0$ s, ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,10$ bo'lsa, $m=10$ kg massali yukni qiyalik burchagi $\alpha=45^\circ$ bo'lgan qiya tekislik bo'ylab $s=2$ m masofaga ko'tarishda bajarilgan ishni toping.
114. Qiyalik burchagi $\alpha=20^\circ$, ishqalanish koeffitsienti esa $\mu=0,20$ bo'lsa, $m=5 \cdot 10^3$ kg massali pricepni qiyalik bo'ylab yuqoriga $v=1,0$ m/s tezlik bilan tortib chiqishi uchun traktorning quvvati qanday bo'lishi kerak?
115. $m=1,0$ kg massali jism Erning sirtidan gorizontga nisbatan $\alpha=30^\circ$ burchak ostida $v=8,0$ m/s boshlang'ich tezlik bilan otildi. Jism otildandan $t=5,0$ s o'tgan paytdagi og'irlik kuchining quvvatini toping. Bu kuch $t=5,0$ s vaqt ichida qanday ish bajaradi? Havoning qarshiligini hisobga olmang.
116. Agar elektropoezdning massasi $1,2 \cdot 10^5$ kg, ishqalanish koeffitsienti esa $0,05$ bo'lsa, $\alpha=10^\circ$ bo'lgan qiyalik bo'ylab yuqoriga $1,5$ m/s² tezlanish bilan 100 m masofaga ko'tarilganda elektropoezdning dvigatellari qancha ish bajaradi?
117. Agar $1,0 \cdot 10^4$ kg massali yukni 200 m chuqurlikdan 60 s vaqt ichida olib chiqadigan shaxta liftining FIK 80% bo'lsa, uning dvigatelinig quvvatini toping.
118. $1,0 \cdot 10^6$ kg massali poezd $\alpha=10^\circ$ bo'lgan qiyalik bo'ylab yuqoriga 15 m/s tezlik bilan chiqib, $2,0$ km yo'lni bosib o'tgan. Poezdning harakati davomida teplovazning bajargan ishi va o'rtacha quvvatini toping. Ishqalanish koeffitsienti $0,05$.
119. Massalari $m_1=m_2=4,0$ kg dan bo'lgan sharlar bir-biriga tomon $v_1=3,0$ m/s va $v_2=8,0$ m/s tezlik bilan kelib urilganda ularni deformatsiyalash uchun qancha energiya sarflangan? Urilishni to'g'ri va noelastik deb hisoblang.
120. Massasi $1,1 \cdot 10^3$ kg bo'lgan zambarakdan 54 kg massali snaryad gorizont yo'nalishda otilgan. Snaryadning Erga nisbatan tezligi $v=900$ m/s. Zambarakning snaryad otilish paytidagi erkin orqaga siltanish tezligini toping.

4. GRAVITATSIYA.

But un olam tortishish qonuni (gravitatsiya qonuni):

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

F - ikkita moddiy nuqtalar orasidagi o'zaro tortishish kuchi, m_1 va m_2 ularning massalari, r - ular orasidagi masofa, G - gravitatsion doimiy bo'lib, uning son qiymati: $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg². Er sirtidan h balandlikdagi m massali jismning Er bilan o'zaro tortishish kuchi:

$$F = G \frac{mM}{(R+h)^2}$$

bu erda M - Erning massasi bo'lib, uning son qiymati $5,978 \cdot 10^{24}$ kg, R - Erning radiusi bo'lib, uning son qiymati 6371 km.

Tortishish maydonining kuchlanganligi:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$$

bu erda \vec{F} - maydonning biror nuqtasiga joylashtirilgan m massali moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi tortishish kuchi. M - massasi sferik tekis taqsimlangan planetaning hosil qilingan tortishish maydonining kuchlanganligi:

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

Demak, tortishish maydonining kuchlanganligi son jihatdan erkin tushish tezlanishiga teng.

Er sirtidan h balandlikda erkin tushish tezlanishi:

$$g_h = G \frac{M}{(R+h)^2} \quad \text{yoki} \quad g_h = g_0 \left(\frac{R}{R+h} \right)^2,$$

bu erda $g_0 = G \frac{M}{R^2}$ - Er sirtida erkin tushish tezlanishining ifodasi bo'lib, uning o'rtacha son qiymati $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$ ga teng. Er qutblarida $g_p = 9,83 \text{ m/s}^2$, ekvatorida $g_e = 9,78 \text{ m/s}^2$. Ikki moddiy nuqtalarning o'zaro tortishish gravitatsion potentsial energiyasi:

$$P = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r}.$$

m_1 va m_2 - moddiy nuqtalar massalari, r - ular orasidagi masofa. Gravitatsion maydonning potentsiali:

$$\varphi = \frac{\Pi}{m},$$

bu erda P - maydonning berilgan nuqtasiga joylashtirilgan m massali moddiy nuqtaning potentsial energiyasi. Gravitatsion maydon ixtiyoriy nuqtasining kuchlanganligi:

$$G = \frac{d\varphi}{dr} = -\text{grad}\varphi \quad \text{ni}$$

potentsialning gradienti ($\text{grad}\varphi$) deyiladi. Bunday $\frac{d\varphi}{dr}$ - gravitatsion maydon potentsialining radius-vektor \vec{r} yo'nalishidagi o'zgarish tezligini ifodalaydi. Agar gravitatsion maydonni bitta m_1 massali jism hosil qilayotgan bo'lsa, unda uning potentsiali:

$$\varphi = -G \frac{m}{r},$$

bu erda r - m_1 massali moddiy nuqta bilan maydonning ma'lum bir nuqta ilayotgan nuqtasigacha bo'lgan masofa.

Agar gravitatsion maydonni m_1, m_2, \dots, m_n massali moddiy nuqtalar hosil qilayotgan bo'lsa, gravitatsion maydonning potentsiali:

$$\varphi = \frac{\Pi}{m} = -\sum_{i=1}^n \frac{Gm_i}{r_i}.$$

Kepler qonunlari:

1. Hamma planetalar Quyosh atrofida elips shaklidagi orbitalar bo'yicha harakatlanib, ularning fokuslaridan birida Quyosh joylashgan.
2. Teng vaqtlar oralig'ida planetalarning radius - vektorlari teng yuzalar chizadi.

Planetalar Quyosh atrofida aylanish davrlari (T) kvadratlarining nisbati orbitalar katta yarim o'qlari (a) kublarining nisbatlariga teng:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad \text{yoki} \quad \frac{a^3}{T^2} = G \frac{M}{4\pi^2}$$

Birinchi kosmik tezlik:

$$g_1 = \sqrt{G \frac{M}{R+h}} \quad \text{yoki} \quad g_1 = R \sqrt{G \frac{g}{R+h}}$$

bu erda R , M - planetaning radiusi va massasi, h - planeta sirtidan kosmik kemagacha bo'lgan masofa.

Agar $h \ll R$ bo'lsa,

$$g_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} = \sqrt{gR}$$

Agar planetaning er deb olsak, u holda birinchi kosmik tezlikning son qiymati:

$$V_1 = 7912 \text{ m/s} = 8 \text{ km/s}$$

Bu erda g - (planeta) Er sirtida erkin tushish tezlanishi.

Ikkinchi kosmik tezlik:

$$g_2 = \sqrt{2G \frac{M}{R+h}} = 1,41 \sqrt{G \frac{M}{R+h}}, \quad g_2 \approx 11,2 \text{ km/s}$$

Uchinchi kosmik tezlik:

$$g_3 = \sqrt{2G \frac{m_q}{R}}, \quad g_3 \approx 42,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

bu erda m_q - Quyosh massasi, R - Er va quyosh orasidagi masofa (Er orbitasining radiusi).

GRAVITATSIYAGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Ekvatordagi jismlar vaznsiz holatda bo'lishi uchun Er necha marta tez aylanishi kerak?

Berilgan: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $R = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$, $T = 24 \text{ soat} = 864 \cdot 10^2 \text{ s}$.

Topish kerak: $v_2/v_1 = ?$

Uchilishi: Erning o'z o'qi atrofida aylanish tezligi:

$$g_1 = \frac{2\pi R}{T}, \quad (1)$$

bu erda R, T - Erning radiusi va aylanish davri (bu kattaliklarning qiymatlarini qo'llanmaning ilovasidagi 4 - jadvaldan olinadi).

Ekvatorda jism vaznsiz holatda bo'lishi uchun markazdan qochma inersiya kuchi, og'irlik kuchiga teng bo'lishi kerak:

$$\frac{m g_1^2}{R} = mg \quad \text{bunda} \quad g_2 = \sqrt{Rg}. \quad (2)$$

(1) va (2) ni nisbatlari:

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{T}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R}}.$$

Hisoblaymiz:

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{864 \cdot 10^2 \text{ s}}{6,28} \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2}{6,38 \cdot 10^6 \text{ m}}} = 17 \text{ marta.}$$

Javobi: $v_2/v_1 = 17$ marta.

2-masala. Erdan otilgan jismning birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarining son qiymatlarini toping.

Berilgan: $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $R = 6400 \text{ km}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$.

Topish kerak: $v_1 = ?$ $v_2 = ?$

Uchilishi: 1) Jism Er sirtidan qandaydir juda kichik balandlikda bo'lsin deylik: jismga gorizontal yo'nallishda ma'lum bir tezlik berilganda jism Erning sun'iy yo'ldoshiga aylanib, Er atrofida doiraviy orbita bo'ylab harakatlana boshlaydi (havoning qarshiligi yo'q deb faraz qilamiz). Bu vaqtdagi tezlik birinchi kosmik tezlik deyiladi.

Doiraviy orbita bo'ylab harakatlanaётgan jismga kattaligi

$$F_M = \frac{m g_1^2}{R} \quad (1)$$

bo'lgan markazga intilma kuch ta'sir qiladi. Bu erda m - jismning massasi, v_1 - harakat tezligi, R - traektoriyaning egrilik radiusi.

Bu masalada Erning jismni tortish kuchi markazga intilma kuch bo'ladi.

Hu tortish kuchi:

$$F_T = G \frac{mM}{R^2} \quad (2)$$

formula bilan ifodalanadi. Bu erda M – Erning massasi, G – gravitatsion doimiy, R – jismning Er markazidan uzoqligi (traektoriyaning egrilik radiusiga teng). Markazga intilma F_M kuchning ifodasini tortishish kuchi F ning ifodasiga teng lab:

$$\frac{m\vartheta_1^2}{R} = G \frac{mM}{R^2}$$

tenglamani hosil qilamiz. Bundan:

$$\vartheta_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad (3)$$

Hisoblaymiz:

$$\vartheta_1 = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,96 \cdot 10^{24}}{6,4 \cdot 10^6}} = 7,9 \text{ km/s.}$$

ϑ_1 ning qiymatini Erning massasi noma'lum bo'lsa ham topish mumkin. Buning uchun (2) tenglikning ikkala qismini m ga bo'lamiz:

$$\frac{F_T}{m} = G \frac{M}{R^2}$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan, F_T/m nisbat Er sirtida erkin tushayotgan jismning tezlanishiga teng bo'ladi:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Demak,

$$\frac{GM}{R} = gR$$

va

$$\vartheta_1 = \sqrt{gR} \quad (4)$$

(ϑ_1 ni topish uchun (1) tenglikning ikkala qismini ham m ga bo'lsa bo'ladi).

(4) formulaga son qiymatlarini qo'ysak yana o'sha $v=7,9$ km/s kelib chiqadi.

2) Ikkinchi kosmik tezlikni topish uchun energiya saqlanish qonunidan foydalanamiz. Jismi Er sirtidan cheksiz uzoqlikka otish uchun sarf bo'lgan ish shu jism kinetik energiyasiga teng:

$$A = W_k, \quad W_k = \frac{m\vartheta^2}{2}$$

Er sirtidan jismning cheksizlikka otish uchun bajarilgan ishni hisoblaganda ta'sir etuvchi kuch o'zgaruvchan kattalik ekaniga e'tibor berish kerak. Shuning uchun masofani shunday cheksiz kichik dr bo'lakchalarga bo'lamizki, bu masofada kuch o'zgarmas deb olinsin. U holda elementar ish:

$$dA = F dr .$$

Bunga butun olam tort ishih qonunid an

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

ni q o'yam iz:

$$dA = F \cdot dr = G \frac{mM}{r^2} \cdot dr .$$

Bu ifodani Er sirti $r=R$ dan cheksizlikkacha bo'lgan masofa bo'yicha integrallaymiz:

$$A = GmM \int_{r=R}^{r=\infty} \frac{dr}{r^2} ,$$

lekin

$$\int_{r=R}^{r=\infty} \frac{dr}{r} = -\frac{1}{r} \Big|_R^{\infty} = \frac{1}{R} .$$

Demak, jism ni Er sirtidan cheksizlikkacha otish uchun bajarilgan ish:

$$A = G \frac{mM}{R} .$$

Shunday qilib ,

$$\frac{m g^2}{2} = G \frac{mM}{R} ,$$

bundan:

$$g = g_2 = \sqrt{2G \frac{M}{R}}$$

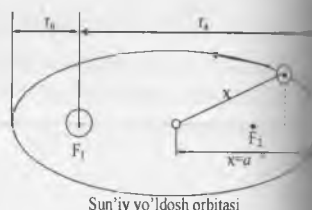
ikkinchi kosmik tezlik formulasi kelib chiqadi.

Hisoblaymiz:

$$g_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2 \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6,4 \cdot 10^6 \text{ m}}} = 11,16 \frac{\text{km}}{\text{s}} .$$

Javobi: $v_1 = 7,9 \text{ km/s}; v_2 = 11,16 \text{ km/s} .$

3-masala. 1976 yil 2 dekabr kuni «Molniya-2» aloqa yo'ldoshi apageyi 40608 km va perigeyi 657km bo'lgan elliptik orbitaga chiqariladi. Yo'ldoshning Er atrofida aylanish davri va perigeydagi tezligining apageydagi tezligiga nisbati hamda kinetik va to'la energiyalar nisbati topilsin (19-rasm).



Berilgan: $h_1=657 \text{ km}, h_2=40608 \text{ km}$

Topish kerak: $T = ?$ $\frac{v_p}{v_a} = ?$ $\frac{K_p}{K_a} = ?$

19-rasm

Echilishi: Er atrofida «Molniya-2» va oy aylanganligi uchun Keplerning uchinchi qonunini qo'llaymiz.

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$$

bunda T_1, T_2 mos holda Oy va «Molniya-2»ning Er atrofida aylash davrlari; a_1 - Er va Oy markazlari orasidagi masofa; a_2 - Er va «Molniya-2» markazlari orasidagi o'rtacha masofa. Oy uchun $T_1=27,3$ sutka = 655,2 soat va Oy orbitasi katta yarim o'qi sifatida taqriban Erdan Oygacha bo'lgan masofani $r=384000 \text{ km}$ deb olish mumkin. Lekin Er va Oy radiuslari ham hisobga olinsa, masala aniqroq echilgan bo'ladi.

$a_1 = r + R + r_{Oy} = (384 + 6,37 + 1,74) \cdot 10^3 \text{ km} = 392 \cdot 10^3 \text{ km}$, bunda R va r_{Oy} mos holda Erning va Oying radiuslari. Yo'ldosh uchun $a_2 = 0,5 (2R + h_1 + h_2) = 0,5 (2 \cdot 6370 + 657 + 40608) = 27000 \text{ km}$. Shunday qilib, «Molniya-2» ning aylash davri:

$$T_2 = T_1 \frac{a_2}{a_1} \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} = 655,2 \text{ soat} \cdot \frac{27000 \text{ km}}{392000 \text{ km}} \sqrt{\frac{27000 \text{ km}}{392000 \text{ km}}} = 12,15 \text{ soat}$$

Yo'ldoshning perigeydagi tezligini apageydagi tezligiga nisbatini impulsning saqlanish qonunidan topamiz:

$$m g_n r_n = m g_a r_a \quad \text{bunda} \quad \frac{g_n}{g_a} = \frac{r_a}{r_n}$$

Lekin $r_a = a + \varepsilon x$ va $r_n = a - \varepsilon x$, bunda a - ellips katta yarim o'qi,

$\varepsilon = \frac{c}{a} = \frac{F_1 \cdot F_2}{2a}$ - ellips eksentrisiteti, x - yo'ldosh abscissasi bo'lib, uning eng katta qiymati $x = a$ (19-rasm).

$$F_1 \cdot F_2 = r_a - r_n = 40608 \text{ km} - 657 \text{ km} = 39951 \text{ km},$$

$$\varepsilon = \frac{F_1 \cdot F_2}{2a} = \frac{39951}{2(40608 + 6370)} = 0,425$$

Demak,

$$\frac{g_n}{g_a} = \frac{a + \varepsilon a}{a - \varepsilon a} = \frac{1 + \varepsilon}{1 - \varepsilon} = \frac{1 + 0,425}{1 - 0,425} \approx 2,5.$$

«Molniya-2» ning apagey va perigey holatlaridagi energiyalarining nisbat i:

$$n = \frac{K_n}{K_a} = \left(\frac{g_n}{g_a} \right)^2 = \left(\frac{1,425}{0,575} \right)^2 = (2,5)^2 = 6,25.$$

Javobi: $T_2 = 12,15$ soat; $v_n/v_a = 2,5$; $K_n/K_a = 6,25$.

GRAVITATSIYAGA DOIR MASALALAR

121. Erning birinchi sun'iy yo'ldoshining aylanish davri 1 soat 36 min. edi. Yo'ldosh doiraviy orbita bo'ylab tekis harakat qilgan deb hisoblab, uning Er sirtidan qanday balandlikda uchganligini toping.

122. Erning sun'iy yo'ldoshi ekvator tekisligidagi doiraviy orbita bo'ylab harakatlanib, Erdan qaraganda qo'zg'almas bo'lib ko'rinishi uchun uni qanday balandlikka chiqarish kerak? Erning radiusi $R_{ER} = 6,37$ Mm, sutkalik aylanish davri esa $T = 24$ soat deb oling.

123. Oy sirtidagi jism cheksizlikka uchib ketishi uchun unga qanday tezlik berish kerak? Oyning massasini $M = 7,3 \cdot 10^{22}$ kg, radiusini $R = 1,74$ Mm deb oling.

124. Oy doiraviy orbita bo'ylab harakatlanadi deb hisoblab, uning Er atrofidagi harakat tezligini toping. Erning massasini $M_1 = 5,95 \cdot 10^{24}$ kg, Oy bilan Er orasidagi masofani esa $R = 384,4$ Mm deb oling.

125. Oy tomonga uchib borayotgan kosmik raketa Er markazidan qanday masofada Er va Oy tomonidan bir xil kuch bilan tortiladi? Oyning massasi Er massasidan 81 marta kichik, ular orasidagi masofa esa Erning radiusidan 60 marta katta deb oling.

126. Er bilan Quyosh orasidagi masofa 150 Gm, Quyoshning massasi esa $1,97 \cdot 10^{30}$ kg bo'lsa, Er Quyosh atrofidan qanday tezlik bilan harakatlanadi?

127. Erning radiusi 6,37 Mm, erkin tushish tezlanishi esa $9,8 \text{ m/s}^2$ ekanligi ma'lum bo'lsa, Erning o'rtacha zichligini toping.

128. Agar 1 Mm balandlikka chiqarilgan sun'iy yo'ldoshning aylanish davri 106 minutga teng bo'lsa Erning massasini toping.

129. Ergacha masofa 384 Mm, Erning massasi esa $5,96 \cdot 10^{24}$ kg ga teng deb olib, Oyning orbita bo'ylab aylanishining o'rtacha tezligini toping.

130. Ikkinchi kosmik tezlikni, ya'ni raketa Erdan uzoqlashib, uning ta'sir doirasidan chiqib ketadigan tezlikning eng kichik qiymatini toping.

131. Elbrus cho'qqisida ($h = 6$ km) jismning og'irligi uning dengiz sathidagi og'irligiga nisbatan qanchaga kamayib qoladi?

132. Qanday balandlikda og'irlik kuchining tezlanishi uning Er sirtidagi qiymatidan ikki marta kichik bo'ladi?

133. Quyoshga tortilish kuchi ta'sirida Er qanday tezlanish oladi?

134. Sun'iy sayyora bo'lib qolgan kosmik raketa Quyosh atrofidan 450 sutkalik aylanish davri bilan harakatlanadi. Erning Quyoshdan o'rtacha uzoqlashish masofasi 149,5 Gm, aylanish davri esa 365 sutka 6 soat 9 minut 10 sekund

ekanligini bilgan holda sun'iy sayyoraning Quyoshdan o'rtacha uzoqlashish masofasini toping. Sayyoralarining orbitalarini doiraviy deb hisoblang.

135. Erdan Quyoshgacha bo'lgan eng kichik va eng katta masofalar mos ravishda $r_1=147$ Gm va $r_2=152$ Gm, Erning orbita bo'ylab o'rtacha harakat tezligi esa $\langle v \rangle = 29,8$ km/s bo'lsa, Erning Quyosh atrofidagi harakatining perigeydagi chiziqli tezligi nimaga teng?

136. Massasi $5 \cdot 10^3$ kg bo'lgan jismini Er sirtidan sayyoralararo fazoga chiqarib yuborish uchun bajarish lozim bo'lgan ishni toping. Havoning qarshiligini hisobga olmang.

137. Ma'lumki, orbitasining radiusi ortib borгани sari Erning sun'iy yo'ldoshining tezligi kamayib boradi. Shunga ko'ra yo'ldoshni kattaroq radiusli orbitaga chiqarish uchun raketa dvigatellari kamroq ish bajaradi deyish mumkinmi? Nima sababdan?

138. Radiusi R bo'lgan sayyora zichligi ρ bo'lgan siqilmaydigan suyuqlikdan tashkil topgan bo'lsa, shu suyuq sayyoraning markazidagi bosimni toping.

139. Agar fazoning juda uzoq joylaridan kelayotgan meteoritlarning Erga nisbatan boshlang'ich tezliklari nolga teng bo'lsa, ular Erga qanday tezlik bilan kelib tushadi? (Havoning qarshiligi hisobga olinmasin).

140. Er bilan Oy orasidagi masofa $R_1=385000$ km ga va Oyning Er atrofida aylanish davri $T_1=27$ sutka $7\frac{2}{3}$ soatga teng. Saturn bilan uning yo'ldoshi Didon orasidagi masofa $R_2=379000$ km bo'lib, yo'ldosh Saturn atrofida $T_2=2,74$ sutka davr bilan aylanadi. Saturnning massasi Erning massasidan necha marta katta ekan?

5. NOINERSIAL SANOQ SISTEMALAR

Biror inersial sanoq sistemasiga nisbat a tezlanish bilan to'g'ri chiziqli ilgari lanma harakat qilayotgan sanoq sistemasida jismga quyidagi inersiya kuchi ta'sir qiladi:

$$\vec{F}_{IH} = -m \cdot \vec{a}.$$

Bunda minus (-) ishorasi tezlanish bilan ilgari lanma harakat qilayotgan sanoq sistemasidagi jismga ta'sir etadigan inersiya kuchining yo'nalishi sanoq sistemasining harakat yo'nalishiga teskari ekanligini ko'rsatadi.

Aylanuvchan sanoq sistemasida jismga ta'sir etadigan markazdan qochma inersiya kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{F}_{M.K} = m\omega^2 R.$$

Aylanuvchi sanoq sistemasida jism tinch yoki harakatlanishidan qat'iy nazar unga markazdan qochma inersiya kuchi ta'sir etaveradi. Aylanuvchi sanoq sistemasida markazdan qochma inersiya kuchidan tashqari harakatlanayotgan jism tezligiga perpendikulyar yo'nalishda ta'sir qiladigan Koriolis kuchi ham mavjuddir. U quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{F}_K = 2m(\vec{g} \cdot \vec{\omega}).$$

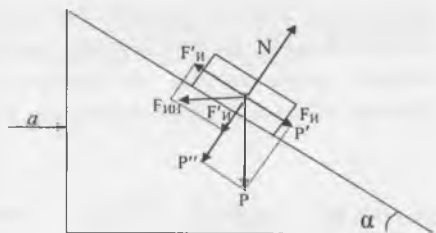
Mazkur formulalarda R - aylanish o'qidan jismning massa markaziga o'tkazilgan radius - vektor, v - jismning aylanayotgan noinersial sistemasiga nisbatan tezligi, ω - aylanuvchi sanoq sistemasining aylanma harakatini ifodalovchi burchak tezlik.

Demak, tekis aylanuvchi sanoq sistemasiga nisbatan jismning harakat tenglamasi Nyuton kuchlari ($\sum F_i$), markazdan qochma inersiya kuchi ($F_{M,Q}$) va Koriolis kuchi (F_K) ning yig'indisidan iborat, ya'ni

$$ma = \sum F_i + F_{M,Q} + F_K.$$

NOINERSIAL SANOQ SISTEMALARIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Qiya tekislik ustida turgan jism yuqoriga tom on siljishi uchun qiyalik burchagi α bo'lgan qiya tekislik gorizontol yo'nalishda eng kamida qanday tezlanish bilan harakatlanishi kerak? Jism bilan qiya tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsienti μ deb oling.



Echilishi: Qiya tekislik bilan bog'langan sistemada jismga 4 ta kuch qo'yilgan (20-rasm). Og'irlik kuchi $P=mg$, inersiya kuchi $F_{in}=ma$, qiya tekislikning reaksiya kuchi N va ishqalanish kuchi $F_1=\mu(F_{in}+P')$ bu erda m - jismning massasi, a - qiya tekislik tezlanishi.

Tezlanishning eng kichik qiymatini bu kuchlarning qiya tekislikka parallel yo'nalishdagi proektsiyalari yig'indisi nolga teng bo'lish shartidan topamiz:

$$F'_m = F_i = F'_{in} + P' \cdot F'_i = macos\alpha, \quad P' = mg \cdot \sin\alpha$$

va

$$F'_n = \mu(ma \sin\alpha + mg \cos\alpha)$$

ekanligini hisobga olsak:

$$a = \frac{(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}{(\cos\alpha - \mu \sin\alpha)} \cdot g.$$

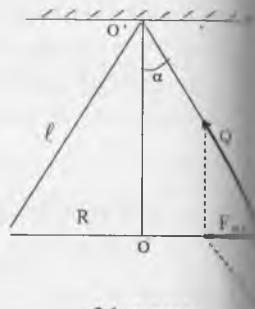
2-masala. Agar markazdan qochma regulyatorning sharchalari mahkamlangan har bir sterjenning uzunligi 20 sm bo'lsa va markazdan

qochma mashina bir minutda 90 marta aylansa markazga intilma regulyatorning yuklari qanday burchakka og'adi?

Berilgan: $\ell = 20 \text{ sm} = 0,2 \text{ m}$, $n = 90 \text{ ayl/min} = 1,5 \text{ ayl/s}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Topish kerak: $\alpha = ?$

Echilishi: Regulyatorning sharchalari (21-rasm) markazdan qochma mashinaning yonlama turtkisi ta'sirida ularning rasmdagi vaziyatida rasm tekisligiga perpendikulyar yo'nalishda tezlik oladi. Sharchalarga ta'sir qilayotgan markazga intilma kuchlar ularni radiusi R ga teng bo'lgan aylana bo'ylab bir xil harakat qilishga majbur qiladi.



