

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**

J. O. ARABOV, H. O. JO‘RAYEV

**MEXANIKA FANIDAN
MASALALAR YECHISH
O‘QUV QO‘LLANMA**



O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar
vazirligining 2023-yil 22-dekabrda 537 - sonli buyrug‘iga asosan
nashrga tavsiya etilgan.

**“KAMOLOT” nashriyoti
Buxoro - 2023**

UO‘K: 517.9

KBK: 65.301

A 70

J.O.Arabov, H.O.Jo‘rayev. Mexanika fanidan masalalar yechish / [Matn]: o‘quv qo‘llanma / J.O.Arabov, H.O.Jo‘rayev - Buxoro : “BUXORO DETERMINANTI” MCHJning Kamolot nashriyoti, 2023. - 220 b.

Ushbu qo‘llanmada “Mexanika” bo‘limi bo‘yicha masalalar va ularni yechishga oid uslubiy ko‘rsatmalar keltirilgan bo‘lib, qo‘llanma 60530900 - Fizika ta‘lim yo‘nalishi bo‘yicha tayyorlanayotgan mutaxassislikga tegishli na‘munaviy dastur va o‘quv rejalar asosida bakalavrlar uchun ishlab chiqilgan.

Qo‘llanmada 150 dan ortiq masalalarning original yechimlari ko‘rsatilgan. Mustaqil yechish uchun 750 ortiq masalalar keltirilgan. Shuningdek, fizik kattaliklarning jadvallari, fizik kattaliklarning o‘lchamlari, birliklar sistemasi, masala yechish uchun ko‘rsatmalar ham mavjud.

Har bir mavzudan oldin qisqacha nazariy ma‘lumotlar bayon qilingan, oldin soddoroq, keyin esa murakkabroq masalalarning yechilishi bayon qilingan. Qo‘llanma oliy o‘quv yurtlarining fizika ta‘lim yo‘nalishlari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan.

Taqrizchilar

M.Z. Sharipov-Buxoro muhandislik texnologiya instituti “Fizika kafedrası” professori, fizika - matematika fanlari doktori

I.I.Raxmatov-BuxDU “Geliofizika qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrası” professori, texnika fanlari nomzodi.

ISBN 978-9910-73616-2

© “KAMOLOTT” nashriyoti
© J.O.Arabov, © H.O.Jo‘rayev

KIRISH

Bugungi kunda ta'lim muassasalarida fizika fanini o'qitish sifatini oshirish, ta'lim jarayoniga zamonaviy o'qitish uslublarini joriy qilish, iqtidorli o'quvchilarni saralash, mehnat bozoriga raqobatbardosh mutaxassislarni tayyorlash, ilmiy tadqiqot va innovatsiyalarni rivojlantirish hamda amaliy natijadorlikka yo'naltirishga katta e'tibor qaratilmoqda¹.

O'quv jarayonida mantiqiy xulosalar, matematik amallar va fizik qonun-qoidalar asosida yechiladigan muamoga fizik masala deyiladi. Aslida fizika kursida o'quv materialini o'rganish bilan bog'liq bo'lgan jumboq masala bo'ladi. Masalalar yechishni o'rganish o'quvchilarning aqliy rivojlanishiga imkon beradi.

Masala yecha olish bu fizika kursini o'rganish va o'zlashtirishning asosiy mezonidir. Masala yechish davomida o'quvchilar tabiat, texnika va turmushdagi turli fizik hodisalarni tahlil qilishda o'z bilimlarini qo'llash uchun bilim va ko'nikma hosil qiladilar. Chunonchi, chizmalar, rasmlar chizish, hisoblashlar bajarish, ma'lumot-nomadan foydalanish, tajribaviy masalalarni yechishda asbob-uskunalardan foydalanish uchun bilim va malakalar hosil qiladilar.

Ushbu o'quv qo'llanmaning afzalliklaridan biri shundaki, mustaqil yechish uchun ajratilgan hamma masalalar qiyinlik darajasi bo'yicha ketma-ket tuzilgan. Bu esa talabalarga ham, o'qituvchilarga ham bir qancha qulayliklar tug'diradi. Jumladan, o'qituvchiga nazorat ishi variantlarini tuzishni yengillashtiradi, chunki bunday ish variantlariga kiritilgan masalalar turli qiyinlikda bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Masalalarni yechishda kerak bo'ladigan jadval ma'lumotlari va doimiylar ushbu kitobning oxirida keltirilgan jadvalardan kerakli aniqlikda olish mumkin.

Ushbu qo'llanmada masalalarni yechish davomida o'quvchilarning fizik tafakkurini shakllantiradigan, ularga amaliy bilim va malakalar beradigan 750 dan ortiq masala va savollar keltirilgan.

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 19 martdagi PF-5032-sonli "Fizika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori

1-MAVZU



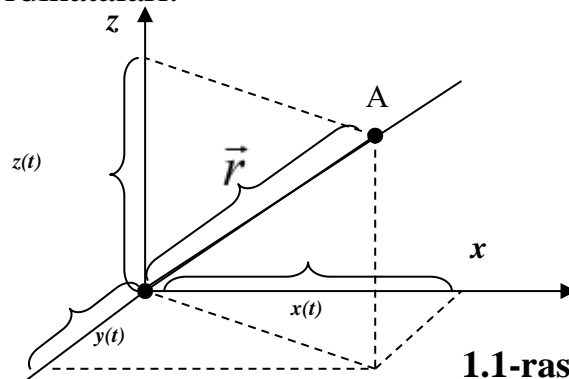
Mexanik harakat. To‘g‘ri chiziqli harakat. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat. To‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakat.

❖ Moddiy nuqtaning fazodagi o‘rni radius- vektor \vec{r} bilan aniqlanadi:

$$\vec{r} = \vec{i}x + \vec{j}y + \vec{k}z, \quad (1.1)$$

bu yerda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$

yo‘nalishlarni ko‘rsatuvchi birlik vektorlar; x, y, z nuqtaning koordinatalari.



1.1-rasm. Radius vektor

Harakat tenglamasining koordinata shakli quyidagicha:

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \Rightarrow r = r(t), \quad (1.2)$$

bu yerda t - vaqt.

❖ Moddiy nuqta tezligi:

$$\begin{aligned} \mathcal{V}(t) = \{\mathcal{V}_x(t), \mathcal{V}_y(t), \mathcal{V}_z(t)\} &\equiv \frac{dr(t)}{dt} \equiv \dot{r}(t) \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r(t)}{\Delta t} = \{\dot{x}(t), \dot{y}(t), \dot{z}(t)\} = \\ \dot{x}(t)\vec{i} + \dot{y}(t)\vec{j} + \dot{z}(t)\vec{k} &= \mathcal{V}_x(t)\vec{i} + \mathcal{V}_y(t)\vec{j} + \mathcal{V}_z(t)\vec{k} \end{aligned} \quad (1.3)$$

bu yerda $\mathcal{V}_x, \mathcal{V}_y, \mathcal{V}_z$ tezlik $\vec{\mathcal{V}}$ ning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari.

$$\text{❖ Tezlik moduli } \vartheta = \sqrt{\mathcal{V}_x^2 + \mathcal{V}_y^2 + \mathcal{V}_z^2}. \quad (1.4)$$

$$\text{❖ Yo‘l } S(t) = \int_0^t \vartheta(t) dt. \quad (1.5)$$

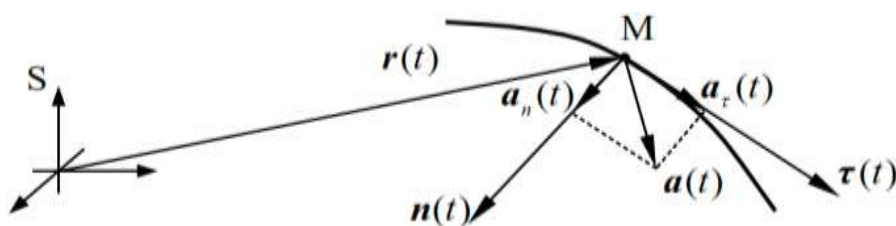
$$\text{❖ Tezlanish } a(t) = \{a_x(t), a_y(t), a_z(t)\} \equiv \frac{d\mathcal{V}(t)}{dt} \equiv \dot{\mathcal{V}}(t) =$$

$$= \{\dot{\vartheta}_x(t), \dot{\vartheta}_y(t), \dot{\vartheta}_z(t)\} = \dot{\vartheta}_x(t)\vec{i} + \dot{\vartheta}_y(t)\vec{j} + \dot{\vartheta}_z(t)\vec{k} = a_x(t)\vec{i} + a_y(t)\vec{j} + a_z(t)\vec{k} \quad (1.6)$$

bu yerda a_x, a_y, a_z tezlanish \vec{a} ning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari.