Bu sharchalardan birining masalan, C sharchaning harakatini tekshiramiz. Sharchaga ikkita kuch ta'sir qiladi: P og'irlik kuchi va sterjenning Q tortirish kuchi. Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi regulyator sharchasini R radiusli aylana bo'ylab harakatlantiruvchi markazga intilma kuch bo'ladi. Shuning uchun sharcha harakatining tenglamasi:

$$F_{M.I.} = \frac{m v^2}{R}$$

ko'rinishda yoziladi, lekin $v = \omega \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot R$ bo'lgani uchun $F_{MH} = 4 \cdot \pi^2 \cdot R \cdot n^2 \cdot m$ bo'ladi.

$F_{M.I.}$ kuch ham $F_{M.I.} = C \cdot P$ uchburchakdan aniqlanishi mumkin:

$$F_{M.I.} = m g \operatorname{tg} \alpha.$$

Bu ifodalarni $F_{M.I.}$ kuchga tenglashtirib $4^2 R n^2 = g \operatorname{tg} \alpha$ ni hosil qilamiz.

Noma'lum aylanish radiusini sterjenning berilgan uzunligi bilan ifodalaymiz:

$$R = \ell \cdot \sin \alpha.$$

U holda $4^2 \ell \cdot \sin \alpha \cdot n^2 = g \operatorname{tg} \alpha$. Oxirgi ifodadagi $\operatorname{tg} \alpha$ ni $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$ nisbat bilan ifodalab quyidagini hosil qilamiz:

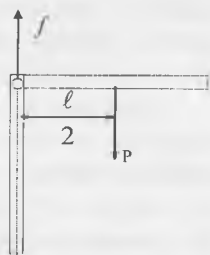
$$4^2 \ell n^2 = \frac{g}{\cos \alpha} \quad \text{yoki} \quad \cos \alpha = \frac{g}{4 \pi^2 \ell n^2}.$$

Hisoblaymiz:

$$\cos \alpha = \frac{9,8}{4 \cdot 9,86 \cdot 0,2 \cdot 2,25} = 0,55, \quad \alpha = 56^\circ.$$

Javobi: $\alpha = 56^\circ$.

3-masala. Og'irligi $P=50$ N bo'lgan sterjen uchidan o'ziga va rasm tekisligiga tik qilib o'tkazilgan o'q atrofida aylanadi. Sterjenni gorizontal holatga keltirib turib, qo'yib yuboriladi. Sterjen harakatlana boshlagan va muvozanat vaziyatidan o'tayotgan paytlarda o'qqa ta'sir qiladigan bosim kuchlarini toping (22-rasm).



Berilgan: $P=50$ N, $g=9,81$ m/s.

Topish kerak: $f = ?$

Echilishi: Boshlang'ich paytda o'qqa ko'rsatiladigan bosim kuchini hisoblash uchun og'irlik markazining tezlanishi a ni aniqlaymiz. Og'irlik markazining harakat tenglamasiga binoan

$$P - f = ma,$$

bunda f - o'qning sterjenga ta'sir kuchi.

Nyutonning uchinchi qonuniga asosan, bu kuch sterjen tomonidan o'qqa ko'rsatiladigan bosim kuchiga teng. Sterjenning burchak tezlanishi

$$\varepsilon = \frac{M}{I} = \frac{P \cdot \frac{l}{2}}{I}.$$

Og'irlik markazining chiziqli tezlanishi

$$a = \varepsilon \frac{l}{2} = \frac{Pl^2}{4I} \quad \text{bunda} \quad I = \frac{ml^2}{3} = \frac{Pl^2}{3g},$$

bo'lganligi uchun $a = \frac{3}{4}g$.

Demak, $f = P - ma = P - \frac{3}{4}mg = \frac{1}{4}P$.

Sterjen muvozanat vaziyatidan o'tayotgan paytdagi o'qqa ko'rsatiladigan bosim kuchini topish uchun koordinatalar sistemasini sterjen bilan bog'laymiz. U vaqtda muvozanat holatda o'qning sterjenga ta'sir kuchi

sterjenning og'irligi P va markazdan qochma inersiya kuchi $f_{m,q} = m\omega^2 \frac{l}{2}$ larni muvozanatlagan bo'ladis, shuning uchun

$$f = P + m\omega^2 \frac{l}{2}.$$

Muvozanat vaziyatidagi burchak tezlikni energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib topish mumkin:

$$mg \frac{l}{2} = \frac{I\omega^2}{2}$$

yoki

$$mg \frac{\ell}{2} = \frac{l\omega^2}{2} = \frac{m\ell^2}{3} \cdot \frac{\omega^2}{2}; \quad \omega^2 = \frac{3g}{\ell}.$$

Demak,

$$f = P + m \frac{\ell}{2} \cdot \frac{3g}{\ell} = P + \frac{3}{2} mg = \frac{5}{2} P.$$

Hisoblaymiz: $f = (5/2)P = (5/2) 50 \text{ N} = 125 \text{ N}.$

Javobi: $f = 125 \text{ N}.$

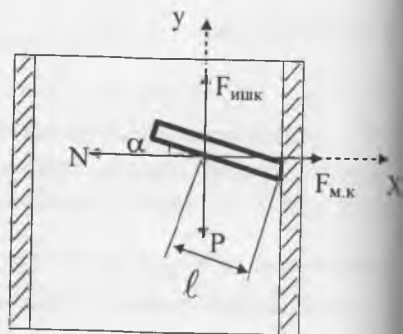
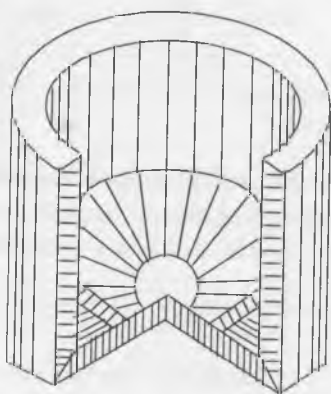
4-masala. M \ddot{o} t \ddot{o} siklchining vertikal cilindrik devorda yurishi ko'rsatiladigan sirk attrakcioni keng tarqalgan (23-rasm).

a) Silindrik devorning diametri $d=18 \text{ m}$, m \ddot{o} t \ddot{o} sikl va odamd \ddot{a} n iborat sistemaning og'irlik markazi bilan devor orasidagi masofa $h=1 \text{ m}$, m \ddot{o} t \ddot{o} sikl g'ildiraklar \ddot{i} bilan devor orasidagi ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,4$ bo'lganda m \ddot{o} t \ddot{o} siklchi vertikal devorda yiqilmay harakatlanishi uchun tezligi kamida qanday bo'lishi kerak?

b) Agar m \ddot{o} t \ddot{o} siklchi $V=20 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, u g \ddot{o} rizontga qanday burchak hosil qilib og'gan bo'ladi?

Berilgan: $d=18 \text{ m}$, $h=1 \text{ m}$, $\mu=0,4$, $V=20 \text{ m/s}.$

Topish kerak: $V_{\min}=?$, $\alpha=?$



23-rasm

Echilishi: Koordinatalar sistemasi harakatlanayotgan jism bilan bog'langan (inersial emas) bo'lsin. U holda m \ddot{o} t \ddot{o} siklchiga quyidagi kuchlar ta'sir qiladi: a) uning og'irligi $P=mg$, bu kuch og'irlik markaziga qo'yilgan bo'lib, vertikal pastga qarab yo'nalgan;

b) devorning bosim kuchi N , bu kuch g'ildiraklarning devorga tegib turgan nuqtalariga qo'yilgan bo'lib, devorning sirtiga tik yo'nalgan;

v) g'ildiraklar bilan devor bir-biriga tegib turgan nuqtalarga qo'yilgan ishqalanish kuchlarining teng ta'sir etuvchisi F_{ishq} devor Silindrik sirtining yasovchisi bo'ylab vertikal yuqoriga yo'nalgan (ishqalanish kuchining qiymati $F_{ishq} = \mu \cdot N$ bo'ladi):

g) markazdan qochma inersiya kuchi $F_{m,q} = m\omega^2 R$, bu kuch og'irlik markaziga qo'yilgan bo'lib, aylanish markazidan chiqib aylananing radiusi $R = (d/2) - h$ (Silindrik sirtga o'tkazilgan normal) bo'yicha yo'nalgan. Shu kuchlarning hammasining ta'sirida mototsiklchi muvozanat holatda bo'ladi. Demak, shu kuchlarning hammasining teng ta'sir etuvchisi nolga teng, yoki kuchlarning vertikal va gorizontal yo'nalishlarga proeksiyalarini olsak,

$$F_{ishq} = mg, \quad F_{m,q} = N$$

bo'ladi.

Yuqorida aytganimizdek,

$$F_{ishq} = \mu N \quad \text{va} \quad F_{m,q} = \frac{mV^2}{R}, \quad \omega = \frac{v}{R}$$

ekanligini eslasak,

$$\frac{mV^2}{\frac{d}{2} - h} = \frac{mg}{\mu}, \quad v_{\min} = \sqrt{\frac{(d-2h)}{2\mu} \cdot g} \approx 14 \frac{m}{s}$$

Mototsiklchi bilan mototsikldan iborat sistemaning og'irlik markazi orqali o'tgan o'qqa nisbatan aylantiruvchi moment nolga teng bo'lishi kerak.

Bu shartdan $\sum m_i = 0$ yoki $N \cdot y - F_{ishq} \cdot x = 0$ ni topamiz, bunda $u = \ell \cdot \sin \alpha$ va $x = \ell \cdot \cos \alpha$. Bundan $N \cdot \ell \sin \alpha - F_{ishq} \cdot \ell \cos \alpha = 0$

yoki

$$tg \alpha = \frac{F_{ishq}}{N} = \frac{mg}{\frac{mV^2}{\frac{d}{2} - h}} = \frac{(0,5d - h)}{v^2} \cdot g$$

Oxirgi tenglamaga masalaning shartida berilgan son qiymatlar ni qo'ysak:

$$tg \alpha = \frac{(0,5 \cdot 18 - 1)}{(20)^2} \cdot 9,81 = 0,196; \quad \alpha = 11^\circ$$

ekanligini topamiz.

Javobi: $tg \alpha = 0,196, \quad \alpha = 11^\circ$.

5-masala. Jismlar erkin tushayotganda nima uchun vertikal dan sharqqa tomon og'adi? Sharcha ekvator da chuqurligi $h=180\text{m}$ bo'lgan shaxtaga erkin tushayotganda sharqqa tomon qancha masofaga og'adi? Shu asosda Erning inersial yoki noinersial sistema ekanligi haqida xulosa chiqaring. Havoning qarshiligini hisobga olmang.

Berilgan: $g=10\text{m/s}^2$, $T=24\text{ soat}=86400\text{s}$, $h=180\text{m}$.

Topish kerak: $S=?$

Echilishi: Sharcha (vertikal) erkin tushayotganda Erga bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan sharchaga inersiya kuchi ta'sir qiladi. Bu kuch ta'sirida sharcha sharqqa tomon ΔS masofaga og'adi. Sharchaning og'ishi Erning noinersial sistema ekanligini ko'rsatadi.

Og'ish masofasi $S=\Delta V t$ bo'ladi. Bu erda ΔV er sirti va shaxta tubidagi nuqtalar harakat tezliklarining farqi, t - sharchaning tushish vaqti.

$$\Delta v = \frac{2\pi R}{T} - \frac{2\pi(R-h)}{T} = \frac{2\pi h}{T}$$

bunda R - Erning ekvatorial radiusi, T - Erning sutkalik aylanish davri va h - shaxtaning chuqurligi $h=gt/2$ bo'lganligi uchun $t=\sqrt{2h/g}$ bo'ladi. U holda sharchaning sharqqa tomon siljishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta S = \Delta v \cdot t = \frac{2\pi h \sqrt{2gh}}{gT}$$

Hisoblaymiz:

$$\Delta S = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 180\text{m} \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 180\text{m}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 86400\text{s}} \approx 0,08 = 8\text{sm}$$

Javobi: $S=8\text{sm}$.

6-Masala. Sun'iy yo'ldosh Erdan $h=600\text{km}$ balandlikda ekvator tekisligida joylashgan aylaniviy orbita bo'ylab uchishi uchun Erga nisbatan sharqdan g'arbga tomon V_n tezlikka va g'arbdan sharqqa tomon qanday V_H tezlikka erga bo'lishi kerak?

Berilgan: $g=9,8\text{m/s}^2$; $R=6400\text{km}=6,4 \cdot 10^6\text{m}$; $h=1600\text{km}=1,6 \cdot 10^6\text{m}$;

$T=24\text{ soat}=86400\text{ s}$; $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11}\text{Nm}^2/\text{kg}^2$.

Topish kerak: $V_n=?$ $V_H=?$

Echilishi: Sun'iy yo'ldosh Erning tortish kuchi

$$F = \gamma \frac{mM}{(R+h)^2}$$

(1)

ta'sirida aylana bo'ylab tekis harakatlanadi. Mazkur holda yo'ldoshga ta'sir qiladigan markazga intilma kuch:

$$F_{mi} = \frac{m\nu^2}{(R+h)}, \quad (2)$$

bu erda m, ν – sun'iy yo'ldoshning massasi va tezligi, h – uning Er sirtidan balandligi. (1) va (2) formulalardan:

$$\gamma \frac{mM}{(R+h)^2} = \frac{m\nu^2}{R+h}. \quad (3)$$

(3) dan sun'iy yo'ldoshning tezligi: $\nu = \sqrt{\gamma \frac{M}{R+h}}$,

bu erda R, M – Erning radiusi va massasi.
Erkin tushish tezlanishining quyidagi formulasi:

$$g = \gamma \frac{M}{R^2} \quad \text{dan} \quad \gamma \cdot M = gR^2 \quad (4)$$

kelib chiqadi, uni (4) ga qo'ysak sun'iy yo'ldosh tezligi:

$$\nu = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}. \quad (5)$$

U holda sun'iy yo'ldoshning Erga nisbatan tezligi:

$$\nu_H = \nu \pm \nu_0, \quad (6)$$

bunda ν_0 – ekvordagi nuqtalarning chiziqli tezligi bo'lib, u Erning radiusi va uning sutkalik aylanish davri T ni bilgan holda quyidagi ifodadan topilishi mumkin:

$$\nu_0 = \frac{2\pi R}{T}. \quad (7)$$

(7) ni (6) ga qo'ysak sun'iy yo'ldoshning nisbiy tezligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\nu_H = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h} \pm \frac{2\pi R}{T}}. \quad (8)$$

Hisoblaymiz:

$$\nu_H = \sqrt{\frac{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (6,4 \cdot 10^6)^2 \text{m}^2}{(6,4+1,6) \cdot 10^6 \text{m}} \pm \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{m}}{86400 \text{s}}} = 7 \cdot 10^3 \text{m/s} \pm 1 \cdot 10^3 \text{m/s}.$$

Shunday qilib, $\nu_n = 8 \cdot 10^3 \text{m/s} = 8 \text{ km/s}$, $\nu_H^1 = 6 \cdot 10^3 \text{m/s} = 6 \text{ km/s}$.

NOINERSIAL SANOQ SISTEMALARIGA DOIR MASALALAR

141. Elektropoezd $S=200 \text{ m}$ yo'lni bosib o'tib to'xtagan, vagonga osilgan shoqul esa tormozlanish vaqtida $\alpha=5^\circ$ ga og'gan bo'lsa, poezdning tormozlanish boshlangan paytdagi tezligini aniqlang. Harakatni tekis sekinlanuvchan deb hisoblang.

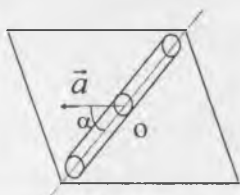
142. Ishqalanish bo'lmaganda qiya tekislik ustida turgan jism unga nisbatan harakatsiz qolishi uchun qiyalik burchagi $\alpha = 30^\circ$ bo'lgan qiya tekislik gorizont al yo'nalishda qanday tezlanish bilan harakatlanishi lozim?

143. Aylanayotgan gorizont al stolcha ustida aylanish o'qidan $R = 40$ sm uzoqlikda P og'irlikdagi bir bo'lak jism yotibdi. Bu jism bilan stolcha orasidagi ishqalanish koeffitsienti $\mu = 0,2$. Stolchani burchak tezligi qanday bo'lganda jism sirpana boshlaydi?

144. Qiyalik burchagi $\alpha = 10^\circ$ bo'lgan qiya tekislik ustida jism turibdi. Qiya tekislik (24-rasm)da ko'rsatilganidek gorizont al yo'nalgan $a = 1$ m/s² tezlanish bilan harakatlanmoqda. Jism sirpanib ketmasligi uchun u bilan qiya tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsienti eng kamida qanday bo'lishi kerak? Qiya tekislikning tezlanishi teskari yo'nalishda bo'lganda a-chi?



24-rasm



25-rasm

145. Gorizont al holatdagi quvur ichida sharcha joylashgan (25-rasm) Agar quvur gorizont al yo'nalishda harakatlansin $a = 2,0$ m/s² tezlanish quvur bilan $\alpha = 45^\circ$ burchak hosil qilsa, sharcha $t = 1$ s vaqt ichida qancha yo'lni bosib o'tadi? Sharcha bilan quvur orasidagi sirpanish ishqalanish koeffitsienti $\mu = 0,20$ deb oling.

146. Vertikal o'q atrofida aylanayotgan gorizont al disk ustida aylanish o'qidan $R = 8$ sm masofada jism turibdi. Agar burchak tezlik $\omega = 5$ rad/s ga etganda jism disk sirti bo'ylab sirpana boshlagan bo'lsa, disk bilan jism orasidagi ishqalanish koeffitsientini toping.

147. Velosipedchi gorizont al yo'lda radiusi 10m bo'lgan yoy bo'ylab harakatlansin. Agar uning tezligi 6,0m/s bo'lsa, velosipedchi gorizontga nisbatan qanday burchakka og'ad?

148. Mototsiklchi $R = 12$ m radiusli Silindr shakldagi binoning ichki vertikal devorida gorizont al aylana bo'ylab harakatlanishi uchun uning tezligi eng kamida qancha bo'lishi kerak? G'ildirakning devorga ishqalanish koeffitsienti $\mu = 0,50$, mototsiklchi bilan mototsiklning massalari markazi devordan $l = 1$ m masofada deb hisoblang.

149. Uzunligi $l_1 = 0,50$ m bo'lgan gorizont al holatdagi sterjen uning o'rtasidan o'tgan vertikal o'q atrofida o'zgaras $\omega = 2,0$ rad/s burchak tezlik bilan aylanmoqda. Sterjenga uzunligi $l_2 = 10$ sm bo'lgan ip bilan o'zaro bog'langan, aylanish o'qiga nisbatan simmetrik joylashgan ikkita kichik mufta kiydirilgan. Agar ip kuydirib yuborilsa, muftalar sterjen uchlariga unga nisbatan qanday tezlik bilan etib keladi? Ishqalanishni hisobga olmang.

150. Vertikal o'q atrofida aylanayotgan idishdagi suyuqlik sirti paraboloid shaklida bo'lishini isbot qiling.

151. Radiusi $R = 2$ m bo'lgan gorizont al holatdagi diskning o'rtasiga nishon, chetiga esa havotopponchasi o'rnatilgan. Disk harakatsiz bo'lganda sharcha nishonning markaziga tegadi. Disk uning markazidan o'tgan vertikal o'q atrofida o'zgaras $\omega = 0,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ burchak tezlik bilan aylanganda esa sharcha

nishon markazidan $S=10$ sm masofada joylashgan nuqtaga borib tegadi. Sharchaning tezligini toping.

152. Massasi 10^5 kg bo'lgan elektrovoz shimoliy yarim sharining 60 gradusli kengligida shimoldan janubga tomon gorizontaal yo'nalishda 30 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Elektrovoz tomonidan relslarga ta'sir qilayotgan kuchning tashkil etuvchisini toping.

153. Massasi m bo'lgan, ekvator bo'ylab V tezlik bilan sharqdan g'arbga tomon harakatlanayotgan avtomobil harakatining yo'nalishi qarama-qarshi o'zgartirilganda Er sirtiga bo'lgan bosim kuchi qanchaga o'zgarishini aniqlang.

154. $\varphi=60^\circ$ geografik kenglikda jism erga $h=200$ m balandlikdan erkin tushmoqda. Erning aylanishi natijasida vujudga keladigan Koriolis kuchi ta'sirida jism qanchaga og'ishini aniqlang.

155. Geografik kengligi $\varphi=60^\circ$ bo'lgan nuqtada tik yuqoriga qarab miltiqdan o'q uzuldi. Biroz vaqtdan keyin o'q Erga qaytib tushdi. Agar boshlang'ich tezligi $V=200$ m/s bo'lsa, o'q o'tilish nuqtasidan qanchaga siljigan? Havoni qarshiligini hisobga olmang.

156. Leningraddagi Isaakiy soborida uzunligi 98 m bo'lgan Fuko mayatnigi o'rnatilgan. 10 min vaqt ichida mayatnikning tebranish tekisligi qanday burchakka buriladi? Leningradning geografik kengligi 60° . Masalani ikkita: noinersial va geliotsentrik sanoq sistemasida eching.

157. Inersial sanoq sistemasiga nisbatan $\omega=10$ rad/s burchak tezlik bilan aylanayotgan sanoq sistemada $m=10$ g massali zarraning harakati kuzatilmog'da. Aylanish o'qidan $R_1=1$ m masofadagi nuqtadan $R_2=2$ m masofada turgan nuqtaga ko'chirishda zarra ustida inersiya kuchlari qanday A lsh bajaradi?

158. Uncha katta bo'lmagan jism ekvatorida $h=10$ m balandlikdan boshlang'ich tezliksiz tushmoqda. τ tushish vaqtida jism vertikalidan qaysi tomonga va qanday x masofaga og'ad? Havoning qarshiligi hisobga olinmasin. Erning τ vaqt davomida o'z o'qi atrofida aylanishi tufayli bosib o'tgan yo'lining h balandlikdagi va Er sirtidagi nuqtalar uchun ΔS qiymatlarini topilgan x qiymat bilan taqqoslang.

159. $\varphi=45^\circ$ kenglikda massasi $m=184 \cdot 10^3$ kg bo'lgan elektrovoz meridian bo'ylab $v=20$ m/s (72 km/soat) tezlik bilan harakatlanmoqda. Elektrovozning relsiga berayotgan F bosim kuchining gorizontaal tashkil etuvchisini toping.

160. Gorizontaal joylashtirilgan disk ω burchak tezlik bilan aylanmoqda. Disk markazidan radius bo'ylab masofaning vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi $r=a t$ (a - doimiy kattalik) qonuniyat bilan zarra harakatlanmoqda. Disk bilan bog'langan sanoq sistemasida zarrachaga ta'sir etuvchi natijaviy kuch momenti M ni toping. Momentni diskning markaziga nisbatan ekanligini hisobga oling.

6. SUYUQLIKLAR MEXANIKASI ELEMENTLARI

Siqilmaydigan suyuqliklar uchun uzluksizlik tenglamasi:

$$\rho_1 g_1 S_1 = \rho_2 g_2 S_2.$$

Agar $\rho_1 = \rho_2$ bo'lsa, uzluksizlik tenglamasi:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = \text{const}.$$

S_1 va S_2 - oqim nayining kesim yuzalari, v_1 va v_2 - S_1 va S_2 - kesimlardan o'tayotgan suyuqlik tezliklari. Oqim nayining ixtiyoriy kesimi orqali vaqt birligi ichida o'tayotgan suyuqlik hajmi (suyuqlik sarfi):

$$Q = v S.$$

Ideal suyuqlikning keng idishdagi kichik teshikdan oqib chiqish tezligi:

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

bu erda h - idishdagi teshikning suyuqlik sathiga nisbatan chuqurligi. Bernulli tenglamasi:

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

bu erda ρ - suyuqlik zichligi, P - suyuqlikning statik bosimi, v - suyuqlik oqimining tezligi, h - trubka kesimining biror satxga nisbatan balandligi. Xajmi V bo'lgan suyuqlik P_1 bosimli S_1 kesimdan P_2 bosimli S_2 kesimga o'tganda tashqi bosim tomonidan bajarilgan ish:

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

Laminar oqimda suyuqlikka botirilgan jismga ta'sir etadigan peshona qarshiligi:

$$F = r\eta v,$$

bu erda η - jismning shakli va o'lchamiga bog'liq bo'lgan koeffitsient, yopishqoq muhitda harakat qilayotgan sharga ta'sir etadigan qarshilik kuchi (Stoks formulasi):

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

bu erda R - shar radiusi.

Laminar oqish paytida uzunligi ℓ va radiusi R bo'lgan truba orqali t vaqt ichida oqib o'tayotgan suyuqlik xajmi Puazeyl formulasi yordamida topiladi:

$$V = \frac{1}{\eta} \frac{\pi R^2}{8\ell} \Delta P t,$$

bu erda ΔP - quvur (truba) uchlaridagi bosimlar farqi. Turbulent oqimda unchalik katta bo'lmagan tezliklarda peshona qarshilik:

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

bu erda C_x - jism shakliga va Reynolds soniga bo'lgan peshona qarshilik ko'effitsienti. S-jismning oqim tezligiga perpendikulyar tekislikka proeksiyasining izi (Midel kesimi deyiladi). ρ - muhitning zichligi. Reynolds soni:

$$Re = \frac{\ell \rho v}{\eta},$$

bu erda ℓ - jismning chiziqli o'lchamlarini xarakterlovchi kattalik.

SUYUQLIKLAR MEXANIKASIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-Masala. Polga balandligi $h=1,5$ m bo'lgan silindrik idish o'rnatilib, u suv bilan to'ldirilgan. Idish devoridagi teshikchadan oqib chiqadigan suv idishning yon sirtidan eng uzoq masofaga borib tushishi uchun bu teshik poldan qanday balandlikda bo'lishi kerak?

Berilgan: $h = 1,5$ m.

Topish kerak: $h_1 = ?$

Echilishi: Teshikdan oqib chiqayotgan suv oqimining tezligini Bernulli tenglamasiga asosan topamiz?

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2.$$

Biz echayotgan masalada $P = P_1$, $v \approx 0$, shuning uchun

$$\rho gh = \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2, \quad \text{bundan} \quad v_1 = \sqrt{2g(h-h_1)}.$$

Oqimdagi suyuqlik zarrasining harakatini murakkab harakatlardan tashkil topgan deb hisoblaymiz.

Suyuqlik zarrasi erga borib tushguncha ℓ masofani bosib o'tadi, ya'ni

$$\ell = v_1 t = \sqrt{2g(h-h_1)} t, \quad (1)$$

bundan t - zarrani erga tushish vaqti.

$$h_1 = \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalardan quyidagilarni topamiz:

$$t = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}, \quad \ell = 2\sqrt{h_1(h-h_1)}.$$

ℓ dan h_1 bo'yicha olingan hosilani nolga tenglashtirsak, ℓ ning maksimal qiymatini topamiz:

$$\frac{d\ell}{dh_1} = \frac{h-2h}{\sqrt{h_1(h-h_1)}} = 0,$$

bundan $h - 2h_1 = 0$, $h_1 = h/2 = 0,75$ m.

Javobi: $h = 0,75$ m.

2-Masala. Diametri 0,3 mm bo'lgan yomg'ir tomchisining eng katta tezligi topilsin. Havoning yopishqoqlik koeffitsienti $1,2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$.

Berilgan: $\eta = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}$, $d = 2r = 0,3 \text{ mm}$.

Topish kerak: $v = ?$

Echilishi: Tomchi harakatiga havoning ko'rsatadigan qarshilik kuchi uchun Stoks formulasi:

$$F = 6\eta r v.$$

Bu kuch tomchi og'irligiga teng bo'lgandan keyingina, tomchi tekis harakat qila boshlaydi (havoning ko'tarish kuchi kichik bo'lgani uchun, uni hisobga olmaymiz).

Modda zichligi $\rho = \frac{m}{V}$ va $P = mg$ larda:

$\rho = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ - suv zichligi va $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ tomchining hajmi. Shunday qilib, tomchining harakat tezligi:

$$v = \frac{mg}{6\pi\eta r} = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g}{6\pi\eta r} = \frac{4\rho r^2 g}{18\eta} = \frac{\rho g d^2}{18\eta}.$$

Hisoblaymiz:

$$v = \frac{1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9 \cdot 10^{-8} \text{m}^2}{18 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} = 0,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Javobi: $v = 0,45 \text{ m/s}$.

3-Masala. Kesimi trapetsiya shaklida bo'lib, asoslari 300 m, 500 m va balandligi 50 m bo'lgan to'g'onga suv qanday bosim kuchi bilan ta'sir qiladi?

Berilgan: $a = 300 \text{ m}$, $v = 500 \text{ m}$, $h = 50 \text{ m}$.

Topish kerak: $F = ?$

Echilishi: Ma'lumki, bosim kuchi $F=PS$. To'g'on trapetsiya shakliga ega bo'lgani uchun, uning yuzi $S = \frac{a+b}{2} \cdot h$. Bosim P esa atmosfera bosimi P_0 bilan suvning to'g'onga bo'lgan o'rtacha bosimi ya'ni to'g'on tubiga ta'sir etuvchi bosimning yarmining yig'indisiga teng.

$$p = p_0 + \frac{\rho \cdot g \cdot h}{2},$$

bunda $r=101$ kPa - atmosfera bosimi, $\rho = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ - suv

zichligi. To'g'onga ta'sir etuvchi bosim kuchi:

$$F = \left(p_0 + \frac{\rho g h}{2} \right) \cdot S \quad \text{yoki} \quad F = \left(p_0 + \frac{\rho g h}{2} \right) \frac{a+b}{2} \cdot h.$$

Hisoblaymiz:

$$F = \left(1,01 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + \frac{1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50\text{m}}{2} \right) \frac{500+300\text{m}}{2} \cdot 50\text{m} = 693\text{MN}.$$

Javobi: $F=693$ MN.

4-Masala. Diametri 0,5 m bo'lgan trubadan sekunda 0,6 m³ suv oqmoqda. Agar suv temperaturasi 40 °C bo'lsa, Reynolds soni topilsin. Oqim laminar oqimmi yoki turbulentmi?

Berilgan: $t=40^\circ\text{C}$, $d=0,5$ m, $V=0,6\text{m}^3/\text{s}$.

Topish kerak: $Re=?$

Echilishi: Avvalo suv oqimining o'rtacha tezligini hisoblaymiz:

$$V = S \cdot v, \quad v = \frac{V}{S} = \frac{4V}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,6\text{m}^3/\text{s}}{3,14 \cdot 0,25\text{m}^2} = 3,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

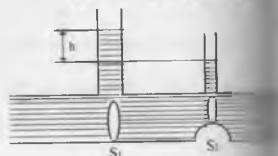
Fizik kattaliklar berilgan temperatura 40 °C uchun suvning yopishqoqlik koeffitsienti $\eta = 655 \cdot 10^{-6} \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ekanligini bilgan holda Reynolds sonini hisoblaymiz:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta} = \frac{1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3,06 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,5\text{m}}{655 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} = 2,33 \cdot 10^6.$$

Javobi: $Re = 2,33 \cdot 10^6$ oqim turbulent chunki $Re > 2300$.

5-Masala. 26-rasmda sarflanayotgan suyuqlik miqdori Q ni (nayning ko'ndalang kesimidan vaqt birligida oqib o'tgan suyuqlik massasini) aniqlashga imkon beradigan asbobning sxemasi tasvirlangan.

Agar $h=5$ sm, $S_1=10$ sm², $S_2=6$ sm², $\rho=0,8$ g/sm³ bo'lsa, sarflanayotgan suyuqlik miqdori Q aniqlansin.



26-rasm

Berilgan: $h=5$ sm, $S_1=10$ sm², $S_2=6$ sm²,
 $\rho=0,8$ g/sm³, $g=9,81$ sm/s².

Topish kerak: $Q=?$

Echilishi: Sarflanayotgan suyuqlik miqdori $Q=S_1 \cdot v_1 \cdot \rho$. Tezlik v_1 ni Bernulli tenglamaşidan topamiz. Bu tenglama gorizontal nay uchun quyidagicha yoziladi:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

yoki

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2). \quad (1)$$

$S_1 v_1 = S_2 v_2$ ekanligidan quyidagilarni topamiz:

$$v_2 = \frac{S_1 v_1}{S_2} \quad \text{va} \quad v_2^2 = \frac{S_1^2}{S_2^2} \cdot v_1^2. \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalarni bir-biriga taqqoslasak:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho \cdot \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} v_1^2 - v_1^2 \right) = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right).$$

Biroq $p_1 - p_2 = \rho g h$.

Shuning uchun quyidagi ifodani topamiz:

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right) = \rho \cdot g \cdot h.$$

Bundan

$$v_1^2 = \frac{2ghS_2^2}{S_1^2 - S_2^2} \quad \text{va} \quad v_1 = S_2 \sqrt{\frac{2gh}{S_1^2 - S_2^2}}. \quad (3)$$

$$Q = S_1 v_1 \rho. \quad (4)$$

(3) ni (4) ga qo'ysak:

$$Q = S_1 S_2 \rho \sqrt{\frac{2gh}{S_1^2 - S_2^2}}$$

kelib chiqadi.

Hisoblaymiz:

$$Q = 10 \cdot 8 \cdot 0,8 \sqrt{\frac{2 \cdot 980 \cdot 5}{100 - 36}} \approx 592 \frac{\text{g}}{\text{s}} = 0,592 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Javobi: $Q = 0,592 \text{ kg/s}$.

SUYUQLIKLAR MEXANIKASIGA DOIR MASALALAR

161. Tepkisi bosilganda otilmasligi uchun $d = 7 \text{ mm}$ kalibrli havo pistoletini suvga qanday chuqurlikka botirish kerak? Pistolet stvolining uzunligi $L = 22 \text{ sm}$, o'qning massasi $m = 17 \text{ g}$, havoda otilganda o'qning stvoldan chiqish paytidagi tezligi $V = 27 \text{ m/s}$ deb oling.

162. Hajmi $2,4 \text{ m}^3$ bo'lgan temir-beton plitani $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan suvdan ko'tarib olinayotgandagi tros tarangligini aniqlang. Peshona qarshilikni hisobga olmag. Temir-betonning zichligini $\rho = 2,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ deb oling.

163. Massasi $m = 5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ bo'lgan yukni ko'tarishda kichik porshent $t = 1,5 \text{ min}$ vaqt ichida $n = 100$ yurish qilgan bo'lsa, porshenlarning yuzlari $1:100$ nisbatda bo'lgan gidravlik pressni harakatga keltiruvchi dvigatelning FIK ni toping. Kichik porshenning yurishi $h = 20 \text{ sm}$. Dvigatelning quvvati $N = 2 \text{ kVt}$.

164. Biri yaxlit ikkinchisi esa kovak bo'lgan alyuminiy va mis sharlarni elkalari teng bo'lmagan richakka osib, havoda muvozanatga keltirigan. Agar sharlarni suvli idishga botirilganda muvozanat buzilmagan bo'lsa, sharlardan qaysi biri kovak ekanligini aniqlang. Agar mis sharning massasi $m = 0,4 \text{ kg}$ bo'lsa, kovakning hajmini toping.

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

166. Massasi $m_1 = 60 \text{ kg}$ bo'lgan odamning boshi va elkalari (hajmining) $n = 1/8$ qismini suvga botmaydigan holda tutib tura oladigan po'kak belbog' massasini aniqlang. Odam tanasining zichligini $\rho_1 = 1007 \text{ kg/m}^3$ deb oling.

167. Suvli idish yuqoriga yo'nalgan $a = 1,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan vertikal ravishda harakat qilmogda. $h = 0,2 \text{ m}$ chuqurlikdagi bosimni aniqlang.

168. Suvda suzib yurgan $V = 50 \text{ dm}^3$ hajmli po'kak belboqqa bog'langan ipga temir yuk osilgan. Agar belbog' hajmining $1/2$ qismi suvga botgan bo'lsa, yukning massasi va ipning tarangligini toping.

169. Sisternasi benzin bilan to'ldirilgan benzin tashuvchi avtomobil $V = 36 \text{ km/soat}$ tezlik bilan harakatlangan va tormozlanish natijasida $t = 10 \text{ s}$ vaqt ichida to'xtagan. Sisternani uzunligi $L = 3 \text{ m}$ bo'lgan to'g'ri burchakli paralleloiped deb hisoblab tormozlanish vaqtida Sisternaning oldingi devoriga ta'sir etadigan bosim kuchi orqa devoriga ta'sir etayotgan bosim kuchidan necha marta katta ekanligini toping. Cesternaning benzin bilan to'ldirilish balandligi $h = 0,5 \text{ m}$.

170. To'g'ri burchakli qilib bukilgan $S = 4,0 \text{ sm}^2$ kesimli quvur (truba) dan suv oqib turibdi. Agar suvning har sekunddagi sarfi $Q = 2,0 \text{ kg/s}$ bo'lsa, quvurga suv qanday kuch bilan ta'sir qiladi?

171. Agar avtomobilning old sirti yuzasi $3,0 \text{ m}^2$ bo'lsa, u 144 km/soat tezlik bilan harakatlanayotganda urilayotgan havo oqimi qanday qarshilik ko'rsatadi? Peshona qarshilik koeffitsienti $S_x=0,6$ deb oling.

172. Mototsiklchi ro'paradan $v_1=10 \text{ m/s}$ tezlikda shamol esayotganda $v_2=20 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlangan bo'lsa, mototsikl dvigateling quvvati qanday bo'lgan? Mototsiklchining mototsikl bilan birgalikdagi massasi $m=200 \text{ kg}$, ishqalanish koeffitsienti $\mu=0,20$, old sirtining umumiy yuzasi $S=1,2 \text{ m}^2$, deb oling.

173. Agar elektropoezd old sirtining yuzasi 10 m^2 bo'lsa, u 100 km/soat tezlik bilan harakatlanayotganda urilayotgan havo oqimining quvvatini toping.

174. Gorizontol joylashgan o'zgaruvchan kesimli quvur orqali minutiga 2 m^3 hajmli suv o'tmoqda. Diametrlari $0,3$ va $0,1 \text{ m}$ bo'lgan kesimlarda joylashgan manometrik trubalardagi suv sathlari farqini toping.

175. Yurakning har bir urishida chap qorinchasi qisqarib $m=70\text{g}$ massali qonni $r=26 \text{ kPa}$ bosim ostida aortaga haydab chiqarsa, $t=1 \text{ min}$ vaqt ichida taxminan $n=75$ marta qisqaradigan yurakning quvvatini toping.

176. Radiusi $0,50 \text{ mm}$ bo'lgan shisha sharcha glitserin quyilgan katta idish ichida $5,0 \text{ sm/s}$ barqaror tezlik bilan tushib bormoqda. Agar shishaning zichligi $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, glitserinning zichligi esa $1,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, glitserinning yopishqoqligini toping.

177. Havoda 10 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan $0,5 \text{ m}$ diametrli sharchaga qanday qarshilik kuchi ta'sir qiladi? Shar uchun peshona qarshilikning koeffitsientini $S_x=0,25$ deb oling.

178. Diametri $2,0 \text{ sm}$ bo'lgan quvurdagi suv oqimi laminarligicha qolishi uchun uning tezligi eng ko'pi bilan qancha bo'lishi mumkin? Truba uchun Reynolds sonining kritik qiymati taxminan 3000 deb oling. Diametri $0,10 \text{ sm}$ bo'lgan quvurdagi mazkur oqim tezligi qanday bo'lishi mumkin?

179. $h=200 \text{ km}$ balandlikda atmosferaning zichligi $\rho=1,6 \cdot 10^{-10} \text{ kg/m}^3$. Shu balandlikda ko'ndalang kesimi $S=0,50 \text{ m}^2$ va massasi $m=10 \text{ kg}$ bo'lgan sun'iy yo'l doshga ta'sir qiladigan qarshilik kuchini aniqlang.

180. Idishga bir-biriga aralashmaydigan, zichliklari ρ_1 va ρ_2 bo'lgan ideal suyuqliklar quyilgan. Suyuqliklar mos ravishda h_1 va h_2 qatlamlarni hosil qiladi. Suyuqlikning yuqori sirtidan idishga sharcha tushirilib yuboriladi. Agar idish tubiga etib borganda sharchaning tezligi nolga teng bo'lsa, sharcha yasalgan moddaning zichligini toping.

7. NISBIYLIK NAZARIYASI ELEMENTLARI

Maxsus nisbiylik nazariyasida faqat inersial sanoq sistemalar ko'rib chiqiladi.

Biror nisbiy tinchturgan sistemaga unga nisbatan X o'qi bo'ylab V tezlik bilan harakatlanayotgan sistemadan o'tish uchun Lorencning koordinatalari va vaqt almashtirish formulalari.

$$x' = \frac{X' + v_0 t'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + \frac{x' v_0}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}},$$

bu erda v_0 - K' sanoq sistemasining K inersial sanoq sistemasiga nisbatan OX o'q yo'nalishidagi to'g'ri chiziqli tekis harakat tezligi, c - yorug'likning vakuumdagi tezligi.

Harakatlanayotgan jism (sterjen) uzunligining relyativistik (Lorenç)q isqarishi:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \beta^2},$$

l_0 - biror sistemada tinch turgan sterjen uzunligi. Agar bu sistema K sistemaga nisbatan V_0 tezlik bilan harakat qilsa, u holda K sistemadagi kuzatuvchi uchun sterjen uzunligi yuqoridagi formuladan topiladi. Bunda

$$\beta = \frac{v_0}{c} \text{ ga teng.}$$

Nisbiy tinch sistemadagi vaqt o'zgarishi ($\tau = t_2 - t_1$) bilan unga nisbatan V_0 tezlik bilan harakat qilayotgan sistemadagi relyativistik vaqtning sekinlashuvi (o'zgarishi $\tau^1 = t_2^1 - t_1^1$) orasidagi bog'lanish:

$$\tau = \frac{\tau^1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{\tau^1}{\sqrt{1 - \beta^2}}.$$

Tezliklarni relyativistik q o'shish:

$$v = \frac{v^1 - v_0}{1 + \frac{v_0 v^1}{c^2}},$$

bu erda v^1 - K inersial sanoq sistemasiga nisbatan v_0 tezlik bilan OX o'q yo'nalishida to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan K' sanoq sistemasidagi moddiy nuqtaning OX yo'nalishidagi harakat tezligi, v - mazkur moddiy nuqtaning K sanoq sistemasidagi tezligi.

Relyativistik massa:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

bu erda m_0 - jismning tinch holatdagi massasi, $\beta = v_0/c$, m - jismning harakatdagi massasi.

Relyativistik impuls:

$$p = m v = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

yoki

$$p = m_0 c = \frac{\beta' c}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Nyut on ikkinchi qonunining relyativistik ko'rinishi:

$$F = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right)$$

Tinch holatdagi jism energiyasi: $E_0 = m_0 c^2$.

Jismning to'liq relyativistik energiyasi:

$$E = m c^2 = m_0 c^2 + E_k$$

bu erda E_k - jismning kinetik energiyasi.

Nisbiylik nazariyasida jismning kinetik energiyasi:

$$E_k = m c^2 - m_0 c^2 \quad \text{yoki} \quad E_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right)$$

Sistema massasining Δm miqdorga o'zgarishi sistema energiyasining

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

o'zgarishiga mos keladi.

Relyativistik energiya va impuls orasidagi munosabat:

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + (m_0 c^2)^2}$$

$$p = \frac{1}{c} \sqrt{E_b (E_b + 2E_0)}$$

NISBIYLIK NAZARIYASI ELEMENTLARIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-Masala. Protonning bo'ylama o'lchamlari ikki marta kamayishi uchun u qanday tezlatuvchi potentsiallar ayirmasini o'tishi kerak?

Berilgan: $K = \frac{e_0}{e} = 2$

Topish kerak: $U = ?$

Echilishi: Agar proton nisbiy tinch holatda bo'lsa, u shar shaklida bo'lib, eni va bo'yi bir xil bo'ladi. Agar proton katta tezlik bilan harakatlansa, nisbiylik nazariyasiga asosan, uning geometrik o'lchamlari o'zgarib, u ellips shaklni egallaydi (27-rasm).



27-rasm

Masala shartiga ko'ra $K = \frac{l_0}{l} = 2$, lekin

$$l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2} \text{ bo'lgani uchun } K = \frac{l_0}{l} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \text{ Ildiz ostidagi ifodani topish}$$

uchun potentsiallar ayirmasini o'tganda proton olgan energiyasini kinetik energiyaga tenglaymiz: $A = E_k$.

Demak,
$$du = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \text{ yoki} \quad eu = m_0 c^2 (K - 1). \text{ Bundan}$$

$$u = \frac{m_0 c^2}{e} \cdot (K - 1)$$
 proton uchun $m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ - uning zaryadi. Shunday qilib, protonlar potentsiallar ayirmasi:

$$u = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kl} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}} (2 - 1) = 9,4 \cdot 10^8 \text{ V} = 940 \text{ MV}.$$

Javobi: $u = 940 \text{ MV}$.

2-masala. Kinetik energiyasi 8 nj bo'lgan proton tezligi va impulsi topilsin.

Berilgan: $E_k = 8 \text{ nj} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ J}$.

Topish kerak: $v_0 = ?$ $P = ?$

Echilishi: Zarra energiyasi katta bo'lganda uning massasi tezlikka bog'liq bo'lgani uchun zarraning kinetik energiyasi

$$4 E_k = m c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right).$$

Bundan
$$\sqrt{1 - \beta^2} = \frac{m_0 c^2}{E_k + m_0 c^2}; \quad \beta = \frac{v_0}{c}.$$

Bu ifodaga $m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $E_k = 8 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ larni qo'yib, protonning harakat tezligini hisoblaymiz.

$$\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{8 \cdot 10^{-9} \text{ J} + 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 1,84 \cdot 10^{-2},$$

$$1 - \frac{v_0^2}{c^2} = 3,386 \cdot 10^{-4}, \text{ bundan } v_0 = 0,999c, v_0 = 2,997 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Protinning impulsi:

$$p = m_0 v_0 = \frac{m_0 v_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg} \cdot 0,999 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,84 \cdot 10^{-2}} = 2,72 \cdot 10^{-17} \text{N} \cdot \text{s}.$$

Javobi: $v_0 = 0,999c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m/s}; \quad r = 2,72 \cdot 10^{-17} \text{ N} \cdot \text{s}.$

3-masala. Radioaktiv yadro, zarralar tezlatkichini o'tgach, 0,4c tezlikka erishgan. Yadro tezlatkichdan chiqayotganda o'z yo'nalishi bo'yicha tezlatkichga nisbatan 0,7c tezlik bilan harakatlanayotgan β -zarra chiqaradi. β -Zarraning yadroga nisbatan tezligi topilsin.

Berilgan: $v_0 = 0,7c, \quad v' = 0,4c.$

Topish kerak: $v = ?$

Echish kerak: Eynshteynning nisbiylik nazariyasiga ko'ra tezliklarni qo'shish qonuni

$$v' = \frac{v + v_0}{1 + \frac{v \cdot v_0}{c^2}}.$$

Bunda v' - nisbiy tinch holatdagi sanoq sistemasiga nisbatan zarraning tezligi, ya'ni masala shartida β - zarraning tezlatkichga nisbatan tezligi, v - o'sha zarraning harakatdagi sanoq sistemasiga nisbatan tezligi, ya'ni β - zarraning yadroga nisbatan tezligi, v_0 - harakatdagi sanoq sistema tezligi - yadroning tezlatkichga nisbatan tezligi. Masala shartiga ko'ra $v' = 0,7c, v = 0,4c$ bo'lib, v ni aniqlash kerak. Shuning uchun yuqoridagi tenglamani v ga nisbatan echamiz:

$$v = \frac{v' - v_0}{1 - \frac{v_0 \cdot v'}{c^2}} = \frac{0,7c - 0,4c}{1 - \frac{0,4 \cdot 0,7c^2}{(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}} = 0,5c = 1,5 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Javobi: $v = 1,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$

NISBIYLIK NAZARIYASI ELEMENTLARIGA DOIR MASALALAR

181. Sterjen o'zgaras v tezlik bilan harakatlanmoqda. Uning qo'zg'almas sistemadagi uzunligi $l_1 = 3\text{m}$, sterjen, bilan bog'liq bo'lgan sistemada esa $l_2 = 6\text{m}$. Sterjenning xususiy uzunligi va qo'zg'almas sanoq sistemasiga nisbatan tezligini toping.

182. Erning Quyosh atrofidagi harakat tezligi $v=30\text{ km/s}$. Er diametrining Quyosh bilan bog'liq bo'lgan sistemadagi qisqarishini toping.
183. Reaktiv samolyot 1000 m/s tezlik bilan uchmoqda. Samolyotdagi soat Erdagi soatdan qancha orqada qoladi?
184. Egizaklardan biri 20 yoshida raketada Arktur yulduzi tomon $U=0,99c$ tezlik bilan kosmik sayohatga chiqdi. Erdagi odamlar uchun Arktur yulduziga bo'lgan masofa 40 yorug'lik yiliga teng (ya'ni yorug'lik yulduzdan Erga 40 yilda etib keladi). Kosmik sayohatchi Erda qolgan ukasidan necha yosh kichik bo'ladi?
185. Lorents almashtirishlaridan foydalanib tezliklarni qo'shishning relyativistik qonunini keltirib chiqaring.
186. Nisbiylik nazariyasining tezliklarni qo'shish formulasidan foydalanib tezliklarni qo'shish hech qachon yorug'lik tezligidan katta tezliklarga olib kelmasligini isbotlang.
187. Erga tomon v tezlik bilan harakatlanayotgan yulduz tomonidan nurlantirilayotgan foton Erga $c+v$ tezlik bilan emas, balki c tezlik bilan yaqinlashishini isbotlang.
188. Erdan unga nisbatan $0,8c$ tezlik bilan qarama-qarshi yo'nalishlarda harakatlanayotgan ikki raketa uzoqlashmoqda. Raketalardan biri ikkinchisi bilan bog'liq bo'lgan sanoq sistemasida qanday tezlik bilan harakat qiladi?
189. Tezlatgich radioaktiv yadroga $v=0,4c$ tezlik beradi. Tezlatgichdan chiqish paytida yadro o'z harakati yo'nalishida tezlatgichga nisbatan $0,75c$ tezlikka ega bo'lgan β -zarracha chiqargan. Zarrachaning yadroga nisbatan tezligini toping.
190. Erdan 30 yoshida 20 yorug'lik yiliga teng masofaga uchib ketgan kosmonavt Erdagi soatga ko'ra necha yoshga kiradi? Kosmonavtning soati bo'yicha u 35 yoshga kirgan deb hisoblang.
191. $v=0,999c$ tezlik bilan harakatlanayotgan elektronning relyativistik massasi uning tinchlikdagi massasidan necha marta katta bo'ladi?
192. Harakatlanayotgan protonning relyativistik massasi uning tinchlik-dagi massasidan 10^2 marta ortiq. Harakatdagi protonning tezligini toping.
193. $150,0\text{ Mm/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan elektronning kinetik energiyasining tinchlikdagi energiyasiga nisbatini toping. Elektronning relyativistik impulsi qanday bo'ladi?
194. Energiyaning $1,0\text{ j}$ o'zgarishi massasining qanday o'zgarishga mos keladi?
195. Atmosferaning yuqori qatlamlarida hosil bo'lgan P-mezonning energiyasi 6 GeV ga teng bo'lib, unga bog'langan sanoq sistemasida uning o'rtacha yashash davri 26 ns . P-mezonning massasini 273 m_e ga teng deb olib, uning laboratoriya sanoq sistemasida yashash vaqtini aniqlang.
196. Raketa $v=120\text{ Mm/s}$ tezlik olish uchun $m_0=1,5\text{ T}$ massali raketa qanday kinetik energiya mos kelishini aniqlang.
197. Ionlashgan atom tezlatgichdan $0,85c$ tezlik bilan uchib chiqib, u o'z harakati yo'nalishida o'zidan foton uchirib chiqaradi. Fotonning tezlatgichga nisbatan tezligi aniqlansin.
198. Tinchlikdagi massasidan harakatdagi massasi 3 marta katta bo'lgan elektronning kinetik energiyasini elektron-volt (eV) larda aniqlang.
199. Kinetik energiyasi $T=1\text{ GeV}$ ga teng bo'lgan elektronning relyativistik impulsi aniqlang.
200. Zarracha $v=0,8c$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Zarrachaning relyativistik massasini tinchlikdagi massasiga nisbatini aniqlang.

II. MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

1. IDEAL GAZ QONUNLARI

Har qanday moddaning bir mol miqdoridagi molekula yoki atomlar soni bir xil bo'ladi, bu son Avogadro soni deb ataladi:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

Modda miqdori ν (nyu) ni yoki mollar sonini quyidagi ifodalardan foydalanib topish mumkin:

$$\nu = \frac{N}{N_A}, \quad \nu = \frac{m}{M},$$

bunda M - molyar massa, N_A - Avogadro soni, m - modda massasi, N - shu moddadagi atom yoki molekularning soni. M -massali gaz holatini hajm (V), bosim (P), temperatura (T) kabi termodinamik parametrlar bilan xarakterlash mumkin. T - absolyut temperatura Selsiy shkalasi bo'yicha olingan temperatura bilan quyidagicha bog'langan:

$$T = 273,15 \text{ }^\circ\text{C} + t \text{ }^\circ\text{C}.$$

Boyl - Mariott qonuni ($m = \text{const}$, $T = \text{const}$):

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \text{ yoki } P_1V_1 = P_2V_2, \quad PV = \text{const}.$$

O'zgarmas temperaturada sodir bo'luvchi jarayonga izotermik jarayon

deb ataladi.