❖ Tezlanish moduli $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$. (1.7)

❖ Tangensial tezlanish $a_\tau(t) = \frac{d\vartheta(t)}{dt} = \dot{\vartheta}(t)$ (1.8)



1.2-rasm. Moddiy nuqta tezlanishi a , tangensial tezlanish a_t ,
Agar t normal tezlanish a_n

$$\vartheta = \frac{S}{t} = const, \quad a=0 \quad (1.9)$$

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

$$a = \frac{\vec{\vartheta} - \vec{\vartheta}_0}{t}, \quad (1.10)$$

$$\vec{\vartheta} = \vec{\vartheta}_0 + at, \quad (1.11)$$

$$S = \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1.12)$$

bunda, a -tezlanish (tekis tezlanuvchan harakatda $a>0$, sekinlanuvchan harakatda $a < 0$), ϑ_0 - boshlang'ich va ϑ - oxirgi tezliklar. Tekis va tekis o'zgaruvchan harakatda moddiy nuqtaning koordinatasi:

$$x=x_0+\vartheta_0 \cdot t, \quad x = x_0 + \vartheta_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} \quad (1.13)$$

bunda, x_0 – boshlang'ich $t=0$ holatdagi moddiy nuqtaning koordinatasi.

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala: Harakatlanayotgan moddiy nuqtaning harakat tenglamasi quyidagicha $x=A+Bt^2+Ct^3$,bunda, $A=4$ m, $B=2$ m/s, $C=1$ m/s², $t=2$ sekund vaqt momenti uchun moddiy nuqtaning koordinatasi, tezligi va tezlanishi topilsin.

Yechish. $x=A+Bt^2+Ct^3$ $x=?$, $\vartheta=?$, $a=?$

x koordinatani topish uchun berilgan tenglamaga A , B , C va t larning qiymatini qo'yamiz.

$x=4+2t^2+t^3$. $t=2$ s momentida $x=20$ ga teng bo'ladi.

Tezlikni topish uchun berilgan tenglamadan vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosila olib tezlikning tenglamasini hosil qilamiz: $\vartheta = 2t + 3t^2$,
 $\vartheta = 2 \cdot 2 + 3 \cdot 2^2 = 19m/s$.

Tezlanishni topish uchun tezlikning tenglamasidan vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosila olib tezlanishning tenglamasini hosil qilamiz:
 $a = 2 + 6t$, $a = 2 + 6 \cdot 2 = 14 m/s^2$.

2-masala: 36 km/h tezlikda harakatlanayotgan poyezd vagoniga uning harakat yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalishda o'q uzildi. O'q vagon devorlarini teshib o'tganda, tirqishlar bir biridan 4 sm ga siljidi. Vagon kengligi 2,8 m bo'lsa, o'qning tezligini aniqlang.

Yechish. $\vartheta_p = 10m/s$, $\Delta x = 4sm$, $b = 2,8m$, $\vartheta_{o'q} = ?$

Poyezd Δx masofaga yurganda o'q vagonni kesib o'tadi.

$$\frac{b}{\vartheta_{o'q}} = \frac{\Delta x}{\vartheta_p} \rightarrow \vartheta_{o'q} = \frac{b \cdot \vartheta_p}{\Delta x} = \frac{2,8 \cdot 10}{0,04} = 700m/s.$$

3-masala: Boshlang'ich tezligi 9m/s bo'lgan jism shunday sekinlana boshladiki, uning tezlanish moduli $a(t) = 2\sqrt{\vartheta(t)}$ (1.14) tenglamaga ko'ra o'zgarib boshladi. Jismning tomozlanish yo'lini toping.

Yechish. Bizga ma'lumki masofadan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila tezlikka, tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila tezlanishga teng ya'ni: $\vartheta = \frac{dS}{dt} \Leftrightarrow S = \int \vartheta dt$ (1.15); $a = \frac{d\vartheta}{dt}$.