Gey - Lyussak qonuni ($m = \text{const}$, $r = \text{const}$):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ yoki } \frac{V}{T} = \text{const}.$$

Sharl qonuni ($m = \text{const}$, $V = \text{const}$):

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ yoki } \frac{P}{T} = \text{const}.$$

Klapeyron tenglamasi ($m = \text{const}$):

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

Mendeleev - Klapeyron tenglamasi:

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

bunda $\nu = \frac{m}{M}$ - gaz miqdori, $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ - gaz universal doimiyisi.

Dalton qonuni: $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$

Gazlar aralashmasidagi mollar soni:

$$V = \frac{m}{M} = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} + \frac{m_3}{M_3} + \dots$$

Bunda $m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$ - aralashma massasi, M - gazlar aralashmasining molyar massasi, $m_1, m_2, m_3 \dots$ - aralashmani tashkil etuvchi gaz massalari va $M_1, M_2, M_3 \dots$ - ularning molyar massalari.

Bitta molekulaning massasini topish uchun molyar massani Avogadro soniga bo'lish kerak:

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

Berilgan gaz massasidagi molekular sonini quyidagi tenglamalardan topish mumkin:

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A; \quad N = \frac{pV}{RT} \cdot N_A$$

Hajm birligida molekular soni yoki konsentratsiya:

$$n_0 = \frac{N}{V}, \quad n_0 = \rho \frac{N_A}{M}, \quad n_0 = \frac{N_A}{V_0}$$

$V_0 = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$ - 1 kmol gazning normal sharoitdagi hajmi.

Gaz zichligi:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad \rho = \frac{pM}{RT}$$

2. MOLEKULAR KINETIK NAZARIYA ASOSLARI

Massasi m_0 va o'rtacha kvadratik tezligi $\langle v_{kv} \rangle$ bo'lgan bitta molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi:

$$\langle E_k \rangle = \frac{m_0 \langle v_{kv}^2 \rangle}{2}$$

Molekular ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi faqat absolyut temperaturaga to'g'ri proporsionaldir:

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT,$$

bunda k - Bolcman doimiysi bo'lib, u gaz universal doimiysi R ning Avogadro soni ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) ga nisbatiga teng:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K})}{6,025 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

Normal sharoitdagi 1 m³ gaz hajmidagi molekular soni - Loshmidt soni:

$$N_l = \frac{P_0}{kT_0} = 2,69 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$$

Bitta molekulaning o'rtacha t'oliq kinetik energiyasi:

$$\langle E_k \rangle = \frac{i}{2} kT.$$

Bu ifoda Avogadro soni N_A ga ko'paytirilsa, 1 mol ideal gazning ichki energiyasini hisoblash formulasi kelib chiqadi:

$$U_o = \langle E_k \rangle \cdot N_A = \frac{i}{2} k N_A T = \frac{i}{2} RT.$$

Istalgan m massali ideal gazning ichki energiyasi:

$$U = \frac{m}{M} U_o = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} RT.$$

Gaz molekularining idish devorlariga bergan bosimi:

$$R = \frac{2}{3} n \cdot \frac{m_0 \langle v_{kb}^2 \rangle}{2} = nkT,$$

bunda R - gazlar molekulyar - kinetik nazariyasining asosiy tenglamasidan topiladi.

Gaz molekulasi o'rtacha kvadratik tezligi:

$$\langle v_{kb} \rangle = \sqrt{3 \frac{kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3 \cdot RT}{M}} = 1,7 \sqrt{\frac{RT}{M}}.$$

Molekulaning o'rtacha arifmetik tezligi:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = 1,6 \sqrt{\frac{RT}{M}}.$$

Molekulaning ehtimolliги eng katta bo'lgan tezlik:

$$v_{ex} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = 1,4 \sqrt{\frac{RT}{M}}.$$

Yuqoridagi formulalardan: n - hajm birligidagi molekular soni, k - Bolzman doimiyi, m_0 - bitta molekula massasi, T - absolyut temperatura, R - gazning universal doimiyi, M - molyar massa.

Molekulalarga Er tortish kuchi ta'sir etganligi tufayli balandlik ortgan sari ularning soni (zichligi ham) eksponensial qonun bo'yicha kamayib boradi:

$$n = n_0 \cdot e^{-\frac{m_0 g h}{kT}}.$$

Xuddi shunga o'xshash gaz (atmosfera) bosimi ham kamayadi (barometrik formula):

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{m_0 g h}{kT}}.$$

Moddanning issiqlik sig'imi:

$$C_M = \frac{\Delta Q}{\Delta T}.$$

Bir mol moddanning issiqlik sig'imi:

$$c = \frac{C_M}{v} = \frac{C_M M}{m}$$

bunda $v = m/M$ gazdagi mollar soni.

Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi bilan molyar issiqlik sig'im orasidagi bog'lanish:

$$c = \frac{C}{M}$$

O'zgaras hajmdagi 1 mol gazning issiqlik sig'imi C_v , gazning solishtirma issiqlik sig'imi C_v , molekularning erkinlik darajalari i va molyar gaz doimiyi R bilan quyidagicha bog'langan.

Molyar issiqlik sig'imi $C_v = \frac{i}{2}R$ va solishtirma issiqlik sig'imi

$$c_v = \frac{C_v}{M} = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{M}$$

O'zgaras bosimdagi issiqlik sig'im ifodalari quyidagicha:

$C_p = \frac{i+2}{2} \cdot R$ - molyar issiqlik sig'imi; $C_p = \frac{C_p}{M} = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{M}$ - solishtirma issiqlik sig'imi.

Bosim o'zgarandagi gaz issiqlik sig'imi C_p ni hajm o'zgarandagi issiqlik sig'imi C_v ga nisbati (Puasson koeffitsient i):

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$$

Bu issiqlik sig'imlar ayirmasi Robert - Mayer tenglamasi deyiladi:

$$C_p - C_v = \frac{R}{M}, \quad C_p - C_v = R.$$

MOLEKULAR - KINETIK NAZARIYAGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Haroratlari $T=800K$ bo'lgan geliy ($Ne: M_1=4 \text{ kg/kmol}$), kislorod ($O_2: M_2=32 \text{ kg/kmol}$) va karbonat angidrid ($CO_2: M_3=44 \text{ kg/kmol}$) molekularining o'rtacha kvadratik tezliklari $\langle v_{kv1} \rangle$, $\langle v_{kv2} \rangle$ va $\langle v_{kv3} \rangle$ topilsin.

Gazning universal doimiyi $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{Kmol \cdot K}$.

Berilgan: $T=800K$; $M_1=4 \text{ kg/kmol}$; $M_2=32 \text{ kg/kmol}$;

$M_3=44 \text{ kg/kmol}$; $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{Kmol \cdot K}$

Topish kerak: $\langle v_{kv1} \rangle = ?$ $\langle v_{kv2} \rangle = ?$ $\langle v_{kv3} \rangle = ?$

Echilishi: Gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi:

$$\langle g_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Binobarin,

$$\langle g_{kv_1} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M_1}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol} \cdot \text{K} \cdot 800\text{K}}{4 \text{ kg/kmol}}} = 2,24 \cdot 10^3 \text{ m/s};$$

$$\langle g_{kv_2} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M_2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol} \cdot \text{K} \cdot 800\text{K}}{32 \text{ kg/kmol}}} = 0,79 \cdot 10^3 \text{ m/s};$$

$$\langle g_{kv_3} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M_3}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol} \cdot \text{K} \cdot 800\text{K}}{44 \text{ kg/kmol}}} = 0,67 \cdot 10^3 \text{ m/s}.$$

2-masala. Hozirgi zamon laboratoriyasida diffuzion nasos yordamida $P=1 \text{ pPa}$ bosimli vakuum hosil qilish mumkin. Agar $T=300 \text{ K}$ bo'lsa, shunday vakuumdagi gaz molekularining konsentratsiyasi n_0 topilsin. Bolsman doimiysi $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

Berilgan: $P=1 \text{ pPa}=10^{-12} \text{ Pa}$; $T=300\text{K}$; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

Topish kerak: $n_0=?$

Echilishi: Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi $r=n_0KT$ dan

$$n_0 = \frac{p}{kT} = \frac{10^{-12} \text{ Pa}}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 300\text{K}} = \frac{10^{-12} \text{ N/m}^2}{4,14 \cdot 10^{-21} \text{ N} \cdot \text{m}} = 2,41 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{\text{m}^3} \right).$$

3-masala. Neon va vodород gazlarining ideal gaz deb hisoblab, ular uchun o'zgarmas hajm va o'zgarmas bosim sharoitidagi solishtirma issiqlik sig'imlari C_p va C_v aniqlansin.

Echish. Ideal gazlarning C_r va C_v solishtirma issiqlik sig'imlari

$$C_v = \frac{i R}{2 M}, \quad (1)$$

$$C_p = \frac{i+2 R}{2 M}. \quad (2)$$

formulalar bilan aniqlanar edi. Bu erda i - gaz molekulasining erkinlik darajasi. M - molyar massa. Neon bir atomli gaz bo'lgani uchun $i=3$ bo'lib, $M=20 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

Hisoblashni bajarimiz:

$$C_v = \frac{3}{2} \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} = 6,24 \cdot 10^2 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)};$$

$$C_p = \frac{3+2}{2} \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} \text{ J/(kg K)} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ J/(kg K)}$$

Vod orod ikki atomli gaz bo'lgani uchun $i=5$ bo'lib $M=2 \cdot 10^{-3} \text{ g/mol}$.
Vod orod uchun

$$C_v = \frac{5}{2} \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} \text{ J/(kg K)} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ J/(kg K)}$$

$$C_p = \frac{5+2}{2} \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} \text{ J/(kg K)} = 1,46 \cdot 10^4 \text{ J/(kg K)}$$

ekanligini topamiz.

4-masala. Gaz aralashmasi $w_1=80\%$ neondan va $w_2=20\%$ vod oroddan tashkil topgan bo'lsa, neon va vod orod aralashmasi uchun C_v va C_p topilsin. (C_v va C_p larning qiymatlari 3-masaladan olinsin).

Echish. Aralashmani o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imini quyidagicha topamiz. Aralashmaning haroratini ΔT ga oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori uchun

$$Q = C_v(m_1 + m_2) \Delta T, \quad (1)$$

$$Q = (C_{v1}m_1 + C_{v2}m_2) \Delta T \quad (2)$$

tengliklarni yozish mumkin. Bu erda C_{v1} - neonning solishtirma issiqlik sig'imi, s_{v2} - vod orodning solishtirma issiqlik sig'imi.

(1) va (2) tengliklarni o'ng tomonlarini tenglab ΔT ga bo'lib s_v ni topamiz, ya'ni

$$C_v(m_1 + m_2) = C_{v1}m_1 + C_{v2}m_2.$$

Bundan

$$C_v = C_{v1} \frac{m_1}{m_1 + m_2} + C_{v2} \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

yoki

$$C_v = C_{v1}W_1 + C_{v2}W_2,$$

bu erda $W_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$ va $W_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$,

Xuddi shunday fikr yuritib, aralashmaning o'zgarmas bosimdag i solishtirma issiqlik sig'imi uchun

$$C_p = C_{p1}W_1 + C_{p2}W_2$$

Ifodani hosil qilamiz.

Endi C_v va C_p ni hisoblaymiz:

$$C_v = (6,24 \cdot 10^2 \cdot 0,8 + 1,04 \cdot 10^4 \cdot 0,2) \text{ J/(kg K)} = 2,58 \cdot 10^3 \text{ J/(kg K)} = 2,58 \text{ kJ/(kg K)},$$

$$C_p = (1,04 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 1,46 \cdot 10^4 \cdot 0,2) / (\text{kg} \cdot \text{K}) = 3,75 \cdot 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K}) = 3,75 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K}).$$

MOLEKULAR - KINETIK NAZARIYAGA DOIR MASALALAR

221. Hajmi 2 l va bosimi 0,15 Pa bo'lgan ikki atimli gaz molekularining o'rtacha kinetik energiyasi topilsin.
222. Normal sharoitdagi ikki atimli gazning zichligi $1,43 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Shu gazning o'zgarish hajm va o'zgarish bosimdagi solishtirma issiqlik sig'implari topilsin.
223. 8 g geliy va 16 g kisloroddan iborat bo'lgan gaz aralashmasi uchun issiqlik sig'implari nisbati (C_p/C_v) topilsin.
224. Gaz zichligi $6 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ va molekularining o'rtacha kvadratik tezligi 500 m/s bo'lsa, gaz bosimi topilsin.
225. Temperatura qanday bo'lganda gaz molekulasini ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ga teng bo'ladi?
226. $3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ atm bosim ostidagi 10 l vodorodning ichki energiyasi nimaga teng?
227. Qandaydir gaz bir molining massasi $M = 3 \cdot 10^{-2} \text{ kg/mol}$ va issiqlik sig'implar nisbati $C_p/C_v = 1,4$ bo'lsa, bu gaz uchun hajm va bosim o'zgarish bo'lgandagi solishtirma issiqlik sig'implari aniqlansin.
228. 3 kmol argon va 2 kmol azotdan iborat bo'lgan gaz aralashmasining o'zgarish bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi topilsin.
229. Agar gaz molekularining ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi $2,76 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ bo'lsa gazning haroratini aniqlang.
230. Gaz molekularining $527 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratidagi ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi qanday bo'ladi?
231. Agar harorati $87 \text{ }^\circ\text{C}$ ga teng bo'lgan gazning har bir kub santimetrida $10 \cdot 10^8$ ta molekula bo'lsa uning bosimi qanday?
232. Normal sharoitda gazning 9 m^3 hajmida qancha molekula bo'lishini aniqlang.
233. $\langle v_{\text{kv}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ formulaning o'ng tomoni tezlik birliklarida o'lchanishini isbotlang?
234. Kislorod molekularining 293 K haroratdagi o'rtacha kvadratik tezligini aniqlang. Qanday haroratda bu tezlik 500 m/s ga teng bo'ladi?
235. Geliy molekularining $0,40 \text{ K}$ haroratidagi o'rtacha kvadratik tezligi qanday? Quyosh atmosferasida geliy atomlarining 6000 K haroratidagi o'rtacha kvadratik tezligi nimaga teng?
236. Karbonat angidrid gazining 273 K haroratidagi o'rtacha kvadratik tezligi 360 m/s ga teng. Uning 400 K haroratidagi tezligi qanday?

237. Qanday haroratli geliy molekulari vodorod molekulari 288 K haroratda erishadigan tezlikka ega bo'ladi?
 238. Vodorod molekulasining 288 K da o'rtacha kvadratik tezligi 1900 m/c. Kislorod molekulasining 0 °C dagi o'rtacha kvadratik tezligi qanday?
 239. Suv bug'ining 12 °C haroratidagi o'rtacha kvadrat tezligi qanday?
 240. Kislorod molekulasining o'rtacha kvadratik tezligi 450 m/c bo'lgan jarayondagi haroratni aniqlang.

3. GAZLARDA KO'CHISH HODISALARI

Vaqt birligida gaz molekularining o'rtacha to'q nashishlar soni

$$\langle z \rangle = 4\sqrt{2}\pi^2 n \langle \vartheta \rangle = \sqrt{2}\pi\sigma^2 n \langle \vartheta \rangle,$$

bunda r - molekulaning effektiv radiusi, σ - uning effektiv diametri, n - hajm birligidagi molekular soni, $\langle \vartheta \rangle$ - molekulaning o'rtacha arifmetik tezligi.

Molekular erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{\langle v \rangle}{\langle z \rangle} = \frac{1}{4\sqrt{2}\pi^2 n} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n}$$

yoki $n = r/kT$ bo'lgani uchun:

Bunda k - Bolsman doimiyi, T - absolyut temperatura.

Fikqonuniga asosan diffuziya paytida ko'chirilgan gaz massasi:

$$\Delta m = -D \left(\frac{\Delta \rho}{\Delta x} \right) \Delta S \Delta \tau,$$

Bunda $\Delta \rho / \Delta x$ - gaz zichligining gradienti, ΔS - gazning diffuziyalanuvchi yuzi, $\Delta \tau$ - diffuziya vaqti, D - diffuziya koeffitsienti bo'lib, u o'rtacha arifmetik tezligi $\langle \vartheta \rangle$ va erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle \lambda \rangle$ bilan quyidagicha bog'langan:

$$D = \frac{1}{3} \langle \vartheta \rangle \langle \lambda \rangle.$$

Gazlarning ichki qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchi:

$$F = -\eta \left(\frac{\Delta u}{\Delta x} \right) \Delta S,$$

bunda $\Delta u / \Delta x$ - tezlik gradienti, ΔS - ishqalanuvchi qatlamlarning yuzi, η - ishqalanish koeffitsienti bo'lib, u gaz zichligi ρ molekulaning o'rtacha arifmetik tezligi $\langle \vartheta \rangle$ va erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle \lambda \rangle$ bilan quyidagicha bog'langan:

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \langle \vartheta \rangle \langle \lambda \rangle.$$

Biror ΔS yuzadan $\Delta \tau$ vaqt oralig'ida o'tgan issiqlik miqdori:

$$\Delta Q = -\chi \left(\frac{\Delta T}{\Delta x} \right) \Delta S \Delta \tau.$$

bunda $\Delta T / \Delta x$ - temperatura gradienti, χ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti bo'lib, u gaz zichligi, o'rtacha arifmetik tezlik, erkin yugurish

yo'lining o'rtacha uzunligi va gazning hajm o'zgarmas bo'lganligi solishtirma issiqlik sig'imi bilan quyidagicha bog'langan:

$$\chi = \frac{1}{3} \rho < \mathcal{G} > < \lambda > c_v.$$

$\rho c_v = \frac{1}{2} kn$ ekanini isbot etish oson. Shuning uchun bu formulani quyidagicha ham yozish mumkin:

$$\chi = \frac{1}{6} kn < \mathcal{G} > < \lambda >.$$

Bunda k - Bolsman doimiysi, n - hajm birligidagi molekular soni.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti bilan ishqalanish koeffitsienti orasidagi bog'lanish:

$$\chi = \eta c_v.$$

Bu koeffitsientlar orasidagi aniqroq bog'lanish:

$$\chi = \frac{9\gamma - 5}{4} \eta c_v$$

bunda $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

GAZLARDA KO'CHISH HODISALARIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Agar gazning temperaturasi 17°C bo'lsa, $P=666,6$ Pa bosimda 1 sm^3 dagi kislorod molekularining 1 s dagi o'zaro to'qnashishlari sonini toping. Kislorod molekulasining effektiv diametri $\sigma = 2,9 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ sm}$).

Berilgan:

$V = 1 \text{ sm}^3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$; $M = 32 \text{ g/mol} = 0,032 \text{ kg/mol}$; $\tau = 1 \text{ s}$; $P=666,6 \text{ Pa}$;
 $t = 17^\circ\text{C}$, $T = 290\text{K}$; $\sigma = 2,9 \text{ \AA} = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ sm} = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Topish kerak: $z_0 - ?$

Echish: Aytaylik $\langle z \rangle$ - gazning bitta molekulasining 1 sekunddagi to'qnashishlar soni bo'lsin:

$$\langle z \rangle = \frac{\langle \mathcal{G} \rangle}{\langle \lambda \rangle},$$

bu erda $\langle \mathcal{G} \rangle$ - o'rtacha tezlik, $\langle \lambda \rangle$ - erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi (molekulaning ikkita ketma-ket urilish orasida o'tgan yo'li). 1 sm^3 hajmda 1 s davomida bo'ladigan barcha to'qnashishlar soni

$$z_0 = \frac{\langle z \rangle \cdot n_0}{2},$$

$$z_0 = \frac{\langle \vartheta \rangle n_0}{2 \langle \lambda \rangle}$$

Maxrajdag i 2 son har bir t o'q nashishda ikkita a molekula qat nashishidan kelib chiqadi. $\langle \vartheta \rangle$, $\langle \lambda \rangle$, n_0 - lar ning qiymatlarini quyidagi formulalardan topamiz:

$$\langle \vartheta \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}; \quad \langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 n_0}}; \quad n_0 = \frac{p}{kT}$$

Bu vaqtda:

$$z_0 = \frac{\langle \vartheta \rangle n_0}{2 \langle \lambda \rangle} = \frac{\sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \cdot \frac{p}{kT}}{\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 n_0}}} = 2 \sqrt{\frac{\pi RT}{M} \left(\frac{\sigma p}{kT} \right)^2}$$

Berilgan qiymatlar ni quyidagi formulaga q o'yamiz:

$$z_0 = 2 \sqrt{\frac{\pi \cdot 8,31 \cdot 290}{32 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{2,9 \cdot 10^{-10} \cdot 666,6 \cdot 10^5}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290} \right)^2} \approx 2,27 \cdot 10^{38}$$

2-masala. Agar normal sharoitda ichki ishqalanish koeffitsienti $\eta = 8,6 \cdot 10^{-5}$ puaz bo'lsa, shu sharoitda vod orod molekularining o'rtacha erkin yugurish yo'lini aniq lang. Keltirilgan qiymatlarga asosan vod orod molekulasining effektiv diametrini hisob lang.

Berilgan:

$\eta = 8,6 \cdot 10^{-5}$ puaz, $M = 2 \text{ g/mol} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $T = 273 \text{ K}$.

Topish kerak: $\langle \lambda \rangle$ - ? σ - ?

Echish: Gazlar ning ichki ishqalanish koeffitsienti:

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \langle \vartheta \rangle \langle \lambda \rangle,$$

bu erda ρ - zichlik, $\langle \vartheta \rangle$ - o'rtacha tezlik, $\langle \lambda \rangle$ - o'rtacha erkin yugurish yo'li.

Bundan
$$\langle \lambda \rangle = \frac{3\eta}{\rho \langle \vartheta \rangle}$$

Normal sharoitda zichlik ρ ni aniqlash uchun bir mol gaz massasi $M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ni normal sharoitda bir mol gaz egallagan hajm $V_{0M} = 0,0224 \text{ m}^3$ ga bo'lamiz, ya'ni

$$\rho = \frac{M}{V_{0M}} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,0224} = 8,93 \cdot 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Molekularning o'rtacha tezligi quyidagi formuladan topamiz:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 8,31 \cdot 273}{\pi \cdot 2 \cdot 10^{-3}}} \approx 1,7 \cdot 10^3 \text{ m/s.}$$

Bu vaqtda:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{3 \cdot \eta}{\rho \langle v \rangle} = \frac{3 \cdot 8,6 \cdot 10^{-5}}{8,93 \cdot 10^{-2} \cdot 1,7 \cdot 10^3} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

O'rtacha yugurish yo'lini bilgach, molekularning effektiv diametrini hisoblash mumkin. Haqiqatdan ham:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 n_0}},$$

bundan

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{2\pi} \langle \lambda \rangle n_0}}.$$

Normal sharoitda $n_0 = 2,69 \cdot 10^{25} \text{ (l/m}^3\text{)}$, shuning uchun

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{2\pi} \cdot 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot 2,69 \cdot 10^{25}}} \approx 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

3-masala. Har birining yuzi $s = 100 \text{ sm}^2$ bo'lgan ikkita plastinka azot atmosferasida bir-biridan $\Delta x = 2 \text{ mm}$ uzoqlikda joylashtirilgan. Birinchi plastinkaning temperaturasi $t_1 = 0^\circ\text{C}$, ikkinchisini $t_2 = 14^\circ\text{C}$ bo'lib, bu temperaturalar doimiy saqlanadi. Gazning issiqlik o'tkazishi natijasida plastinkalar orasidan $\tau = 1$ soatda $\Delta Q = 3268 \text{ J}$ issiqlik miqdori o'tadi. Azot molekulasining o'lchamlarini aniqlang.

Berilgan. $T_1 = 273 \text{ K}$; $T_2 = 287 \text{ K}$; $\Delta Q = 3268 \text{ J}$; $\tau = 1 \text{ soat} = 3600 \text{ s}$;
 $S = 100 \text{ sm}^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$; $\Delta x = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$;
 $i = 5$.

Topish kerak: $\sigma = ?$

Echish: Issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini yozamiz:

$$\Delta Q = -\chi \left(\frac{\Delta T}{\Delta x} \right) \Delta S \Delta \tau,$$

bundan

$$\chi = \frac{\Delta Q \Delta x}{(T_2 - T_1) S \tau} = \frac{3268 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{14 \cdot 10^{-4} \cdot 3600} = 1,3 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{m} \cdot \text{s}}.$$

Ikkinchi tomondan, molekulyar-kinetik nazariyaga asosan gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti

$$\chi = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot \langle \vartheta \rangle \cdot \langle \lambda \rangle \cdot c_v$$

formuladan aniqlanadi.

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 n_0}}$$

bo'lgani uchun

$$\chi = \frac{\rho \langle \vartheta \rangle \cdot c_v}{3\sqrt{2\pi\sigma^2 n_0}}$$

hosil qilingan ifodani o'zgartiramiz: $i=5$; $R=8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$ bo'lgani uchun o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi:

$$C_v = \frac{C_v}{M} = \frac{i R}{2 M} = \frac{5 \cdot 8,31}{M \cdot 2} = \frac{20,77 \text{ J}}{M \text{ kg} \cdot K} \approx \frac{21 \text{ J}}{M \text{ kg} \cdot K}$$

bo'ladi.

Ko'rinib turibdiki, $\frac{\rho}{n_0}$ bitta molekulaning massasi, ikkinchi tomondan, molekula massasi $\frac{M}{N_A}$ ga teng (bu erda N_A - Avogadro soni). Shuning uchun

$\frac{\rho}{n_0} = \frac{M}{N_A}$; M va N_A gaz holatiga bog'liq bo'lmagan doimiy kattaliklar bo'lgani uchun bunday o'rin almashtirish qulay. Bu vaqtda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti uchun

$$\chi = \frac{21 \langle \vartheta \rangle}{3\sqrt{2\pi\sigma^2 N_A}}$$

formula hosil bo'ladi. bundan

$$\sigma^2 = \frac{21 \langle \vartheta \rangle}{3\sqrt{2\pi N_A \chi}}$$

Oxirgi formulada faqat o'rtacha tezlik $\langle \vartheta \rangle$ noma'lum:

$\langle \vartheta \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$; gazning temperaturasi t uchun t_1 va t_2 lar orasidagi o'rtacha

arifmetik qiymat, ya'ni $t = \frac{t_1 + t_2}{2} = 7^\circ \text{C}$ yoki $T = 280 \text{ K}$ ni qabul qilamiz. Bu

vaqtda o'rtacha tezlik uchun $\langle \vartheta \rangle = \sqrt{\frac{8 \cdot 8,31 \cdot 280}{\pi \cdot 28 \cdot 10^{-3}}} \approx 4,6 \cdot 10^2 \text{ m/s}$ qiymatni

topamiz. Demak, molekula effektiv diametrining kvadrati:

$$\sigma^2 = \frac{21 \cdot 9}{3\sqrt{2\pi N\chi}} = \frac{21 \cdot 4,6 \cdot 10^2}{3\sqrt{2\pi} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,3} = 0,094 \cdot 10^{-20} \text{m}.$$

ekan.

Hisob lasak: $\sigma = 0,31 \cdot 10^{-10} \text{m}^2.$

GAZLARDA KO'CHISH HODISALARIGA DOIR MASALALAR

241. Hajmi 100 cm^3 bo'lgan kolbada $0,5 \text{ g}$ azot gazi bor. Agar azot molekulasining effektiv diametri $3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ bo'lsa, molekula erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi topilsin.
242. Kislorodning diffuziya va ichki ishqalanish koeffitsientlari mos ravishda $D=1,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ va $\eta=1,95 \cdot 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m s})$ ga teng. Shunday sharoitda kislorod gazining zichligi, molekularning erkin yugurish yo'li o'rtacha uzunligi va o'rtacha arifmetik tezligi topilsin. Kislorod molekulasining effektiv diametri $\sigma=3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
243. Temperaturasi 0°C bo'lgan kislorod gazining ichki ishqalanish koeffitsienti $10,6 \cdot 10^{-6} \text{ N s}/\text{m}^2$ ga teng bo'lsa, kislorod molekulasining effektiv diametri aniqlansin.
244. Kislorodning ichki ishqalanish koeffitsienti azot gazinikidan necha marta katta? Gazlar ning temperaturalari bir xil deb olinsin.
245. Bosimi $0,001 \text{ mm sim. ust. va temperaturasi } -173^\circ\text{C}$ bo'lgan vodород gazi molekulasini erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi topilsin. Vodород molekulasining effektiv diametri $2,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
246. Vodород gazi uchun diffuziya koeffitsienti $1,42 \text{ sm}^2/\text{s}$ va ichki ishqalanish koeffitsienti $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ N s}/\text{m}^2$ ga teng. 1 m^3 hajmdagi vodород molekularining soni aniqlansin.
247. Normal sharoitdagi vodород gazining diffuziya koeffitsienti $0,91 \text{ sm}^2/\text{s}$. Vodородning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti topilsin.
248. Normal sharoitdagi havo molekulasining erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi topilsin. Havo molekulasining effektiv diametri $3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ ga teng.
249. Zichligi $\rho=2,1 \cdot 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3$ bo'lgan geliy gazining atomlari qanday o'rtacha erkin yugurish yo'liga ega bo'lad?
250. Normal sharoitdagi geliy gazining diffuziya koeffitsientini aniqlang.
251. Normal sharoitdagi azot gazining diffuziya koeffitsienti $1,42 \cdot 10^{-6} \text{ sm}^2/\text{s}$ ga teng bo'lsa, uning shu sharoitdagi ichki ishqalanish koeffitsienti qanday bo'lad?
252. Oralardagi o'rtacha masofa 4 nm bo'lsa, geliy molekularining o'rtacha erkin yugurish yo'li uzunligini toping.
253. Agar molekularining o'rtacha erkin yugurish yo'li uzunligi $1,0 \text{ sm}$ bo'lsa, siyraklashtirilgan kislorodning zichligi qancha?
254. 100°C harorat va $13,3 \text{ Pa}$ bosimda vodород molekularining ikkita ketma-ket to'qnashishlari orasidagi vaqtning o'rtacha qiymati qanday bo'lad?
255. Normal sharoitda karbonat anhidrid molekulari $1,0 \text{ s}$ ichida necha marta to'qnashishad?
256. $1,0 \text{ dm}^3$ sig'imli idishda $0,20 \text{ MPa}$ bosimda 7°C haroratli azot bor idishdagi azot molekularining $1,0 \text{ s}$ dagi to'qnashishlari sonini toping.

257. Geliy molekularining normal sharoitdagi o'rtacha erkin yugurish yo'li uzunligi 0,23 mkm. Geliyning mazkur sharoitdagi diffuziya koeffitsientini aniqlang.

258. Geliyning muayyan sharoitdagi diffuziya koeffitsienti 92 mm²/s bo'lsa, shu sharoitda vodородning diffuziya koeffitsienti qanday bo'lad?

259. Karbonat angidrid gazining normal sharoitdagi diffuziya koeffitsienti 10 mm²/s ga teng. Shu sharoitdagi karbonat angidridning dinamik qovushoqligini toping.

260. Xlorning dinamik qovushoqligi 12,9 mkPa·s bo'lsa, uning shu sharoitdagi issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlang.

4. TERMODINAMIKA

Termodinamikaning birinchi qonuni:

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

bunda Q - sistemaga berilgan issiqlik miqdori, ΔU - sistema ichki energiyasining o'zgarishi, A - sistema tomonidan bajarilgan ish.

Gazning hajmi o'zgaranda u bajarilgan ish:

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

Bunda V_1 va V_2 - gazning boshlang'ich va oxirgi hajmlari.

Izoxorik protsessda $V = \text{const}$, $A = 0$ bo'lib, $Q = \Delta U$. Sistema ichki energiyasining o'zgarishi:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \Delta T, \quad \Delta U = c_v m \Delta T,$$

shuning uchun issiqlik miqdori:

$$\Delta Q = c_v m \Delta T.$$

Bunda m - gaz massasi, c_v - hajm o'zgarimas bo'lgandagi gazning solishtirma issiqlik sig'imi, ΔT - gaz temperaturasining o'zgarishi, i - molekulaning erkinlik darajasi, M - molyar massa.

Izobarik protsessda ($p = \text{const}$) bajarilgan ish:

$$A = p \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T.$$

Ichki energiya o'zgarishi $\Delta U = c_v m \Delta T$ bo'lgani uchun, gazga berilgan issiqlik miqdori:

$$Q = \Delta U + A = c_v m \Delta T + \frac{m}{M} R \Delta T = c_p m \Delta T,$$

bunda c_p - o'zgarimas bosimdagi gazning solishtirma issiqlik sig'imi.

Izotermik protsessda ($T = \text{const}$) bajarilgan ish:

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = p_2 V_2 \ln \frac{P_1}{P_2}.$$

Ichki energiya o'zgarishi $\Delta U = 0$, chunki $\Delta T = 0$. Izotermik protsessda sistemaga berilgan issiqlik miqdori to'la ishga aylanadi:

$$A = Q = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2}.$$

Adiabatik protsessda sistema tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydi: $Q = 0$. Ichki energiya o'zgarishi esa:

$$\Delta U = -A = c_v m \Delta T.$$

Adiabatik protsessda sistemaning ichki energiyasi kamayishi hisobiga ish bajaradi:

$$A = c_v m (T_1 - T_2); \quad A = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right],$$

bunda T_1 - bosqlang'ich temperatura, $\gamma = c_p / c_v$ - adiabata ko'rsatkichi. Adiabatik protsess uchun Puassontenglamalari:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}.$$

Issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsientini:

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

bunda Q_1 - isitgichdan olingan va Q_2 - sovitgichga berilgan issiqlik miqdorlari. Ideal issiqlik mashinasi, ya'ni Karno siklining FIK:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

bunda T_1 - isitgichning va T_2 - sovitgichning termodynamik temperaturalari. Sistema entropiyasining o'zgarishi:

$$\Delta S \geq \int \frac{dQ}{T}.$$

Erish protsessida entropiya o'zgarishi (bosim o'zgarimandagi):

$$\Delta S = \frac{1}{T} \int dQ = \frac{\lambda m}{T},$$

bunda λ - moddaning solishtirma erish issiqligi, m - erigan modda massasi. Isitishda entropiya o'zgarishi:

$$\Delta S = cm \ln \frac{T_2}{T_1} ,$$

s - moddning solishtirma issiqlik sig'imi.

Bug'lanishdagi entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \frac{rm}{T} ,$$

r - solishtirma bug'lanish issiqligi.

Izotermik protsessda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} R \ln \frac{p_2}{p_1} .$$

Adiabatik protsess uchun $\Delta Q = 0$ bo'lib, bu protsessda sistema entropiyasi o'zgararmaydi: $\Delta S = 0$.

Izoxorik protsessda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_v m dT}{T} = c_v m \ln \frac{T_2}{T_1} .$$

Izobarik protsess $Q = \Delta U + A$ yoki $dQ = rdV + c_v m dT$, lekin Mendeleev - Klapeyron tenglamasidan:

$$R = m/M \cdot (RT/V) .$$

Demak, izobarik protsessda entropiya o'zgarishi:

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{M} \frac{RdV}{V} + c_v m \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} = c_v m \ln \frac{T_2}{T_1} .$$

TERMODINAMIKAGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. $m_2=200$ g massali jez kalorimetrda $t_1=12^\circ\text{C}$ haroratli $m_1=150$ g massali suv bor. Agar suvga $t_2=100^\circ\text{C}$ gacha isitilgan $m_3=250$ g massali temir tushirilsa, kalorimetrda qarortopadigan θ harorat topilsin.

$s_1=4,18$ kJ/kg grad; $c_2=0,386 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$; $c_3=0,46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$ - mos ravishda suv, jez va temirning solishtirma issiqlik sig'imlari.

Berilgan: $m_1=0,15$ kg; $m_2=0,2$ kg; $m_3=0,25$ kg; $t_1=12^\circ\text{C}$; $t_2=100^\circ\text{C}$;
 $C_1=4180$ J/kg grad; $C_2=386$ J/kg grad; $C_3=460$ J/kg grad.

Topish kerak: $\theta = ?$

Echish: Suvli kalorimetrni θ haroratgacha isitish uchun $Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1)$ va $Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1)$ issiqlik miqdori sarf bo'ladi. Xuddi shu paytda kalorimetrga tushirilgan temir bo'lagidan esa $Q_3 = c_3 m_3 (t_2 - \theta)$ issiqlik miqdori chiqadi.

Energiyani saqlanish qonuniga binoan issiqlik balansi tenglamasini tuzamiz:

$$c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1) = c_3 m_3 (t_2 - \theta).$$

Bundan izlanayotgan θ ni topish mumkin:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_1 + c_3 m_3 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2 + c_3 m_3} = \\ &= \frac{4180 \text{ J/kg} \cdot \text{grad} \cdot 0,15 \text{ kg} \cdot 12^\circ \text{C} + 460 \text{ J/kg} \cdot \text{grad} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot 100^\circ \text{C} + 386 \text{ J/kg} \cdot \text{grad} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot 12^\circ \text{C}}{4180 \text{ J/kg} \cdot \text{grad} \cdot 0,15 \text{ kg} + 386 \text{ J/kg} \cdot \text{grad} \cdot 0,2 \text{ kg} + 460 \text{ J/kg} \cdot \text{grad} \cdot 0,25 \text{ kg}} = \\ &= 24^\circ \text{C}. \end{aligned}$$

2-masala. Massasi $m_2 = 0,2$ kg bo'lgan jez kalorimetrga $t_1 = 17^\circ \text{C}$ haroratli $m_1 = 0,4$ kg suv quyib, unga $t_2 = 85^\circ \text{C}$ haroratgacha qizdirilgan $m_3 = 0,6$ kg kumush tushirilgan suv $\theta = 22^\circ \text{C}$ haroratgacha isigan. Kumushning solishtirma issiqlik sig'imi c_3 topilsin. $s_1 = 4180$ J/kg grad, $s_2 = 386$ J/kg grad suv va jezning solishtirma issiqlik sig'imlari.

Berilgan: $m_1 = 0,4$ kg; $m_2 = 0,2$ kg; $m_3 = 0,6$ kg; $t_1 = 17^\circ \text{C}$, $t_2 = 85^\circ \text{C}$; $\theta = 22^\circ \text{C}$;
 $c_1 = 4180$ J/kg grad, $s_2 = 386$ J/kg grad.

Topish kerak: $c_3 = ?$

Echish: Suvli kalorimetrni θ haroratgacha isitish uchun $Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1)$ va $Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1)$ issiqlik miqdori sarf bo'ladi. Kalorimetrga tushirilgan kumush esa θ haroratgacha sovib, $Q_3 = c_3 m_3 (t_2 - \theta)$ issiqlik miqdori chiqaradi.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan, issiqlik balansi tenglamasini tuzamiz:

$$c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1) = c_3 m_3 (t_2 - \theta).$$

Bundan izlanayotgan kumushning s_3 solishtirma issiqlik sig'imi:

$$\begin{aligned} c_3 &= \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1)}{m_3 (t_2 - \theta)} = \frac{\left(4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grad}} \cdot 0,4 \text{ kg} + 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grad}} \cdot 0,2 \text{ kg} \right) (22^\circ \text{C} - 17^\circ \text{C})}{0,6 \text{ kg} (85^\circ \text{C} - 22^\circ \text{C})} = \\ &= \frac{8746 \text{ J}}{37,8 \text{ kg} \cdot \text{grad}} = 231 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}. \end{aligned}$$

3-masala. Massasi $m = 2$ kg bo'lgan kislorod $V_1 = 1 \text{ m}^3$ hajmini egallaydi, bosimi esa $r_1 = 0,2$ MPa. Gaz avval o'zgarimas bosim ostida hajmi $V_2 = 3 \text{ m}^3$ bo'lguncha, keyin hajmini o'zgartirmasdan bosimi $P_3 = 0,5$ MPa bo'lguncha qizdirilgan.

Gazning ichki energiyasi o'zgarishi, gaz bajargan ish A va gazga berilgan issiqlik miqdori Q topilsin.

Berilgan: $m=2\text{ kg}$; $V_1=1\text{ m}^3$; $V_2=3\text{ m}^3$; $P_1=0,2\text{ MPa}=2\cdot 10^5\text{ Pa}$;
 $P_3=0,5\text{ MPa}=5\cdot 10^5\text{ Pa}$.

Topish kerak: $\Delta U=?$ $A=?$ $Q=?$

Echish: Gazni ichki energiyasini o'zgarishi

$$\Delta U = C_v m \Delta T = i/2 \cdot (R/M) \cdot m \Delta T \quad (1)$$

formula bilan aniqlanar edi. Bu erda $i=5$ bo'lib, u ikki atomli gaz-kislorod molekulasining erkinlik darajasi soni. $\Delta T = T_3 - T_1$ - gazning oxirgi va boshlang'ich holatlaridagi haroratlar farqi.

Gazning boshlang'ich va oxirgi haroratlarini Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan topamiz, ya'ni

$$PV = m/(M) \cdot RT, \quad \text{bundan} \quad T = PVm/(mR). \quad (2)$$

O'zgarish bosimda gaz kengaygan va bajargan ishi

$$A_1 = m_1/(M) R \Delta T \quad (3)$$

formula bilan ifodalanar edi.

O'zgarish hajmda qizdirgan va gazning bajargan ishi $A_2=0$ bo'lgani uchun gaz bajargan to'liq ish:

$$A = A_1 + A_2 = A_1.$$

Termodinamikaning birinchi qonuniga asosan gazga berilgan issiqlik miqdori ichki energiya o'zgarishi ΔU bilan bajarilgan A ishning yig'indisiga teng:

$$Q = \Delta U + A. \quad (4)$$

Kislorod uchun $M=32 \cdot 10^{-3}$ kg/mol ekanligini hisobga olib, r_1, V_1 va V_2, r_3 larni bilgan holda (2) formula bilan T_1, T_2, T_3 haroratlarini hisoblaymiz:

$$T_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 385\text{ K},$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 1155\text{ K},$$

$$T_3 = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 2887\text{ K}.$$

(3), (1) va (4) formulalar bilan gaz bajargan ishni, uning ichki energiyasi o'zgarishini va gaz olgan issiqlik miqdorini topamiz:

$$A_1 = \frac{8,31 \cdot 2 \cdot (1155 - 385)}{32 \cdot 10^{-3}} \text{ J} = 0,400 \cdot 10^6 \text{ J},$$

$$A = A_1 = 0,4 \text{ MJ}.$$

$$\Delta U = \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot (2887 - 385)}{32 \cdot 10^{-3}} \text{ J} = 3,24 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,24 \text{ MJ}.$$

$$Q = (3,24 + 0,4) \text{ MJ} = 3,64 \text{ MJ}.$$

4-masala. Issiqlik mashinasi teskari Karno sikli bilan ishlaydi. Isitkichning harorati $T=500$ K. Siklning FIK va sovitkichning T_2 haroratini toping. Isitkichning olingan har bir kilojoul issiqlik hisobiga mashina $A = 350$ J ish bermoqda.

Berilgan: $T=500$ K; $A = 350$ J.

Topish kerak: $\eta=?$ $T_2=?$

Echish: Issiqlik mashinasi FIK isitkichdan olingan issiqlik miqdorini qancha qismi mexanik ishga aylanayotganini ko'rsatadi. FIK formulasi $\eta=A/Q$, bo'lib, bu erda Q - isitkichdan olingan issiqlik miqdori, A - issiqlik mashinasining ishchi qismini bajargan ishi. Siklning FIK ni bilgan holda

$$\eta=(T_1-T_2)/T_1$$

formuladan sovitkichning T_2 haroratini aniqlanadi:

$$T_2 = T_1(1 - \eta).$$

Hisoblashni bajaraylik:

$$\eta = \frac{350}{100} = 0,35, \quad T_2 = 500(1 - 0,35) \text{ K} = 325 \text{ K}.$$

TERMODINAMIKAGA DOIR MASALALAR

261. Bosimi 10^5 Pa bo'lgan havo $10 \cdot 10^5$ Pa gacha adiabatik siqilgan. Agar siqilgan havo hajmi o'zgartirilmay, dastlabki temperaturagacha sovitilsa, uning bosimi qanday bo'ladi?

262. Bosimi 10^5 Pa, hajmi 10ℓ bo'lgan vodorod gazini 1ℓ hajmgacha adiabatik siqish uchun sarf bo'lgan ish topilsin.

263. 6 g vodorodning $1 \cdot 10^5$ Pa bosimdan $0,5 \cdot 10^5$ Pa bosimgacha izotermik kengayishida entropiya o'zgarishi topilsin.

264. Temperaturasi 7°C va massasi $2,8$ kg bo'lgan karbonat angidridi (SO_2) ning hajmi izotermik siqish natijasida 4 marta kamaygan. Gazning siqish ishi topilsin.

265. Massasi 12 kg, temperaturasi 362K bo'lgan azot adiabatik kengayganda 480J ish bajarilgan bo'lsa, uning oxirgi temperaturasi topilsin. Gazning issiqlik sig'imi o'zgarimas deb olinsin.

266. Karno siklida isitgichdan olingan issiqlik 42 kJ bo'lib, isitgichning absolyut temperaturasi sovtgichnikiga nisbatan 3 marta katta bo'lsa, gaz bajargan ish topilsin.

267. 10g kislorodni 17°C dan 400 K gacha izobarik isitganda entropiya qanday o'zgaradi?

268. Erib turgan 640 g qo'rg'oshinni 0°C dagi muz ichiga tushirilgan. Bu protsessda entropiya o'zgarishi topilsin.

269. Ma'lum bir gazning o'zgarimas bosimdagi va o'zgarimas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imlarining ayirmasi 260 J/(kg·K) ga teng. Mazkur gazning molyar massasini aniqlang.

270. Ma'lum bir gazning normal sharoitdagi zichligi $\rho=1,25 \text{ kg/m}^3$ ga, solishtirma issiqlik sig'implari nisbati esa 1,4 ga teng. Gazning C_p va C_v solishtirma issiqlik sig'implarini aniqlang.

271. 4,0 g vodorod va 22,0 g karbonat angidrididan iborat gaz aralashmasi uchun γ -ni aniqlang.

272. Gazni o'zgarmas bosimda 25Kga isitish uchun 500J issiqlik sarflanib, shu gazni o'zgarmas hajmda 75 K ga sovitishda 1,07 kJ issiqlik ajralgan bo'lsa, gazning molyar issiqlik sig'implari nisbatini aniqlang.

273. 7°C haroratda 0,10 mPa bosim ostida bo'lgan ko'p atomli gaz 40K ga izobarik isitilganda 8,0 dm³ hajm ni egallagan. Gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

274. Massasi 64 g bo'lgan kislorodni o'zgarmas bosimda 20 K ga isitilgan. Gaz bajargan ishni toping.

275. Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasidagi isitgichning harorati 227°Cga, sovitgichning harorati esa 127°C ga teng. Mashinaning FIK 3 marta ortishi uchun isitgichning haroratini necha marta ko'tarish kerak?

276. Agar siqilmaydigan uch atomli gaz adiabatik ravishda kengayganda hajmi 6 dm³ dan 7 dm³ gacha o'zgaragan bo'lsa, u bajaradigan Karno siklining FIK ni toping.

277. Ikki atomli gaz Karno siklini bajarayotgan. Agar bu gazning har bir mol miqdorini adiabatik siqilganda 2 J ish bajarilsa, siklning FIK ni toping. Isitgich harorati 127°C.

278. FIK 25% bo'lgan Karno siklini bajarayotgan gaz izotermik kengayishda 240 J ish bajargan. Gaz izotermik siqilishda qanday ish bajaradi?

279. Hajmini o'zgartirmay turib entropiyasini 1,31 kJ/K ga kamaytirish uchun harorati 227°C bo'lgan 4,0 kg kislorodni qanday haroratgacha isitish kerak?

280. Massasi 1,0 kg bo'lgan karbonat angidrid gazi 40°C haroratdagi 0,20 MPa bosimdan 253°C haroratdagi 4,5 MPa bosimgacha siqilganda uning entropiyasi qancha ortishini toping.

4. TERMODINAMIKA

Termodinamikaning birinchi qonuni:

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

bunda Q - sistemaga berilgan issiqlik miqdori, ΔU - sistema ichki energiyasining o'zgarishi, A - sistema tomonidan bajarilgan ish.

Gazning hajmi o'zgariganda u bajaragan ish:

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

Bunda V_1 va V_2 - gazning boshlang'ich va oxirgi hajmlari.

Izoxorik protsessda $V = \text{const}$, $A = 0$ bo'lib, $Q = \Delta U$. Sistema ichki energiyasining o'zgarishi:

$$\Delta U = \frac{i}{2} m R \Delta T,$$

$$\Delta U = c_v m \Delta T,$$

shuning uchun issiqlik miqdori:

$$\Delta Q = c_v m \Delta T.$$

Bunda m – gaz massasi, c_v – hajm o'zgarmas bo'lgan dagi gazning solishtirma issiqlik sig'imi, ΔT – gaz temperaturasining o'zgarishi, i – molekulaning erkinlik darajasi, M – molyar massa.

Izobarik protsessda ($r = \text{const}$) bajarilgan ish:

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T.$$

Ichki energiya o'zgarishi $\Delta U = c_v m\Delta T$ bo'lgani uchun, gazga berilgan issiqlik miqdori:

$$Q = \Delta U + A = c_v m\Delta T + \frac{m}{M} R\Delta T = c_p m\Delta T,$$

bunda C_p – o'zgarmas bosimdagi gazning solishtirma issiqlik sig'imi.

Izotermik protsessda ($T = \text{const}$) bajarilgan ish:

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = p_2 V_2 \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

Ichki energiya o'zgarishi $\Delta U = 0$, chunki $\Delta T = 0$. Izotermik protsessda sistemaga berilgan issiqlik miqdori to'la ishga aylanadi:

$$A = Q = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

Adiabatik protsessda sistema tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydi: $Q = 0$.

Ichki energiya o'zgarishi esa:

$$\Delta U = -A = c_v m\Delta T.$$

Adiabatik protsessda sistemaning ichki energiyasi kamayishi hisobiga ish bajaradi:

$$A = c_v m(T_1 - T_2); \quad A = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right],$$

bunda T_1 – boshlang'ich temperatura, $\gamma = c_p / c_v$ – adiabat ko'rsatkichi.

Adiabatik protsess uchun Puassontenglamalari:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}.$$

Issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsienti:

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

bunda Q_1 – isitgichdan olingan va Q_2 – sovitgichga berilgan issiqlik miqdorlari. Ideal issiqlik mashinasi, ya'ni Karno siklining FIK:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

bunda T_1 – isitgichning va T_2 – sovitgichning termodynamik temperaturalari.

Sistema entropiyasining o'zgarishi:

$$\Delta S \geq \int \frac{dQ}{T}.$$

Erish protsessida entropiya o'zgarishi (boshim o'zgarmanda):

$$\Delta S = \frac{1}{T} \int dQ = \frac{\lambda m}{T},$$

bunda λ – moddaning solishtirma erish issiqligi, m – erigan modda massasi.

Isitishda entropiya o'zgarishi:

$$\Delta S = cm \ln \frac{T_2}{T_1},$$

s – moddaning solishtirma issiqlik sig'imi.

Bug'lanishda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \frac{rm}{T},$$

r – solishtirma bug'lanish issiqligi.

Izotermik protsessda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} R \ln \frac{p_2}{p_1},$$

Adiabatik protsess uchun $\Delta Q = 0$ bo'lib, bu protsessda sistema entropiyasi o'zgar olmaydi: $\Delta S = 0$.

Izoxorik protsessda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_v m dT}{T} = c_v m \ln \frac{T_2}{T_1}.$$

Izobarik protsess $Q = \Delta U + A$ yoki $dQ = rdV + c_v m dT$, lekin Mendeleev – Klapeyron tenglamasidan:

$$R = m/M (RT/V).$$

Demak, izobarik protsessda entropiya o'zgarishi:

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{M} \frac{RdV}{V} + c_v m \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} + c_v m \ln \frac{T_2}{T_1}.$$

TERMODINAMIKAGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. $m_2=200$ g massali jez kalorimetrda $t_1=12^\circ\text{C}$ haroratli $m_1=150$ g massali suv bor. Agar suvga $t_2=100^\circ\text{C}$ gacha isitilgan $m_3=250$ g massali temir tushirilsa, kalorimetrda qaror topadigan θ harorat topilsin. $s_1=4,18$ kJ/kg grad; $c_2=0,386 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{grad}}$; $c_1=0,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{grad}}$ - mos ravishda suv, jez va temirning solishtirma issiqlik sig'irlari.

Berilgan: $m_1=0,15$ kg; $m_2=0,2$ kg; $m_3=0,25$ kg; $t_1=12^\circ\text{C}$; $t_2=100^\circ\text{C}$;
 $s_1=4180$ J/kg grad; $s_2=386$ J/kg grad; $s_3=500$ J/kg grad.