Demak masala shartiga asosan $a = \frac{d\vartheta}{dt} = 2\sqrt{\vartheta}$ ga teng. Bundan:
 $\frac{1}{2\sqrt{\vartheta}} d\vartheta = dt$ tenglamani chap va o'ng tomonlarini ϑ ga ko'paytirib yuborsak: $\frac{\sqrt{\vartheta}}{2} d\vartheta = \vartheta dt$ tenglamamizni integrallab yuborsak:

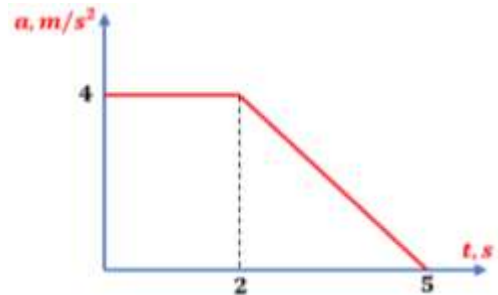
$$\int_0^{\vartheta_0} \frac{\sqrt{\vartheta}}{2} d\vartheta = \int \vartheta dt \quad (1.15) \text{ ifodaga asosan tenglamamizning o'ng}$$

$$\text{tomoni tormozlanish yo'liga teng. Demak: } S = \frac{\vartheta^{\frac{1}{2}+1}}{2(\frac{1}{2}+1)} \Big|_0^{\vartheta_0} = \frac{\sqrt{\vartheta_0^3}}{3} = \frac{9\sqrt{3}}{3} =$$

$$\frac{27}{3} = 9m$$

4-masala: Grafikdan foydalanib jism bosib o'tgan yo'lni aniqlang. Jismning boshlang'ich tezligi $5m/s$ ga teng.

Yechish. Grafikdan ko'rinib turibdiki (0–2) s vaqt oralig'ida tezlanish musbat holda o'zgarmagan ($a=\text{const}$) demak ushbu oraliqda jism tekis



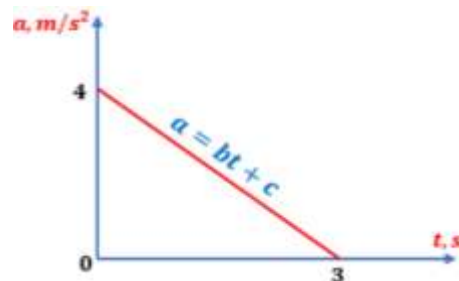
1.3-rasm. Tezlanish grafigi.

tezlanuvchan harakat qilgan. Tekis tezlanuvchan harakatda esa tezlanish va vaqt o'qi orasidagi soha (yuza) tezlik o'zgarishiga teng:

$$\vartheta = \vartheta_0 + at \rightarrow \vartheta = 5 + 4 \cdot 2 = 13m/s \text{ demak jism ikki sekunda } 13m/s \text{ tezlikka erishgan. Endi bemalol uning 2 s da bosib o'tgan}$$

$$\text{yo'lini topa olamiz: } S_1 = \frac{\vartheta^2 - \vartheta_0^2}{2a} = \frac{169 - 25}{8} = \frac{144}{8} = 18m$$

Jism (2-5) s oralig'ida esa notekis tezlanuvchan harakat qilgan, oraliqni quyidagi grafikdan foydalanib alohida tasvirlab olib tezlanish tenglamasini tuzamiz.



1.4-rasm. Tezlanish o'zgarishi.

Matematikadan yaxshi bilasizki, chiziqli funksiya ya'ni to'g'ri chiziq tenglamasi $y=kx+c$ ko'rinishiga ega, bizning tezlanishimiz ham vaqtga

chiziqli bog'langan demak tezlanish tenglamasini $a=bt+c$ ko'rinishida yozib olamiz. Grafikda berilgan qiymatlardan foydalanib b va c larni

$$\text{topib olamiz: } \begin{cases} 4 = 0 \cdot b + c \\ 0 = 3b + c \end{cases}$$

sistemadan $b=-4/3$; $c=4$ ekanligini topib oldik endi bu qiymatlarni tezlanish tenglamasiga keltirib qo'yamiz: $a = -\frac{4}{3}t + 4$. Tezlanishdan

$$\text{vaqt bo'yicha boshlang'ich olsak tezlikka teng bo'ladi, demak: } \vartheta = \int a dt = \int \left(-\frac{4}{3}t + 4\right) dt = -\frac{2}{3}t^2 + 4t + C \quad C = 13m/s \text{ ekanligini}$$

hisobga olsak: $v = -\frac{2}{3}t^2 + 4t + 13$. Tezlik tenglamasini ham topib oldik bu tenglamadan olingan boshlang'ich esa yo'lga teng:

$$S = \int v dt = \int \left(-\frac{2}{3}t^2 + 4t + 13\right) dt = -\frac{2}{9}t^3 + 2t^2 + 13t$$