Topish kerak: $\theta = ?$

Echish: Suvli kalorimetrni θ haroratgacha isitish uchun $Q_1=c_1m_1(\theta-t_1)$ va $Q_2=c_2m_2(\theta-t_1)$ issiqlik miqdori sarf bo'ladi. Xuddi shu paytda kalorimetrda tushirilgan temir bo'lagidan esa $Q_3=c_3m_3(t_2-\theta)$ issiqlik miqdori chiqadi.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan issiqlik balansi tenglamasini tuzamiz:

$$c_1m_1(\theta-t_1)+c_2m_2(\theta-t_1)=c_3m_3(t_2-\theta).$$

Bundan izlanayotgan θ ni topish mumkin:

$$\theta = \frac{c_1m_1t_1 + c_2m_2t_2 + c_3m_3t_3}{c_1m_1 + c_2m_2 + c_3m_3} =$$

$$= \frac{41\text{J/kg}\cdot\text{grad}\cdot 0,15\text{kg}\cdot 12^\circ\text{C} + 460\text{kg}\cdot\text{grad}\cdot 0,25\text{kg}\cdot 100^\circ\text{C} + 386\text{kg}\cdot\text{grad}\cdot 0,2\text{kg}\cdot 12^\circ\text{C}}{41\text{kg}\cdot\text{grad}\cdot 0,15\text{kr} + 386\text{kg}\cdot\text{grad}\cdot 0,2\text{kr} + 460\text{kg}\cdot\text{grad}\cdot 0,25\text{kg}} =$$

$$= 24^\circ\text{C}.$$

2-masala. Massasi $m_2=0,2$ kg bo'lgan jez kalorimetrda $t_1=17^\circ\text{C}$ haroratli $m_1=0,4$ kg suv quyib, unga $t_2=85^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdirilgan $m_3=0,6$ kg kumush tushirilgan suv $\theta=22^\circ\text{C}$ haroratgacha isigan. Kumushning solishtirma issiqlik sig'imi c_3 topilsin. $s_1=4180$ J/kg grad, $s_2=386$ J/kg grad suv va jezning solishtirma issiqlik sig'irlari.

Berilgan: $m_1=0,4$ kg; $m_2=0,2$ kg; $m_3=0,6$ kg; $t_1=17^\circ\text{C}$, $t_2=85^\circ\text{C}$; $\theta=22^\circ\text{C}$;
 $C_1=4180$ J/kg grad, $C_2=386$ J/kg grad.

Topish kerak: $C_3 = ?$

Echish: Suvli kalorimetrni θ haroratgacha isitish uchun $Q_1=c_1m_1(\theta-t_1)$ va $Q_2=c_2m_2(\theta-t_1)$ issiqlik miqdori sarf bo'ladi. Kalorimetrda tushirilgan kumush esa θ haroratgacha sovib, $Q_3=c_3m_3(t_2-\theta)$ issiqlik miqdori chiqaradi.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan, issiqlik balansi tenglamasini tuzamiz:

$$c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1) = c_3 m_3 (t_2 - \theta).$$

Bundan izlanayotgan kumushning s_3 solishtirma issiqlik sig'imi:

$$c_3 = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(\theta - t_1)}{m_3(t_2 - \theta)} = \frac{\left(4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grad}} \cdot 0,4 \text{kg} + 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grad}} \cdot 0,2 \text{kg}\right) (22^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})}{0,6 \text{kg} (85^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C})} =$$

$$= \frac{8746 \text{J}}{37,8 \text{kg} \cdot \text{grad}} = 231 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}.$$

3-masala. Massasi $m=2$ kg bo'lgan kislorod $V_1=1$ m³ hajmni egallaydi, bosimi esa $P_1=0,2$ MPa. Gaz avval o'zgarmas bosim ostida hajmi $V_2=3$ m³ bo'lguncha, keyin hajmini o'zgartirmasdan bosimi $P_3=0,5$ MPa bo'lguncha qizdirilgan. Gazning ichki energiyasi o'zgarishi, gaz bajargan ish A va gazga berilgan issiqlik miqdori Q topilsin.

Berilgan: $m=2$ kg; $V_1=1$ m³; $V_2=3$ m³; $P_1=0,2$ MPa= $2 \cdot 10^5$ Pa;
 $P_3=0,5$ MPa= $5 \cdot 10^5$ Pa.

Topish kerak: $\Delta U=?$ $A=?$ $Q=?$

Echish: Gazni ichki energiyasini o'zgarishi

$$\Delta U = C_v m \Delta T = i/2 \cdot (R/M) \cdot m \Delta T \quad (1)$$

formula bilan aniqlanar edi. Bu erda $i=5$ bo'lib, u ikki atomli gaz-kislorod molekulasining erkinlik darajasi soni. $\Delta T=T_3-T_1$ - gazning oxirgi va boshlang'ich holatlaridagi haroratlar farqi.

Gazning boshlang'ich va oxirgi haroratlarini Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan topamiz, ya'ni

$$PV = m/(M) RT, \quad \text{bundan} \quad T = PVM/(mR). \quad (2)$$

O'zgarmas bosimdagi gaz kengayganda bajargan ishi

$$A_1 = m_1/(M) R \Delta T \quad (3)$$

formula bilan ifodalanar edi.

O'zgarmas hajmda qizdirganda gazning bajargan ishi $A_2=0$ bo'lgani uchun gaz bajargan to'liq ish:

$$A = A_1 + A_2 = A_1.$$

Termodinamikaning birinchi qonuniga asosan gazga berilgan issiqlik miqdori ichki energiya o'zgarishi ΔU bilan bajarilgan A ishning yig'indisiga teng:

$$Q = \Delta U + A. \quad (4)$$

Kislorod uchun $M=32 \cdot 10^{-3}$ kg/mol ekanligini hisobga olib, P_1, V_1 va V_2, P_3 larni bilgan holda (2) formula bilan T_1, T_2, T_3 haroratlarini hisoblaymiz:

$$T_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 385 \text{K}.$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 1155 \text{ K},$$

$$T_3 = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 2887 \text{ K}.$$

(3), (1) va (4) formulalar bilan gaz bajargan ishni, uning ichki energiyasi o'zgarishini va gaz olgan issiqlik miqdorini topamiz:

$$A_1 = \frac{8,31 \cdot 2 \cdot (1155 - 385)}{32 \cdot 10^{-3}} \text{ J} = 0,400 \cdot 10^6 \text{ J},$$

$$A = A_1 = 0,4 \text{ MJ}.$$

$$\Delta U = \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot (2887 - 385)}{2 \cdot 32 \cdot 10^{-3}} \text{ J} = 3,24 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,24 \text{ MJ}.$$

$$Q = (3,24 + 0,4) \text{ MJ} = 3,64 \text{ MJ}.$$

4-masala. Issiqlik mashinasi teskari Karno sikli bilan ishlaydi. Isitkichning harorati $T=500 \text{ K}$. Siklning FIK va sovitkichning T_2 haroratini toping. Isitkichning olingan har bir kilojoul issiqlik hisobiga mashina $A = 350 \text{ J}$ ish bermogda.

Berilgan: $T=500 \text{ K}; A = 350 \text{ J}.$

Topish kerak: $\eta=? T_2=?$

Echish: Issiqlik mashinasi FIK isitkichdan olingan issiqlik miqdorini qancha qismi mexanik ishga aylanayotganini ko'rsatadi. FIK formulasi $\eta=A/Q$, bo'lib, bu erda Q - isitkichdan olingan issiqlik miqdori, A - issiqlik mashinasining ishchi qismini bajargan ishi. Siklning FIK ni bilgan holda

$$\eta = (T_1 - T_2) / T_1$$

formuladan sovitkichning T_2 harorati aniqlanadi:

$$T_2 = T_1(1 - \eta).$$

Hisoblashni bajaraylik:

$$\eta = \frac{350}{100} = 0,35, \quad T_2 = 500(1 - 0,35) \text{ K} = 325 \text{ K}.$$

TERMODINAMIKAGA DOIR MASALALAR

261. Bosimi 10^5 Pa bo'lgan havo $10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ gacha adiabatik siqilgan. Agar siqilgan havo hajmi o'zgartirilmay, dastlabki temperaturagacha sovitilsa, uning bosimi qanday bo'ladi?

262. Bosimi 10^5 Pa , hajmi 10ℓ bo'lgan vodород gazini 1ℓ hajmgacha adiabatik siqish uchun sarf bo'lgan ish topilsin.

263. 6 g vodородning $1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimdan $0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimgacha izotermik kengayishida entropiya o'zgarishi topilsin.

264. Temperaturasi 7°C va massasi $2,8 \text{ kg}$ bo'lgan karbonat angidridi (SO_2) ning hajmi izotermik siqish natijasida 4 marta kamaygan. Gazning siqish ishi topilsin.

265. Massasi 12 kg, temperaturasi 362K bo'lgan azot adiabatik kengayganda 480J ish bajarilgan bo'lsa, uning oxirgi temperaturasi topilsin. Gazning issiqlik sig'imi o'zgarmas deb olinsin.
266. Karno siklida isitgichdan olingan issiqlik 42 kJ bo'lib, isitgichning absolyut temperaturasi sovutgichnikigiga nisbatan 3 marta katta bo'lsa, gaz bajargan ish topilsin.
267. 10g kislorodni 17°C dan 400 K gacha izobarik isitganda entropiya qanday o'zgaradi?
268. Erib turgan 640 g qo'rg'oshinni 0°C dagi muz ichiga tushirilgan. Bu protsessda entropiya o'zgarishi topilsin.
269. Ma'lum bir gazning o'zgarmas bosimdagi va o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'irlarining ayirmasi 260 J/(kg·K) ga teng. Mazkur gazning molyar massasini aniqlang.
270. Ma'lum bir gazning normal sharoitdagi zichligi $\rho=1,25\text{ kg/m}^3$ ga, solishtirma issiqlik sig'irlari nisbati esa 1,4 ga teng. Gazning C_p va C_v solishtirma issiqlik sig'irlarini aniqlang.
271. 4,0 g vodorod va 22,0 g karbonat angidrididan iborat gaz aralashmasi uchun γ -ni aniqlang.
272. Gazni o'zgarmas bosimda 25Kga isitish uchun 500J issiqlik sarflanib, shu gazni o'zgarmas hajmda 75 K ga sovitishda 1,07 kJ issiqlik ajralgan bo'lsa, gazning molyar issiqlik sig'irlari nisbatini aniqlang.
273. 7°C haroratda 0,10 mPa bosim ostida bo'lgan ko'p atomli gaz 40K ga izobarik isitilganda 8,0 dm³ hajmni egallagan. Gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.
274. Massasi 64 g bo'lgan kislorodni o'zgarmas bosimda 20 K ga isitilgan. Gaz bajargan ishni toping.
275. Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasidagi isitgichning harorati 227°Cga, sovutgichning harorati esa 127°C ga teng. Mashinaning FIK 3 marta ortishi uchun isitgichning haroratini necha marta ko'tarish kerak?
276. Agar siqilmaydigan uch atomli gaz adiabatik ravishda kengayganda hajmi 6 dm³ dan 7 dm³ gacha o'zgaragan bo'lsa, u bajaradigan Karno siklining FIK ni toping.
277. Ikki atomli gaz Karno siklini bajarayotqanda. Agar bu gazning har bir mol miqdorini adiabatik siqilganda 2 J ish bajarilsa, siklning FIK ni toping. Isitgich harorati 127°C.
278. FIK 25% bo'lgan Karno siklini bajarayotgan gaz izotermik kengayishda 240 J ish bajargan. Gaz izotermik siqilishda qanday ish bajaradi?
279. Hajmini o'zgartirmay turib entropiyasini 1,31 kJ/K ga kamaytirish uchun harorati 227°C bo'lgan 4,0 kg kislorodni qanday haroratgacha isitish kerak?
280. Massasi 1,0 kg bo'lgan karbonat angidrid gazi 40°C haroratdagi 0,20 MPa bosimdan 253°C haroratdagi 4,5 MPa bosimgacha siqilganda uning entropiyasi qancha ortishini toping.

5. REAL GAZLAR

Real gaz holati uchun Van-der-Vaals tenglamasi:

$$\left(p + \frac{a}{V_M^2}\right)(V_M - b) = RT.$$

Bu formula bir mol gaz uchun yozilgan bo'lib, istalgan m massali gaz uchun u quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\left(p + \frac{m^2 a}{M^2 V^2} \right) \left(V - \frac{m}{M} b \right) = \frac{m}{M} RT,$$

bunda a va b lar bosim va hajm uchun 1 mol gaz miqdori hisobiga kiritilgan Van-der-Vaals tuzatmalari, V_M - bir mol gaz hajmi, V - istalgan massali gaz hajmi.

Moddaning kritik holatdagi parametrlariga kritik parametrlar deyilib, ular Van-der-Vaals tuzatmalari orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$V_{MK} = 3b; \quad p_K = \frac{a}{27b^2}; \quad T_K = \frac{8a}{27Rb},$$

bunda V_{MK} , p_K , T_K - kritik hajm, kritik bosim va kritik temperatura, R - gazning universal doimiyisi.

Bir mol real gazning ichki energiyasi:

$$U_0 = C_V T - \frac{a}{V_M}.$$

C_V - hajm o'zgarmas bo'lgandagi gazning molyar issiqlik sig'imi, T - termodinamik temperatura, V_m - gazning molyar hajmi. m - massali real gaz ichki energiyasi:

$$U = \frac{m}{M} \left(C_V T - \frac{a}{V_M} \right).$$

REAL GAZLARGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Azotning kritik temperaturasi $t_k = -147,1^\circ\text{C}$, kritik bosimi $p_k = 33,5$ am. Azot molekulasining effektiv diametri topilsin.

Berilgan: $t_k = -147,1^\circ\text{C}$; $T_k = 273 - 147,1 = 125,9$ K;

$p_k = 33,5$ am $= 33,5 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 328,6 \cdot 10^4$ Pa.

Topish kerak: $\sigma = ?$

Echish: Van-der-Vaals tenglamasidagi doimiy b taqriban molekula hajmining to'rtlanganiga teng. Shuning uchun bir mol gaz uchun $b = 4 N_A V_0$ bo'ladi, Bu erda N_A - Avogadro soni, V_0 - bir molekulaning hajmi. Molekulaning hajmi

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \sigma^3.$$

Demak,

$$b = 4 N_A \cdot \frac{1}{6} \pi \sigma^3.$$

Bundan

$$\sigma = \sqrt[3]{\frac{3b}{2\pi N_A}}$$

b ni aniqlash uchun Van-der-Vaals tuzatmasini kritik temperatūra T_k va kritik bosim P_k bilan bog'laydigan tenglamalardan foydalanamiz.

$$T_k = \frac{8a}{27bR}; \quad P_k = \frac{a}{27b^2}$$

Bu tenglamalarni b ga nisbatan echsak,

$$b = \frac{T_k R}{8P_k}$$

ni olamiz. b ning bu qiymatini molekulaning effektiv diametrini aniqlaydigan ifodaga qo'ysak,

$$\sigma = \sqrt[3]{\frac{3RT_k}{16N_A \pi P_k}} = \sqrt[3]{\frac{3}{16} k \frac{b}{\pi P_k}}$$

chiqadi, bu erda $k = \frac{R}{N_A}$ - Bolsman doimiysi: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

SI sistemasida hisoblab

$$\sigma = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1259}{16\pi \cdot 335 \cdot 9,81 \cdot 10^4}} = \sqrt[3]{0,031610^{27}} \approx 0,178 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,78 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

kattalikni topamiz.

2-masala. Bir mol karbonat angidrid SO_3 gazni 7°C temperatürada 3ℓ hajmni egallaydi. Karbonat angidrid gazining bosimini:

a) keltirilgan kattaliklar orqali yozilgan Van-der-Vaals tenglamasidan va b) Klapeyron tenglamasidan foydalanib toping. Karbonat kislotasi uchun $t_k = 31,1^\circ\text{C}$, $r_k = 73 \text{ atm} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Berilgan: $t = 7^\circ\text{C}$; $t_k = 31,1^\circ\text{C}$; $P_k = 73 \text{ atm} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;

$V_m = 3 \ell$; $M = 44 \text{ g/mol} = 0,044 \text{ kg/mol}$.

Topish kerak: $r = ?$

Echish: Bir mol gaz uchun keltirilgan kattaliklar orqali yozilgan Van-der-Vaals tenglamasining ko'rinishi quyidagicha bo'ladi.

$$\left(\pi + \frac{3}{\omega^2}\right)(3\omega - 1) = 8\tau, \quad (1)$$

bu erda

$$\pi = \frac{p}{P_k}; \quad \omega = \frac{V_M}{V_{MK}}; \quad \tau = \frac{T}{T_k}$$

(1) tenglamani π ga nisbatan echamiz:

$$\pi = \frac{8\tau\omega^2 - 9\omega + 3}{\omega^2(3\omega - 1)}, \quad (2)$$

$$\tau = \frac{T}{T_k} = \frac{273+7}{273+31,1} = 0,92; \quad \omega = \frac{V_M}{V_{MK}}$$

Kritik holatlarda bir mol gazning hajmi:

$V_{mk} = 3 \text{ b}$, bu erda $b = \frac{T_k R}{8p_k}$. Shuning uchun ham

$$\omega = \frac{V_M \cdot 8p_k}{3T_k R}$$

$V_M = 3 \text{ l}$, $T_k = 304,1 \text{ K}$ va $R = 0,082 \text{ l} \cdot \text{Pa} / (\text{mol} \cdot \text{grad})$ qiymatlarini qo'ysak, $\omega = 23,5$ chiqadi. Endi $\tau = 0,92$ va $\omega = 23,5$ qiymatlarini (2) tenglamaga qo'yib, π ni hisoblaymiz:

$$\pi = \frac{8 \cdot 0,92 \cdot 23,5^2 - 9 \cdot 23,5 + 3}{23,5^2(3 \cdot 23,5 - 1)} \approx 0,1.$$

Demak,

$$\pi = P/P_k; \quad P = 0,1 P_k \approx 7,3 \text{ atm} = 7,373 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

Agar karbonat angidridni ideal gaz desak, u vaqtda bir mol uchun (Klapeyron tenglamasiga asosan) quyidagini yoza olamiz:

$$PV_M = RT; \quad p = \frac{RT}{V_M}$$

$T = 280 \text{ K}$; $V_M = 3 \text{ l}$; $R = 0,0821 \text{ Pa} / (\text{mol} \cdot \text{grad})$ qiymatlarini qo'yib,

$$P = \frac{0,082 \cdot 280}{3} \approx 7,65 \text{ ekanini bilamiz.}$$

$$P = 7,65 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 7,73 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

REAL GAZLARGA DOIR MASALALAR

281. Massasi 10 g bo'lgan kislorodning hajmi ichki kuchlar ta'sirida 5 l dan 25 l gacha ortgan. Bu gazni real gaz deb hisoblab, u kengayganda bajarilgan ish topilsin.

282. Geliy gazining kritik bosimi va kritik temperaturari berilgan deb hisoblab, uning kritik holatdagi zichligi topilsin.

283. Azot gazining kritik temperaturasi 126 K, kritik bosimi 3,39 MPa. Azot molekulasining effektiv diametri topilsin.

284. 10^8 Pa bosimda 10 g geliy 100 sm^3 hajmi egallaydi. Gazni real deb hisoblab, uning temperaturasi topilsin.

285. Massasi 1 g bo'lgan azotning hajmi ichki kuchlar ta'sirida 1 l dan 5 l gacha oshgan. Azotni real gaz deb hisoblab, u kengayganda bajarilgan ish hisoblansin.

286. Azot gazining kritik parametrlari-bosimi, temperaturasi va hajmi topilsin.

287. Argon uchun kritik kattaliklar T_k - va P_k - ni ma'lum deb, argon molekulasining effektiv diametri hisoblansin.

288. $0,5 \text{ m}^3$ hajmli yopiq idishda 3 MPa bosim ostida $0,6 \text{ kmol}$ karbonat anhidrid gazi bor. Van-der-Vaals tenglamasidan foydalanib, bosimni ikki marta orttirish uchun temperaturani necha marta orttirish kerakligi topilsin.
289. $4,0 \text{ g}$ massali argon $2,5 \text{ MPa}$ bosimda $0,10 \text{ dm}^3$ hajmni egallaydi. Gaz: a) ideal; b) real bo'lgan hollar uchun uning haroratini toping.
290. Agar karbonat anhidrid gazining 3°C haroratdagi zichligi 550 kg/m^3 bo'lsa, uning bosimini toping.
291. Agar Van-der-Vaals tenglamasidagi a koeffitsientning aniq qiymati ma'lum bo'lsa, suvning ichki bosimini toping.
292. Van-der-Vaals tenglamasidagi b doimiyning aniq qiymatiga asosan argon molekulasining diametrini toping.
293. Sig'imi 22 dm^3 bo'lgan ballonda harorati 0°C bo'lgan $0,70 \text{ kg}$ azot bor. Gazning idish devorlariga berayotgan bosimini, ichki bosimini va molekularining xususiy hajmini toping.
294. Massasi $4,0 \text{ g}$ bo'lgan kislorodning hajmi $1,0 \text{ dm}^3$ dan $5,0 \text{ dm}^3$ gacha ortdi. Gazni real gaz deb hisoblab, ichki kuchlarning shu kengayishda bajargan ishini toping.
295. Van-der-Vaals tenglamasidagi b doimiyning aniq qiymatidan foydalanib, kritik holatdagi suvning zichligini toping.
296. Karbonat anhidrid gazining suyuqlangan paytdagi zichligi 550 kg/m^3 bo'lsa, shuningdek gazning T_k kritik harorati va P_k kritik bosimi ma'lum bo'lsa, uning suyuqlanish paytidagi ichki bosimi qanday bo'ladi?
297. Sig'imi 30 sm^3 bo'lgan og'zi berk idishni qizdirish bilan uning ichidagi suvni kritik holatga o'tkazish mumkin bo'lsa, idishga quyilgan suv qanday massaga ega bo'lgan?
298. Agar argon uchun T_k kritik harorati va P_k kritik bosimi ma'lum bo'lsa, argon molekularining normal sharoitdagi erkin yugurish yo'li uzunligini toping.
299. Vodород uchun kritik harorat T_k va kritik bosim P_k ma'lum deb hisoblab, 270°C haroratda va $0,20 \text{ MPa}$ bosimda turgan vodородning diffuziya koeffitsientini toping.
300. Gazning bosimi kritik bosimdan 12 marta ortiq, hajmi esa kritik hajmning yarmiga teng. Keltirilgan kattaliklarda ifodalangan Van-der-Vaals tenglamasidan foydalanib, gazning harorati kritik haroratdan necha marta ortiq ekanini aniqlang.

6. SUYUQLIK VA QATTIQ JISM XOSSALARI

Isitilganda suyuqlik hajmining nisbiy o'zgarishi:

$$\frac{\Delta V}{V} = \alpha \Delta t,$$

bunda α - suyuqlikning hajmiy kengayishi koeffitsienti. Bu formulani yana quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$V = V_0(1 + \alpha t),$$

bunda V_0 - suyuqlikning 0°C dagi hajmi, V esa $t^\circ\text{C}$ dagi hajmi. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti:

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S} \quad \text{yoki} \quad \sigma = \frac{F}{l},$$

bunda ΔE – sirt pardasining erkin energiyasining o'zgarishi, ΔS – sirt pardasi yuzining o'zgarishi, F – sirt taranglik kuchi, ℓ – sirt pardasi chegarasining uzunligi. Bu formula yordamida bir nechta tomchi yaxlit tomchiga aylanganda ajralib chiqqan energiyani hisoblash mumkin.

Suyuqlikning idish tubiga bosimi:

$$P = P_0 + \rho g h,$$

bunda P_0 – suyuqlik sirtiga bo'lgan tashqi bosim, u ko'pincha atmosfera bosimidan iborat, h – suyuqlik ustunining balandligi, ρ – suyuqlik zichligi va $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ erkin tushish tezlanishi.

Agar suyuqlik sirti egri bo'lsa, hosil bo'lgan qo'shimcha bosim ΔP Laplas formulasiga asosan hisoblanadi:

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right),$$

bunda σ – sirt taranglik koeffitsienti, r_1 va r_2 – suyuqlik sirtining ikkita o'zaro tik bo'lgan kesim yuzlarining egrilik radiuslari.

Shar sirti uchun ($r = r_1 = r_2$) Laplas bosimi:

$$\Delta p = \pm \frac{2\sigma}{r}.$$

Plyus ishorasi qavariq va minus ishorasi botiq sirt uchun olinadi. Sovun pufagida ichki va tashqi sirt bo'lgani uchun:

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

Kapillyar naychalarda suyuqlikning ko'tarilish balandligi:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta^0}{\rho g r}$$

bunda σ – sirt taranglik koeffitsienti, r – naycha radiusi, ρ – suyuqlik zichligi, θ – chegaraviy burchak. To'la ho'llaydigan suyuqlik uchun $\theta = 0$ va to'la ho'llamaydigan suyuqlik uchun $\theta = 180^\circ$.

Ikkita o'zaro parrallel va juda yaqin joylashgan plastinalar orasidagi suyuqlikning ko'tarilish balandligi:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta^0}{\rho g d},$$

bunda d – plastinalar orasidagi masofa.

Stoks formulasi:

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

bu erda η – suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti, r – sharcha radiusi, v – sharchaning suyuqlik ichidagi harakat tezligi.

Suyuqlikning yop ishqoqlik koeffitsienti (ichki ishqalanish koeffitsienti):

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{\rho - \rho'}{\nu} g r^2,$$

bunda ρ – sharcha materialining zichligi, ρ' – suyuqlik zichligi, r – sharcha radiusi, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ erkin tushish tezlanishi.

Isitilganda qattiq jismning chiziqli kengayish koeffitsient i:

$$\beta = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0 \Delta t} \quad \text{yoki} \quad \ell = \ell_0 (1 + \beta \Delta t),$$

bunda ℓ_0 – jismning 0°C dagi uzunligi, ℓ – esa $t^\circ\text{C}$ dagi uzunligi, chiziqli kengayish koeffitsient i (β) ning son qiymati jadvaldan olinadi. Qattiq jismlar uchun hajmiy kengayish koeffitsient i $\alpha = 3\beta$ deb olinadi.

Deformatsiyalanish darajasi jism o'lchami o'zgarishining boshlang'ich o'lchamiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x},$$

bunda ε – o'lchamsiz kattalik (nisbiy deformatsiya).

Guk qonuni: $\varepsilon = \alpha \sigma$.

Bunda α – proporsionallik koeffitsient i, (uzayish yoki cho'zilish deformatsiyasi uchun $\alpha = 1/E$, E – Yung moduli).

Mexanik kuchlanish (σ – sigma):

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

Deformatsiyalangan jismning potentsial energiyasi:

$$E_n = \frac{F \Delta x}{2}.$$

Cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasi uchun Guk qonuni:

$$\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{F}{ES} \quad \text{bundan} \quad F = \frac{ES}{\ell_0} \Delta \ell.$$

Deformatsiyalangan jismning potentsial energiyasini $\Delta \ell = \Delta x$ hol uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$E_p = \frac{ES}{2\ell_0} \Delta \ell^2.$$

SUYUQLIK VA QATTIQ JISM XOSSALARIGA DOIR MASALALAR ECHISH NAMUNALARI

1-masala. Radiusi $R=0,5 \text{ mkm}$ dan bo'lgan tomchilar qo'shib, $m=1 \text{ kg}$ suv hosil bo'lganda issiqlik miqdori Q ni va bu suvning isish harorati Δt ni toping. Suvning zichligi $\rho=1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, solishtirma issiqlik sig'imi $C=4,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg grad}$ va sirt taranglik koeffitsient i $\alpha = 0,072 \text{ n/m}$.

Berilgan: $R=0,5 \text{ mkm} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$; $m=1 \text{ kg}$; $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;
 $\alpha = 0,072 \text{ n/m}$; $C = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg grad}$.

Topish kerak: $Q = ?$ $\Delta t = ?$

Echish: Barcha tomchilar ning erkin sirt energiyasi ularning qo'shilishidan hosil bo'lgan suv sirtining energiyasidan katta bo'ladi. Bu ortiqcha energiya quyidagiga tengdir:

$$Q = \Delta W = \alpha \cdot \Delta S, \quad (1)$$

bunda ΔS - tomchilar sirti bilan ulardan hosil bo'lgan suv sirtining farqi bo'lib, tomchilar juda ko'p bo'lganligi uchun, ularning sirtiga nisbatan suvning sirtini nazarga olmasa ham bo'ladi. Shuning uchun ΔS sirt quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta S = nS = n4\pi R^2, \quad (2)$$

bunda n - tomchilar soni; S - bitta tomchining sirti; R - radiusi. Suv hajmi $V = m/\rho$, ning bitta tomchining hajmi $V_1 = \frac{4}{3}\pi R^3$ ga nisbati tomchilar soni n ni beradi:

$$n = \frac{V}{V_1} = \frac{\frac{m}{\rho}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3m}{4\pi R^3 \rho}, \quad (3)$$

bu erda m - suvning massasi, ρ - uning zichligi, R - tomchining radiusi. (1), (2) va (3) formulalarga binoan tomchilar qo'shilganda ajraladigan issiqlik miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = \alpha \Delta S = \alpha nS = \alpha \frac{3m}{4\pi R^3 \rho} 4\pi R^2 = \frac{3\alpha m}{\rho R}. \quad (4)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan suv isiganda oladigan issiqlik miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = cm\Delta t. \quad (5)$$

(4) va (5) ga asosan suvning isish harorati Δt quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta t = \frac{3\alpha}{\rho c R}. \quad (6)$$

Masala shartida berilgan miqdorlar ni (4) va (6) ga quyib hisoblasak:

$$Q = \frac{3\alpha m}{\rho R} = \frac{3 \cdot 72 \cdot 10^{-3} \text{ N/m} \cdot 1 \text{ kg}}{1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 4,3 \cdot 10^2 \text{ J}.$$

$$\Delta t = \frac{3\alpha}{\rho c R} = \frac{3 \cdot 72 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}}{1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,19 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{grad} \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} \approx 0,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

2-masala: Ichki radiusi $r=1$ mm bo'lgan suvda to'liq ho'llaniladigan kapilyar naychadagi suvning ko'tarilish balandligi h va bunda sirt taranglik kuchining bajaradigan ishi A topilsin. Suvning zichligi $\rho=1 \cdot 10^3$ kg/m³, sirt taranglik koeffitsienti $\alpha=0,072$ N/m va erkin tushish tezlanishi $g=9,8$ m/s² deb olinsin.

Berilgan: $r=1$ mm = $1 \cdot 10^{-3}$ m; $\rho=1 \cdot 10^3$ kg/m³; $\alpha=72 \cdot 10^{-3}$ N/m; $g=9,8$ m/s².

Topish kerak: $h = ?$ $A = ?$

Echish: Ho'llaydigan suyuqlikning kapillyar naychada ko'tarilishida sirt taranglik kuchi F kapillyar naychada ko'tarilgan suyuqlik ustunining og'irligi P bilan muvozanatlashadi (ya'ni $F=P$ bo'ladi). Sirt taranglik kuchi $F=2\pi r d$ bo'lib, bunda r -kapillyar naychaning ichki radiusi, α -suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti. Suyuqlik ustunining og'irligi $P=mg=\rho Vg=\rho g \pi r^2 h$ bo'lib, bunda ρ -suyuqlikning zichligi, g -erkin tushish tezlanishi, h -kapillyar naychadagi suyuqlik ustunining balandligi. U holda

$$2\pi r \alpha = \rho g \pi r^2 h,$$

bundan izlanayotgan h balandlik quyidagigateng bo'ladi:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g r}. \quad (1)$$

A ishni topish uchun F sirt taranglik kuchini h balandlikka ko'paytiramiz:

$$A = Fh = 2\pi r \alpha \cdot \frac{2\alpha}{\rho g r} = \frac{4\pi \alpha^2}{\rho g}. \quad (2)$$

Masala shartida berilgan miqdorlarni (1) va (2) ga qo'yib hisoblasak:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g r} = \frac{2 \cdot 72 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}}{1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \approx 15 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 15 \text{ mm}.$$

$$A = \frac{4\pi \alpha^2}{\rho g} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (72 \cdot 10^{-3} \text{ N/m})^2}{1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \approx 6,64 \cdot 10^{-6} \text{ J} = 6,64 \text{ m kJ}.$$

3-masala. Ichki diametri 0,4 mm bo'lgan kapillyar naycha benzol solingan idishga tushirilgan, naycha ichidagi benzol massasini aniqlang. Benzolning sirt taranglik koeffitsienti 0,03 N/m gateng.

Berilgan: $d = 0,4 \text{ mm} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$; $\delta = 0,03 \text{ N/m}$.

Topish kerak: $m = ?$

Echish: a) Naycha ichidagi benzolning massasi uchun

$$m = \rho V \quad (1)$$

ifoda o'rinli. Bunda ρ - benzol zichligi, V - naycha ichidagi benzol hajmi. Uni:

$$V = \pi r^2 h = \pi d^2 h / 4 \quad (2)$$

munosabat bilan ifodalash mumkin, h - kapillyar naydagi balandlik, r - naycha radiusi, d - naycha diametri, suyuqlikning ko'tarilish balandligi

$$h = \frac{2\delta}{\rho g r} = \frac{4\delta}{\rho g d}. \quad (3)$$

(2) va (3) ni (1) ga qo'yaylik

$$m = \rho V = \rho \cdot \frac{\pi d^2 h}{4} = \rho \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{4\delta}{\rho g d} = \frac{4d\delta}{g}. \quad (4)$$

b) Hisoblaymiz

$$m = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03}{9,8} \text{ kg} = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 3,8 \text{ mg}.$$

Demak, naycha ichidagi benzol massasi 3,8 mg ekan.

4-masala. Uzunligi 3 m, ko'ndalang kesimining diametri 0,8 mm bo'lgan sim bir uchi shipga mahkamlangan. Ikkinchi uchiga esa 5 kg massali yuk osilgan. Natijada sim 0,6 mm uzaygan. Simning elastiklik moduli aniqlansin.

Berilgan: $\ell = 3 \text{ m}$; $d = 0,8 \text{ mm} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}$; $m = 5 \text{ kg}$;

$$\Delta \ell = 0,6 \text{ mm} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}.$$

Topish kerak: $E = ?$

Echish: a) Kuchlanish $\sigma = F/S$ (1) munosabat bilan aniqlanishi kerak. Mazkur masalada $F = mg$ simning ko'ndalang kesimi $S = \pi r^2 = \pi d^2/4$ ga teng. Shuning uchun (1) ni quyidagi ko'rinishda yoza olamiz.

$$\sigma = \frac{mg}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4mg}{\pi d^2}. \quad (2)$$

b) Elastiklik moduli esa $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ (3) ga teng, lekin nisbiy uzayish $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell}$ ga teng. Shuning uchun

$$E = \sigma \frac{\ell}{\Delta \ell} = \frac{4mg\ell}{\pi d^2 \Delta \ell}$$

bo'ladi.

v) Hisoblaymiz:

$$E = \frac{4 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m}}{3,14 \cdot 64 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}} = 5 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$$

Demak, simning elastiklik moduli $5 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$.

5-masala. Yuk avtomobili massasi $m = 2 \cdot 10^3 \text{ kg}$ bo'lgan «Volga» avtomashinasini shatakka olib ketayotganda tekis tezlanuvchan harakatlanib, $t = 50 \text{ s}$ da $S = 400 \text{ m}$ yo'lni o'tgan bo'lsa, bikrlilik koeffitsienti $k = 2 \cdot 10^6 \text{ N/m}$ bo'lgan trosni cho'zilishi $\Delta \ell$ topilsin.

Berilgan: $m = 2 \cdot 10^3 \text{ kg}$; $v_0 = 0$; $t = 50 \text{ s}$; $S = 400 \text{ m}$; $k = 2 \cdot 10^6 \text{ N/m}$.

Topish kerak: $\Delta \ell = ?$

Echish: Guk qonuniga asosan F_{el} elastiklik kuchi deformatsiya kattaligi $\Delta \ell$ ga proporsionaldir, ya'ni $F_{el} = -k\Delta \ell$. Deformatsiya - trosning cho'zilishi $\Delta \ell$

absolyut qiymati: $\Delta l = \frac{F_m}{k}$. Trosning F_{el} elastiklik kuchi «Volga» ga tevlanish beruvchi kuchdir. Binobarin, $F=ma$, $s = \frac{at^2}{2}$, bundan $a = \frac{2s}{t^2}$ bo'ladi. U holda izlanayotgan kattalik quyidagigateng bo'ladi:

$$\Delta l = \frac{F_{el}}{k} = \frac{2ms}{kt^2} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 400 \text{ m}}{2 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 25 \cdot 10^2 \text{ s}^2} = \frac{16 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{50 \text{ N/m}} = 0,32 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,32 \text{ mm}.$$

6-masala. Uzunligi $l=5\text{m}$ va ko'ndalang kesim yuzi $S=2,1\text{mm}^2$ bo'lgan vertikal osilgan simning uchiga $m=6\text{kg}$ yuk osilganda u $\Delta l=0,7\text{mm}$ ga cho'zilgan sim materiali uchun Yung moduli E topilsin.

Berilgan: $l=5\text{m}$; $S=2,1\text{mm}^2=2,1 \cdot 10^{-6}\text{m}^2$; $m=6\text{kg}$; $\Delta l=0,7\text{mm}=7 \cdot 10^{-4}\text{m}$.

Topish kerak: $E = ?$

Echish: Guk qonuninga asosan mexanik kuchlanish $\sigma = \varepsilon E$, bunda E - Yung moduli bo'lib, $\sigma = P/S = mg/S$ va $\varepsilon = \Delta l/l$ bo'lganligi uchun $mg/S = E \frac{\Delta l}{l}$. Bundan Yung moduli E quyidagigateng bo'ladi:

$$E = \frac{mg l}{S \Delta l} = \frac{6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m}}{2,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 7 \cdot 10^{-4} \text{ m}} = \frac{6 \cdot 49}{14,2 \cdot 10^{-10}} \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}^2} = 20 \cdot 10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 200 \cdot 10^9 \text{ Pa} = 200 \text{ GPa}.$$

SUYUQLIK VA QATTIQ JISM XOSSALARIGA DOIR MASALALAR

301. Radiuslari 1 mm dan bo'lgan ikkita simob tomchilari qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan katta tomchi temperaturasi necha gradusga o'zgaradi?
302. Diametri 12 sm bo'lgan sovun pufagi hosil qilish uchun sarf bo'lgan energiya hisoblansin. Pufak ichidagi qo'shimcha bosim topilsin.
303. Po'lat sharcha qandaydir moyda 0,19 m/s va glitserinda 0,25 m/c tezlik bilan tekis harakat qiladi. Agar moyning yopishqoqlik koeffitsienti 2 Pa s bo'lsa, glitserinning yopishqoqlik koeffitsienti topilsin.
304. Shishadan yasalgan tutash naychalarning diametrlari 2 mm va 0,4 mm bo'lib, unga quyilgan suyuqlik satrlarining ayirmasi 23 mm ga teng. Agar suyuqlik zichligi 800 kg/m³ bo'lsa, uning sirt taranglik koeffitsienti topilsin.
305. Diametri 1 sm bo'lgan sovun pufagini 11 sm diametrlilik pufakka aylantirish uchun qancha ish bajarish kerak?
306. Diametri 1 mm bo'lgan po'lat sharcha glitserin ichida qanday tezlik bilan tushadi? Po'latning zichligi $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, glitserinning yopishqoqlik koeffitsienti $\eta = 1,4 \text{ kg/(m s)}$, zichligi esa $r = 1260 \text{ kg/m}^3$.

307. Diametri 5 mm bo'lgan sovun pufagi ichidagi havobosimini topilsin. Tashqi bosim atmosfera bosimi, deb olinsin.
308. Diametrlari 1 mm va 2 mm bo'lgan tutash kapillyar naychadagi simob sathi balandliklarining farqi topilsin. Simob to'la ho'llanmaydigan suyuqlik deb olinsin.
309. Kesim yuzi 20 mm^2 bo'lgan po'lat sterjen ikki tomondan devorga qo'zg'almas qilib mahkamlangan. Sterjenning temperaturasi $100 \text{ }^\circ\text{S}$ ga ortganda har bir devorga ta'sir etuvchi kuchni toping.
310. $100 \text{ }^\circ\text{C}$ temperaturada simobning zichligi $13,4 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Qanday temperaturada simobning zichligi $13,1 \text{ g/sm}^3$ ga teng bo'ladi? Simobning hajm kengayish koeffitsienti $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ deb olinsin.
311. 4 sm diametrli sovun pufagi hosil qilish uchun, uning sirt taranglik kuchiga qarshi qancha ish bajarish kerak? Sovun pufagi uchun sirt taranglik koeffitsienti $\sigma = 0,043 \text{ N/m}$.
312. 1 mm diametrli po'lat simga og'irligi 981 N bo'lgan yuk osilgan. Yuk muvozanat vaziyatidan o'tishda sim uzilib ketmasligi uchun, uni eng ko'pi bilan qanday burchakka og'dirish kerak?
313. Uzunligi 1 m va radiusi 1 mm bo'lgan simga 981 N yuk osilgan. Simning cho'zilish ishi topilsin.
314. Kapillyar nayda suyuqlik qanday energiya hisobiga ko'tariladi?
315. Diametri 2 mm kapillyar nayda suv qancha balandlikka ko'tariladi?
316. Radiusi 0,2 mm bo'lgan kapillyar nayda ko'tarilgan spirtning massasini aniqlang.
317. 100 N kuch ta'sirida uzunligi 5 m va kesim yuzasi $2,5 \text{ mm}^2$ bo'lgan sim 1 mm uzaydi. Simda qanday kuchlanish hosil bo'lishini va Yung modulini aniqlang.
318. Sim arqonga og'irligi 8 kN yuk ta'sir qilganda 8 mPa mexanik kuchlanishga ega bo'ldi. Sim arqonning diametrini aniqlang.
319. Uzunligi 1,5 m va ko'ndalang kesimining yuzi 5 mm^2 bo'lgan sim 40 N kuch ta'sirida 1 mm uzaysa, bu simning Yung modulini toping.
320. Uzunligi 1 m va ko'ndalang kesimining yuzi 10 mm^2 bo'lgan mis sterjenga 100 kg massali yuk osilgan. Sterjenning absolyut uzayishi aniqlansin. Mis uchun Yung moduli $E = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ deb oling.

MASALALARNING JAVOBLARI

1. $S=5t$; 25
2. $\langle v \rangle = 9,6$ m/s
3. $\langle v \rangle = 10$ m/s
4. $v_2 = 20$ m/s
5. $v_1 = 5$ m/s; $v_2 = 1,5$ m/s
6. $t = 40$ s
7. $t_2/t_1 = 1,5$
8. $v_q = 8$ m/s; $v_{s0} = 2$ m/s
9. $t_1 \approx 1$ soat 14 minut; $t_2 \approx 1$ soat li.
10. $v \approx 2,3$ m/s
11. $t = 1$ soat 54 minut
12. $v_1 = 152$ m/s
13. $S = (c-v)^2 t/2c$
14. 7 m/s, 11,4 m/s, 9 m/s.
15. 86 m
16. 12 s; 8,3 m/s²
17. 400 m
18. 10 marta
19. $v_0 = 29$ m/s
20. 12,4 m/s
21. $y = 2x^2$ parabola
22. 5,8 m/s; 1 m/s²
23. $v = 200$ m/s
24. $t = 8$ s
25. Gorizontga nisbatan $\alpha = 45^\circ$ burchak ostida otilgan jism traektoriyasi paraboladan iborat bo'lgani uchun jismning uchish uzoqligi maksimal bo'ladi.
26. 45°
27. $y = \frac{gx^2}{2}$; $v = 22$ m/s; $\alpha = 63^\circ$
28. $S = 19,3$ m
29. $h = 6,8$ m
30. $t = 1,2$ s
31. $a_x = 6,9$ m/s²; $a_y = 6,9$ m/s²; 45°
32. $x^2 - u^2 = 9$ aylana; $S = 3\omega t$
33. $\frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{4} = 1$ ellips
34. 295 m/s
35. 800 m/s
36. $\Delta v = 1,1$ m/s
37. $n = 11$ marta aylangan, $\langle \varepsilon \rangle = -15,9$ s⁻²
38. $\varepsilon = 3,8$ s⁻²
39. $\langle \omega \rangle = 2,7 \cdot 10^3$ s⁻¹; $\langle \varepsilon \rangle = 2,3$ s⁻²
40. $v = 8,3 \cdot 10^3$ m/s; $T = 1,47$ soat
41. $\alpha = 2$ m/s²; $v_t = 10$ m/s; $S = 25$ m
42. $v = 330$ m/s
43. $\alpha = 1,3$ m/s²; $F_T = 4,2$ N
44. $\alpha = 1,3$ m/s²; $E = 160$ m
45. $x_2 = 14,1$ mm
46. $T_1 = 1,385$ N; $T_2 = 2,365$ N
47. $v = 24$ m/s
48. $v = 10$ m/s
49. $\mu = 0,64$
50. $S = 2,4$ m
51. $\alpha = 1$ m/s²;
52. $\alpha = 5,7$ m/s²;
53. $S = 1$ m
54. $h = 0,65$ m
55. $Q = \frac{Mg}{U} \cdot e^{-Rt/U}$
56. $\mu = 0,1$
57. $T = 1$ s
58. $h = 0,26$ m
59. $F = 1$ kN; $\mu = 0,01$; $v = 2$ m/s
60. $S = 7,7$ m; $t = 1,5$ s
61. $l = 0,07$ kg m²
62. $l = 6 \cdot 10^{-2}$ kg m²
63. $l = 9,8 \cdot 10^{37}$ kg m²
64. $l = 4,4 \cdot 10^{-2}$ kg m²
65. $\alpha = 1,8$ m/s²; $\varepsilon = 18$ s⁻².
66. $E_k = 6$ J
67. $A = 16$ kJ.
68. $N = 190$ Vt
69. $M = 0,38$ Nm
70. $v = 21$ m/s
71. $t = 21$ s
72. $S = 7,5$ m
73. $v = 5,2$ m/s
74. $N = 4$ kVt
75. $M = 14$ Nm
76. $\Delta E = 16$ J
77. Ishqalanisiz sirpanganda tezlik 1,4 marta ortiq bo'ladi.
78. $S = 1,4$ m
79. $n = \frac{3F\ell}{4\pi Mg\mu R}$
80. $\omega = 8,8$ s⁻¹
81. $v = 1,5$ m/s
82. $v = 114$ m/s
83. $v = 0,4$ m/s
84. $\eta = 0,833$
85. $\eta = 0,93$
86. $v_1 = -6$ m/s; $v_2 = 4$ m/s
87. $v = 4$ m/s
88. $\alpha = 9020'$.
89. $n = 10$ min⁻¹

90. $\omega = 21$ ayl/min
 91. $S = 1$ m
 92. $v_N = 153,4$ m/s
 93. $\Delta K = 2 \cdot 10^4$ kg $\frac{m}{s}$
 94. $v_2 = 0,8$ m/s
 95. $v_1 = 0,6$ m/s
 96. $v_2 = 12,5$ m/s
 97. $v_1 = 20$ m/s
 98. $v_2 = 1$ m/s
 99. $v_2 = 0,68$ m/s
 100. $v_2 = 0,1$ m/s
 101. $A = 0,45$ MJ
 102. $N = 3,3$ Vt
 103. $N = 1180$ Vt
 104. $N = 1200$ Vt
 105. $F = 1125$ N.
 106. $A = 19,6$ J
 107. $A = 10600$ J
 108. $v = 600$ m/s
 109. $A = 160$ J
 110. $A = 2$ J.
 111. $A = 12,7$ J.
 112. $E_k = 23$ J
 113. $A = 170$ J
 114. $N = 26$ kVt
 115. $N = 440$ Vt; $A = 1$ kJ
 116. $A = 44$ MJ.
 117. $N = 4,1 \cdot 10^5$ Vt
 118. $A = 4,4$ GJ; $N = 3,3 \cdot 10^7$ Vt
 119. $\Delta E = 120$ J
 120. $v = 4,4$ m/s
 121. $h = 570$ km.
 122. $h = 35,8$ Mm
 123. $v = 2,4$ km/s
 124. $v = 10^3$ m/s
 125. $x = 344$ Mm
 126. $v = 29,8$ km/s
 127. $\rho = 5500$ kg/m³
 128. $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg.
 129. $v = 1,02$ km/s
 130. $v = 11,2$ km/s
 131. Dengiz sathidagi massasi-ning 0,002 qismiga.
 132. $h = 2,6$ Mm
 133. $a_x = 60$ mkm/s².
 134. $S = 197$ Gm.
 135. $v = 30,3$ km/s
 136. $A = 310$ GJ.
 137. Yo'q. Sun'iy yo'ldoshni kat-taroq radiusli orbitaga

chiqar-ganda uning kinetik energiyasi kamayadi, biroq potentsial ener-giyasi ortadi, yo'ldoshni uchirish uchun bajarish zarur bo'lgan umumiy ish esa ortadi.

138. $P = \frac{2}{3} \pi G \rho^2 R^2$
 139. $v = 11,1$ km/s.
 140. $\frac{m_e}{m_{ep}} = 94$ marta.
 141. $v = 20$ m/s
 142. $a = 57$ m/s².
 143. $\omega > 2,22$ s⁻¹.
 144. $\mu_1 = 0,07$; $\mu_2 = 0,3$
 145. $S = 0,57$ m.
 146. $\mu = 0,2$
 147. $\alpha = 69^\circ 50'$.
 148. $v = 15$ m/s
 149. $v = 0,49$ m/s.
 150. ω burchakli tezlik bilan aylanayotgan idish markazidagi suyuqlik zarrachalariga $F_{mk} = m\omega^2 R$ eng katta markazdan qochma kuch ta'sir etadi.
 151. $v = 20$ m/s.
 152. $F = 380$ N.
 153. $\Delta F = 4m\omega_0$, bu erda ω_0 - Er aylanishining burchak tezligi.
 154. $S = 3$ sm.
 155. $S = 4$ m.
 156. $\alpha = 2^\circ 10'$.
 157. $A = 1,5$ J.
 158. Jism Sharqqa tomon $x = 0,69$ mm, $\Delta S = \frac{5}{2}x$ masofaga siljiydi.
 159. $F = 3,8 \cdot 10^2$ N.
 160. $N = -2ma^2\omega$.
 161. $h = 31$ m.
 162. $F = 31$ kN.
 163. $\eta = 0,54$.
 164. Mis shar; $V = 10^{-3}$ m³.
 165. $V_n = 0,47$ V.
 166. $m = 2,7$ kg.
 167. $R = 2$ kPa.
 168. $m = 17$ kg; $T = 150$ N, bu erda p_1, p_2, p_3 - mos holda

- po'kak, suv va temirning zichliklari.
169. $v_1=4,6$ m/s; $v_2=4,2$ m/s.
170. $F=14$ N.
171. $F=3,7$ kN.
172. $N=2,2$ kVt.
173. $N=140$ kVt.
174. $\Delta h=0,9$ m.
175. $N=2,2$ Vt.
176. $\eta=1,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$
177. $F=4,9$ N
178. $0,15$ m/s; 33 m/s
179. $F \approx 470$ mN.
180. $\rho = (\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2)$.
181. $v_o=4,24$ m; $v=212$ Mm/s.
182. $\Delta D=12,7$ sm.
183. Samolyotda vaqt o'n milliarddan besh procentga sekinroq o'tadi. Bu soatning har 10000 yilda 1 s orqada qolishiga mos keladi.
184. $69,4$ yosh kichik bo'ladi.
185. Relyativistik qonunni keltirib chiqaring.
186. Faraz qilaylik:
 $U'_y = U'_z = 0$; $U'_x = c$. U holda
 $U_x = c$, $U_y = 0$, $U_z = 0$.
187. $U_x = c$.
188. $U'_x = v$ va U_x tezliklar bir to'g'ri chiziq bo'ylab bir tomonga yo'nalgan.
 $U_x = 2,93 \cdot 10^5$ m/s.
189. $0,5$ s.
190. $(\alpha'_{12})^2 - (\Delta x)^2 = (\alpha'_{12})^2 - (\Delta x')^2$; $\Delta x' = 0$;
 $t_{12} = \sqrt{(\alpha'_{12})^2 + (\Delta x/c)^2} \approx \sqrt{25 + 400} = 20,6$ yil
 $,30 + 20,6 = 50,6$ yosh.
191. $22,4$ marta.
192. $299,97$ Mm/s.
193. $0,15$; $1,58 \cdot 10^{-22} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
194. $1,11 \cdot 10^{-17}$ kg.
195. $\tau' = \frac{\tau}{\sqrt{1-U^2/c^2}} = 1,11 \text{ mks}$.
196. $T=1,23 \cdot 10^{19}$ J.
197. $v=s$
198. $T=1,02$ MeV.
199. $R=5,34 \cdot 10^{-19} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
200. $\frac{m}{\rho} = 1,67$
201. $\frac{m}{\rho} = 0,08$ kg/m³.
202. $V=3,17 \cdot 10^{-3}$ m³;
 $P_o=9,78 \cdot 10^{-2}$ Pa, $P_N=3,52 \cdot 10^{-2}$ Pa.
203. $P_1=0,75$ Pa; $P_2=1,1$ Pa;
 $R=1,85$ Pa.
204. $\rho=0,48$ kg/m³.
205. $V=0,306$ m³.
206. $m=1200$ kg.
207. $\rho=1,6 \cdot 10^{-14}$ kg/m³.
208. $N=5 \cdot 10^{-6}$ km ol⁻¹; $n_o=3 \cdot 10^{21}$
209. $P=58,18 \cdot 10^5$ Pa.
210. $M=4,6 \cdot 10^{-3}$ kg/mol;
 $V=11,7 \cdot 10^{-3}$ m³.
211. $T=300$ K
212. $n = \frac{4P}{v} = 50$
213. $n = 7 \cdot 10^6$
214. $m = 0,43$ kg
215. $M = 0,028$ kg/m ol
216. $P = 1,2$ Mpa
217. $M = 0,040$ kg/m ol
218. $V = 1,2$ m³
219. $m_{na}=24$ g; $m_o=40$ g
220. $\rho = 0,24$ kg/m³
221. $\langle E_k \rangle = 0,75 \cdot 10^{-3}$ J.
222. $s_v = 646,8$ J/kg K;
 $s_r = 905,5$ J/kg K.
223. $\gamma = s_r/s_v = 1,59$.
224. $R = 5$ KPa.
225. $T = 7730$ K.
226. $U = 7,575 \cdot 10^3$ J.
227. $s_v = 693$ J/(kg K);
 $s_r = 970$ J/(kg K).
228. $s = 727$ J/(kg K).
229. $T = 1300$ K
230. $\langle E_k \rangle = 1,656 \cdot 10^{-20}$ J
231. $R = 5 \cdot 10^{-7}$ Pa
232. $N = 2,7 \cdot 10^{25}$ M³ m/s
233. m/s
234. $\langle \mathcal{G}_{sv} \rangle = 480$ m/s
235. $\langle \mathcal{G}_{sv} \rangle = 50$ m/s;
 $\langle \mathcal{G}_{sv} \rangle = 8,7$ km/s
236. $v = 440$ m/s
237. $T = 576$ K
238. $\langle \mathcal{G}_{sv} \rangle = 460$ m/s
239. $\langle \mathcal{G}_{sv} \rangle = 621$ m/s
240. $T = 269,2$ K
241. $\langle \lambda \rangle = 2,33 \cdot 10^{-3}$ Nm.
242. $\langle \lambda \rangle = 8,33 \cdot 10^{-8}$ M.
 $\langle \mathcal{G} \rangle = 439$ m/s.

243. $\delta = 3,03 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 244. $\eta_1/\eta_2 = 1,32$
 245. $\delta = 424 \text{ sm}$
 246. $n = 1,8 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$
 247. $\chi = 0,086 \text{ Vt}/(\text{M} \cdot \text{K})$
 248. $\langle \lambda \rangle = 9,3 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 93 \text{ Nm}$
 249. $\langle \lambda \rangle = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
 250. $D = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
 251. $\eta = 1,78 \cdot 10^{-5} \text{ n s}/\text{m}^2$
 252. $\langle \lambda \rangle = 0,4 \text{ mkm}$
 253. $\rho = 14 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3}$
 254. $\langle \tau \rangle = 0,83 \text{ mks}$
 255. $\langle Z \rangle = 4,7 \text{ S}^{-1}$
 256. $\langle Z \rangle = 2,6 \cdot 10^{32} \text{ s}^{-1}$
 257. $D = 92 \text{ mm}^2/\text{s}$
 258. $D = 89 \text{ mm}^2/\text{s}$
 259. $\eta = 20 \text{ mk Pa s}$
 260. $\chi = 3,78 \text{ mVt}/(\text{m} \cdot \text{k})$
 260. $P = 5,01 \text{ atm} = 5,06 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 261. $A = -3812,75 \text{ J}$
 262. $\Delta S = 17,2 \text{ J/K}$
 263. $A = 205 \text{ kJ}$
 264. $T = 314 \text{ K}$
 265. $A = 28 \text{ kJ}$
 266. $\Delta S = 6,72 \text{ J/K}$
 267. $\Delta S = 63 \text{ J/K}$
 268. $M = 0,032 \text{ kg}/\text{m ol}$
 269. $S_r = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{k})$
 270. $S_v = 0,74 \text{ rJ}/(\text{kg} \cdot \text{k})$
 271. $\gamma = 1,38$
 272. $\gamma = 1,4$
 273. $Q = 0,40 \text{ kJ}$
 274. $A = 0,33 \text{ kJ}$
 275. 2 marta
 276. $\eta = 5 \%$
 277. $\eta = 24 \%$
 278. $A = -0,18 \text{ kJ}$
 279. $T = 302 \text{ K}$
 280. $\Delta S = -0,20 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$
 281. $A = 2,125 \text{ J}$
 282. $\rho = 56,77 \text{ kg}/\text{m}^3$
 283. $\sigma_{ef} = 3,13 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 284. $T = 204 \text{ K}$
 285. $A = 0,139 \text{ J}$
 286. $P = 3,39 \text{ MPa}$; $T = 126 \text{ K}$;
 $V = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{mol}$
 287. $\delta_{ef} = 0,35 \text{ nm}$
 288. $T_2/T_1 = 1,85$
 289. $T_1 = 301 \text{ K}$; $T_2 = 307 \text{ K}$;
 290. $R = 5,2 \text{ mPa}$
 291. $R = 1,7 \text{ GPa}$
 292. $d = 29 \text{ pm}$
 293. $P_1 = 2,5 \text{ MPa}$; $P_2 = 0,18 \text{ MPa}$;
 $V = 0,25 \text{ dm}^3$
 294. $A = 1,7 \text{ J}$
 295. $\rho = 200 \text{ kg}/\text{m}^3$
 296. $P = 56,8 \text{ MPa}$
 297. $m = 5,9 \text{ g}$
 298. $\lambda = 97,5 \text{ N}/\text{m}$
 299. $D = 36 \text{ mm}^2/\text{s}$
 300. $\tau = T/T_k = 1,5$
 301. $\Delta T = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ K}$
 302. $\Delta E = 3,62 \cdot 10^{-3} \text{ J}$; $\Delta R = 2,67 \text{ Pa}$
 303. $\eta = 1,44 \text{ Pa} \cdot \text{S}$
 304. $\alpha = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ N}/\text{M}$
 305. $A = 3 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
 306. $V = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}/\text{s}$
 307. $P = 1,01 \text{ kPa}$
 308. $\Delta h = 7,5 \text{ mm}$
 309. $P = 4,58 \text{ kN}$
 310. $t = 222 \text{ s}$
 311. $A = 2,16 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
 312. $\alpha = 75^\circ 30'$
 313. $A = 0,706 \text{ J}$
 314. Suyuqliklarning sirt energiyasi hisobiga.
 315. $h = 14,6 \text{ m}$
 316. $m = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$
 317. $P = 4 \cdot 10^2 \text{ Pa}$;
 $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ N}/\text{mm}^2$
 318. $d = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
 319. $E = 1,2 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$
 320. $\Delta X = 0,83 \text{ mm}$

I L O V A

1. Halqaro sistema (SI) da fizik kattaliklarning mexanikadagi o'lchov birliklari.

<i>Kattalikning nomi</i>	<i>Kattalikning o'lchov birligi</i>		
	<i>Nomi</i>	<i>Belgisi</i>	<i>Formula yoki harf ifodasi</i>
Uzunlik	Metr	M	ℓ
Massa	Kilogramm	Kg	M
Vaqt	Sekund	S	T
Yuz	Metr kvadrat	m ²	$S = \ell^2$
Xajm	Metr kub	m ³	$V = \ell^3$
Tezlik	Metr taqsim sekund	m/s	$v = \frac{s}{t}$
Tezlanish	metr taqsim sekund kv.	m/s ²	$a = \frac{v_t - v_0}{t}$
Burchak tezlik	radian taqsim sekund	rad/s	$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$
Burchak tezlanish	radian taqsim sek.kv.	rad/s ²	$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$
Zichlik	kg taqsim metr kub	kg/m ³	$\rho = \frac{m}{V}$
Kuch	Nyuton	N	$F = m \cdot a$
Kuch impulsi	Nyuton sekund	N s	$I = F \cdot \Delta t$
Impuls	kg metr taq.sek	kg m/s	$p = m \cdot v$
Impuls momenti	kg metr kv. Taq.sek.	kg m ² /s	$L = I \cdot \omega$
Kuch momenti	Nyuton metr	N m	$M = F \cdot \ell$
Bosim	Paskal	Pa	$p = \frac{F}{S}$
Inersiya momenti	kg metr kv.	kg m ²	$I = m \cdot R^2$
Ish (va energiya)	Joul	J	$A = F \cdot S$
Quvvat	Vatt	Vt	$N = \frac{A}{t}$
Tortishish kuchlanganligi	Nyuton taqsim kg	N/kg	$G = \frac{F}{m}$
Jismning pishiq - ligi (bikrligi)	Nyuton taqsim metr	N/m	$k = \frac{F}{\Delta l}$

2. Asosiy fizik doimiylar

Doimiyning nomi	Doimiyning belgisi va qiymati
Gravitatsion doimiy	$G=6.672 \cdot 10^{-11} \text{N m}^2/\text{kg}$
Elektronning zaryadi	$e=1.60219 \cdot 10^{-19} \text{Kl}$
Vod orod at omining t inchlikdagi massasi	$m_N=1.67356 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
Neytronning t inchlikdagi massasi	$m_n=1.67495 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
Protonning t inchlikdagi massasi	$m_p=1.67265 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
Elektronning t inchlikdagi massasi	$m_e=9.1095 \cdot 10^{-31} \text{kg}$
Mag nit doimiy	$\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \text{Gn/m}=1.2566 \cdot 10^{-6} \text{Gn/m}$
Normal sharoitdagi ($T_0=273,5 \text{ K}$, $p_0=101325 \text{ Pa}$) 1 mol ideal gazning xajmi	$V_0=RT_0/p_0=22.414 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$
Bolsman doimiysi	$k=R/N_A=1.381 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$
Plank doimiysi	$h=6.6262 \cdot 10^{-34} \text{J s}$ $h = h/2\pi=1.05459 \cdot 10^{-34} \text{J s}$
Yorug'likning vakuumdagi tezligi	$C=2.997924 \cdot 10^8 \text{m/s}$
Elektronning solishtirma zaryadi	$\frac{e}{m_e}=1.758805 \cdot 10^{11} \text{Kl/kg}$
Gazning universal doimiysi	$R=8.314 \text{ J/mol K}$
Avogadro soni	$N_A=6.022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$
Loshmidt soni	$N_0=N_A/V_0=2.686 \cdot 10^{25} \text{ 1/m}^3$
Faradey soni	$F=N_A e=9.648 \cdot 10^4 \text{ Kl/mol}$
Elektr doimiy	$\epsilon_0=8.854188 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$

3. Fizik kattaliklarning bir birlikda ifodalangan qiymatidan ikkinchi birlikda ifodalangan qiymatiga o'tish.

Bir inchi birlik	Ikkinchi birlik	Ikkala birlik orasidagi munosabat
aylanish (ayl)	gradus (--- ^o)	1 ayl = 360 ^o
aylanish (ayl)	minut (---')	1 ayl = 21600'
aylanish (ayl)	radian (rad)	1 ayl = 6,28 rad
aylanish (ayl)	sekund (---'')	1 ayl = 1296000''

amper taqsim metr (A/m)	ersted	$1(A/m) = 12,56 \cdot 10^{-3} E$
vatt (Vt)	ot kuchi (o.k.)	$1 Vt = 1,3596 \cdot 10^{-3} o.k.$
vatt (Vt)	kaloriya taqsim sek (kal/s)	$1 Vt = 0,23884 \text{ kal/s}$
veber (Vb)	maksvell (Mks)	$1 Vb = 1 \cdot 10^8 \text{ Mks}$
gauss (Gs)	tesla (TI)	$1 Gs = 1 \cdot 10^{-4} \text{ TI}$
genri (Gn)	santimetr (sm)	$1 Gn = 1 \cdot 10^9 \text{ sm}$
gradus (... ^o)	radian (rad)	$1^o = 1,7453 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$
gradus (... ^o)	aylanish (ayl)	$1^o = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ ayl}$
gradus (... ^o)	minut (...')	$1^o = 60'$
gradus (... ^o)	sekund (...'')	$1^o = 3600''$
Dina (din).	nyuton (N)	$1 \text{ din} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
joul (J)	erg	$1 J = 1 \cdot 10^7 \text{ erg}$
joul (J)	kilovatt-soat (kVt-soat)	$1 J = 2,7778 \cdot 10^7 \text{ kVt-soat}$
joul (J)	kaloriya (kal)	$1 J = 0,23889 \text{ kal}$
joul (J)	elektron-volt (eV)	$1 J = 6,2419 \cdot 10^{18} \text{ eV}$
Yil	hafta	$1 \text{ yil} = 52,178 \text{ hafta}$
Yil	sutka	$1 \text{ yil} = 3,6524 \cdot 10^2 \text{ sutka}$
Yil	soat	$1 \text{ yil} = 8,7658 \cdot 10^3 \text{ soat}$
Yil	minut (min)	$1 \text{ yil} = 5,25 \cdot 10^5 \text{ min}$
Yil	sekund (s)	$1 \text{ yil} = 3,1557 \cdot 10^7 \text{ s}$
kaloriya (kal)	joul (J)	$1 \text{ kal} = 4,1868 \text{ J}$
kaloriya (kal)	kilovatt-soat (kVt-soat)	$1 \text{ kal} = 1,1628 \cdot 10^6 \text{ kVt-soat}$
kelvin (K)	selsiy gradus (^o C)	$1 K = 1^o C$
kilovatt-soat(kVt-soat)	Joul (J)	$1 \text{ kVt-soat} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
kilovatt-soat(kVt-soat)	kaloriya (kal)	$1 \text{ kVt-soat} = 8,6001 \cdot 10^5 \text{ kal}$
kilogramm (kg)	tonna (t)	$1 \text{ kg} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ t}$
kilogramm (kg)	sentner (s)	$1 \text{ kg} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ s}$
kilogramm (kg)	massaning atom birligi	$1 \text{ kg} = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ m.a.b.}$
kilometr taqsim soat (km/soat)	metr taqsim sekund (m/s)	$1 \text{ km/soat} = 0,27778 \text{ m/s}$
litr (l)	santimetr kub (sm ³)	$1 l = 1 \cdot 10^3 \text{ sm}^3$

litr (l)	metr kub (m ³)	1l=1·10 ⁻³ m ³
maksvell (Mks)	veber (Vb)	1Mks=1·10 ⁻⁸ Vb
massaning atom birligi (m.a.b.)	kilogramm (kg)	1 m.a.b.=1,6505 10 ⁻²⁷ kg
meqaelektronvolt (MeV)	Joul	1MeV=1,60219 10 ⁻¹⁹ J
metr taqsim sekund (m/s)	kilometr taqsim soat (km/soat)	1 m/s=3,6 km/soat
millimetr simob ustuni (mm.sim.ust.)	paskal (Pa)	1mm.sim.ust.= =1,33322 10 ² Pa
minut (min)	sekund (s)	1 min=60 sekund
minut (min)	Soat	1min=1,667 10 ⁻² soat
minut (...')	radian (rad)	1'= 2,9089 10 ⁻⁴ rad
minut (...')	aylanish (ayl)	1' =4,633 10 ⁻⁵ ayl
minut (...')	gradus (...°)	1'=0,01666°
minut (...')	sekund (...")	1'=60"
nyuton (N)	dina (din)	1N=1·10 ⁵ din
om-metr (Om m)	om-millimetr kvadrat taqsim metr (Om mm ²)/m	1Om m=1·10 ⁶ $\frac{Om \cdot mm^2}{m}$
ot kuchi (o.k.)	vatt (Vt)	1o.k.=7,35499 10 ² Vt;
paskal (Pa)	Fizik atmosfera (atm)	1Pa=9,662 10 ⁶ atm
paskal (Pa)	texnik atmosfera (at)	1Pa=1,0197 10 ⁻⁵ at
paskal (Pa)	millimetr simob ust(mm.sim.ust)	1Pa=7,5 10 ⁻⁵ mm.sim.ust.
radian (rad)	aylanish (ayl)	1 rad=0,159 ayl
radian (rad)	gradus(...°)	1 rad=57,296°
radian (rad)	minut (...')	1 rad =3438'
radian (rad)	sekund (...")	1 rad=206300"
sekund (s)	minut (min)	1 s=1,667 10 ⁻² min
sekund (s)	Soat	1 s=2,777 10 ⁻⁴ soat
sekund (...")	radian (rad)	1''=4,8481 10 ⁻⁶ rad
sekund (...")	aylanish (ayl)	1''=7,716 10 ⁻⁷ ayl
sekund (...")	gradus(...°)	1''=(2,278 10 ⁻⁴)°
sekund (...")	minut (...')	1''=(1,6666·10 ⁻²)'
Texnik atmosfera (at)	paskal (Pa)	1at=9,8066 10 ⁴ Pa
Texnik atmosfera (at)	fizik atmosfera	1 at=0,96784 atm

Texnik atmosfera(at)	millimetr simob ust. (mm.sim.ust)	1 at = 735,6 mm. sim.ust
Tonna (t)	kilogram (kg)	1 t = 1 10 ³ kg
Fizik atmosfera (atm)	Paskal (Pa)	1 atm = 1,0133 10 ⁵ Pa
Celsiy gradusi (°S)	Kelvin (K)	1 °S = 1K
elektron volt (eV)	Joul	1 eV = 1,60219 10 ⁻¹⁹ J
Erg	Joul (J)	1 erg = 1 10 ⁻⁷ J
ersted (E)	amper taqsim metr (A/m)	1 e = 79,5775 A/m

4. Astronomik o'zgaras kattaliklar

Er radiusi	6,378 · 10 ⁶ m
Erning zichligi	5,518 · 10 ³ kg / m ³
Erning massasi	5,976 · 10 ²⁴ kg
Quyosh radiusi	6,9599 · 10 ⁸ m
Quyosh massasi	1,989 · 10 ³⁰ kg
Oy radiusi	1,737 · 10 ⁶ m
Oy massasi	7,35 · 10 ²² kg
Oygacha bo'lgan o'rtacha masofa	3,644 · 10 ⁸ m
Quyoshgacha bo'lgan masofa	1,496 · 10 ¹¹ m
Oyning Er atrofida aylanish davri	27 sut. 7 soat 43 min.
Quyoshning o'rtacha zichligi	1,41 10 ³ kg / m ³

5. Zichliklar (kg/m³)

Gazlar (0°C harorat va normal atmosfera bosimida)			
Vodород	0,08988	Kislorod	1,429
Havo	1,293	Karbonat angidrid	1,947
Suyuqliklar			
Benzol	880	Kerosin	800
Suv (+4°C)	1000	Qon	1050
Glitserin	1200	Simob	13600
Oltin	17200	Kumush	9300
Kanakunjut moyi	950	Spirt	790
Qattiq jismlar			
Alyuminiy	2600	Qalay	7100
Temir	7900	Platina	21400
Oltin	19300	Po'kak	200
Osh tuzi	2200	Qo'rg'oshin	11300
Jez	8400	Kumush	10500
Muz	900	Po'lat	7700
Mis	8600	Shisha	2700
Nikel	8800		

6. Suvning turli haroratlardagi zichligi

Harorat, °C	20	30	40	50	60	70	80
Zichlik, kg /m ³	998	996	992	988	983	978	972

7. Elastiklik moduli (GPa)

Alyuminiy	70	Mis	120
Yog'och	10	Qo'rg'oshin	17
Dyuralyuminiy	75	Po'lat (temir)	210
G'isht	10	Cho'yan	100
Jez	90	Kauchuk	0,008

8. Kengayish koeffitsientlari (K⁻¹)

Chiziqli kengayish (uzayish)			
Alyuminiy	2,4 · 10 ⁻⁵	Mis	1,7 · 10 ⁻⁵
Temir (po'lat)	1,2 · 10 ⁻⁵	Shisha	1 · 10 ⁻⁵
Jez	1,9 · 10 ⁻⁵	Rux	2,9 · 10 ⁻⁵
Hajmiy kengayish			
Suv (5-10°C)	0,00005	Suv (40-60°C)	0,000458
Suv (10-20°C)	3	Suv (60-80°C)	0,000587
Suv (20-40°C)	0,00015	Suv (18°C)	0,00019
	0		
	0,00030		
	2		

9. Solishtirma issiqlik sig'imi

Qattiq jismlar va suyuqliklar			
Modda	Solishtirma issiqlik sig'imi (J/(kg K))	Modda	Solishtirma issiqlik sig'imi (J/(kg K))
Alyuminiy	896	Muz	2100
Benzin (50°)	2095	Transformator moyi (20°)	1800
Vismut	130	Mis	395
Suv (20°)	4190	Simob	138
Volfram	195	Qo'rg'oshin	131
Temir (po'lat)	460	Spirit	2510
Jez	386		

10. Gaz issiqlik sig'implari va ularning nisbatlari $[J/(kg K)]$

Gazlar va bug'lar			
Modda	C_p	C_v	$\gamma = C_p/C_v$
Ammiak (N_2)	2120	1630	1,31
Argon (Ar)	532	320	1,66
Havo	1020	729	1,40
Geliy (Ne)	5240	3140	1,66
Kislород (O_2)	913	649	1,40
Metan (CH_4)	2373	1854	1,28
Suv bug'i (H_2O)	1820	1380	1,32
Karbonat angidrid (CO_2)	848	654	1,30

11. Molekular va atomlarning diametrlari (nm)

Azot (N_2)	0,31	Kislород (O_2)	0,29
Argon (Ar)	0,29	Uglerod oksid (CO)	0,32
Vodorod (H_2)	0,23	Karbonat angidrid (CO_2)	0,33
Suv bug'i (H_2O)	0,26	Xlor (Cl_2)	0,37
Geliy (He)	0,19		

12. Suyuqlik, gaz va bug'larning qovushqoqligi

Modda	Harorat, °C	Qovushqoqlik, MkPa s	Modda	Harorat, °C	Qovushqoqlik, mkPa s
Azot	0	16,7	Suv bug'i	0	8,7
Suv	20	1004	Karbonat angidrid	0	13,7
Havo	21,6	18,4	Kislород	0	19,9
Geliy	0	18,6	Xlor	0	12,9

13. Van - der - Waals doimiyarlari

Modda	$a, \frac{J \cdot m^3}{mol^2}$	$b, 10^{-5} \frac{m^3}{mol}$	Modda	$a, \frac{J \cdot m^3}{mol^2}$	$b, 10^{-5} \frac{m^3}{mol}$
Azot	0,136	4	Kislород	0,137	3
Argon	0,132	3	Karbonat angidrid	0,364	4,3
Suv	0,554	3			

4. Harorat va bosimning kritik qiymatlari

Modda	T_k, K	P_k, MPa	Modda	T_k, K	P_k, MPa
Azot	126	3,4	Suv bug'i	647	22,0
Argon	151	4,87	Geliy	5,2	0,23
Benzol	562	4,8	Kislorod	154	5,07
Vodorod	33	1,3	Karbonat angidrid	304	7,4

15. Suyuqliklarning 20 °C haroratdagi sirt tarangliklari

Modda	Sirt taranglik, mN/m	Modda	Sirt taranglik, mN/m
Anilin	43	Kanakunjut moyi	33
Benzol	30	Kerosin	30
Suv	73	Sovunli suv	45
Suv (70° S)	64	Simob	500
Glitserin	64	Kumush (erish t.960 °C)	780
Oltin (erish t.1070°S)	610	Spirit	22

16. Moddalarning issiqlik o'tkazuvchanligi

Modda	Issiqlik o'tkazuvchanlik, $Vt/(m \cdot K)$	Modda	Issiqlik o'tkazuvchanlik, $Vt/(m \cdot K)$
Alyuminiy	205	Mis	390
Argon	0,16	Qozon kuya	2,3
Asbest	0,14	Po'kak	0,035
Vismut	10	Qurum	0,25
Suv	0,58	Qo'rg'oshin	34,8
Havo	0,026	Smola	0,52
Yog'och (t olaga ko'ndalang)	0,17	Shisha	0,74
Temir (po'lat)	62	Ebonit	0,16
G'ishtli devor	0,84		

17. Elastiklik moduli (gPa)

Alyuminiy	70	Mis	120
Yog'och	10	Qo'rg'oshin	17
Dyuralyuminiy	75	Po'lat (temir)	210
G'isht	10	Cho'yan	100
Jez	90	Kauchuk	0,008

18. O'nga karrali va ulushli birliklar hosil qilishda foydalaniladigan ko'paytuvchilar va old qo'shimchalar

Ko'paytuvchi	Nomi	Old qo'shimcha	Old qo'shimchanning belgisi
10^{12}	Trillion	Tera	T
10^9	Milliard	Giga	G
10^6	Million	Mega	M
10^3	Ming	Kilo	k
10^2	Yuz	Gekto	g
10^1	O'n	Deka	da
10^{-1}	O'ndan bir	Deci	d
10^{-2}	Yuzdan bir	santi	s
10^{-3}	Mingdan bir	Milli	m
10^{-6}	Milliondan bir	Mikro	mk
10^{-9}	Milliarddan bir	nano	n
10^{-12}	Trilliondan bir	piko	p

So'z boshi.....	5
Masalalar yechishga doir uslubiy ko'rsatmalar.....	6
Fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari.....	7
I. MEXANIKA	
1. KINEMATIKA ELEMENTLARI.....	8
a) Ilgarilanma harakat kinematikasi.....	8
Ilgarilanma harakat kinematikasiga doir masalalar yechish namunalari.....	9
b) Aylanma harakat kinematikasi.....	14
Aylanma harakat kinematikasiga doir masalalar yechish namunalari.....	15
2. DINAMIKA	
a) Moddiy nuqta dinamikasi.....	20
Moddiy nuqta dinamikasiga doir masalalar yechish namunalari...	22
b) Qattiq jism aylanma harakat dinamikasi.....	28
Qattiq jism aylanma harakat dinamikasiga doir masalalar yechish namunalari.....	29
3. SAQLANISH QONUNLARI	
a) Impulsning saqlanish qonuni.....	37
Impulsning saqlanish qonuniga doir masalalar yechish namunalari.....	38
b) Energiya va uning saqlanish qonuni.....	44
Energiya va uning saqlanish qonuniga doir masalalar yechish namunalari.....	46
GRAVITATSIYA	50
Gravitatsiyaga doir masalalar yechish namunalari.....	52
5. NOINERSIAL SANOQ SISTEMALARI	58
Noinersial sanoq sistemalariga doir masalalar yechish namunalari.....	65
6. SUYUQLIKLAR MEXANIKASINING ELEMENTLARI	67
Suyuqliklar mexanikasiga doir masalalar yechish namunalari.....	68
7. NISBIYLIK NAZARIYASI ELEMENTLARI	73
Nisbiylik nazariyasiga doir masalalar yechish namunalari.....	75
II. MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA	
1. IDEAL GAZ QONUNLARI.....	79
Ideal gaz qonunlariga doir masalalar yechish namunalari.....	80
2. MOLEKULAR KINETIK NAZARIYA ASOSLARI.....	84
Molekulyar-kinetik nazariyaga doir masalalar yechish namunalari.....	86
3. GAZLARDA KO'CHISH HODISALARI.....	89

Gazlarda ko'chish hodisalariga doir masalalar yechish namunalari.....	91
4. TERMODINAMIKA.....	95
Termodinamikaga doir masalalar yechish namunalari.....	98
5. REAL GAZLAR.....	102
Real gazlarga doir masalalar yechish namunalari.....	102
6. SUYUQLIK VA QATTIQ JISM XOSSALARI.....	105
Suyuqlik va qattiq jism xossalari ga doir masalalar yechish namunalari.....	111
Masalalarning javoblari.....	113
I L O V A.....	121
MUNDARIJA.....	129

FarPI "Texnika" noshirlik bo'limi. Farg'ona -712028.
Farg'ona ko'chasi, 86-uy, Ma'muriy bino



127960

3 330000 161652