Demak jism (2-5)s oralig'ida 3s harakatlangan demak uning bu oraliqdagi o'tgan yo'li:

$$S = -\frac{2}{9} \cdot 3^3 + 2 \cdot 3^2 + 13 \cdot 3 = -6 + 18 + 39 = 51m.$$

Demak uning umumiy bosib o'tgan yo'li:

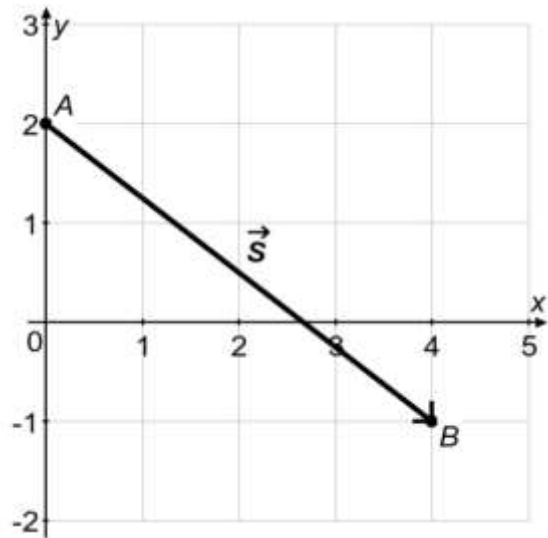
$$S = S_1 + S_2 = 18 - 51 = 69m \text{ ga teng.}$$

5-masala: Jism kordinatasi $x_1 = 0m$, $y_1 = 2m$ bo'lgan nuqtadan $x_2 = 4m$, $y_2 = -1m$ bo'lgan nuqtaga ko'chirildi. Grafik chizing, ko'chish modulini va ox o'qi bilan hosil qilgan burchakni toping.

Yechish.

$$|\vec{S}| = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}. \quad S_x = x_2 - x_1 = 4m - 0m = 4m$$

$$S_y = y_2 - y_1 = -1m - 2m = -3m, \quad |\vec{S}| = \sqrt{(4m)^2 + (-3m)^2} = \sqrt{16m^2 + 9m^2} = 5m \text{tg} \alpha = \frac{S_y}{S_x} = \frac{3}{4} = 0,75; \alpha = \arctg 0,75 = 37^\circ$$



1.5-rasm. Ko'chish.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1.1. Moddiy nuqta A(1;2;0) bo'lgan nuqtadan B(2;3;1) nuqtaga va so'ngra C(2;1;3) nuqtaga ko'chdi. Moddiy nuqtaning umumiy ko'chish modulini toping (m). Koordinatalar metrda berilgan.

1.2. Ikkita jism o'zaro 120° burchak ostida 3 m/s va 4 m/s tezliklar bilan harakatlanmoqda. Jismlarning o'zaro nisbiy tezligini toping (m/s).

1.3. Ikki velosipedchining harakat tenglamalari $x_1=5t$ va $x_2=150-10t$ ko'rinishida berilgan. Uning uchrashish vaqti va uchrashish joyini aniqlang. $x(t)$ grafiklarni chizing.

1.4. Tezlik modullari bir xil bo‘lgan ikki jism o‘zaro 60° burchak ostida harakatlana boshladi. Ularning nisbiy tezliklari $\sqrt{2}$ marta ortishi uchun tezlik vektorlari orasidagi burchakni qanday o‘zgar-tirish kerak?

1.5. Ikkita motorli qayiq qayiq daryo bo‘ylab qarama-qarshi yo‘nalishlarda harakatlanmoqda. Ularning qirg‘oqqa nisbatan tezliklari 3 m/s va 4 m/s. Daryo oqimining tezligi 2 m/s. Qayiqlar uchrashganidan qancha vaqt o‘tgach, ular orasidagi masofa 84 m bo‘ladi (s)?

1.6. 80 m kenglikli daryoni kechib o‘tishda start nuqtasidan oqim bo‘yicha 60 m yuqorida joylashgan nuqtaga borib tushish kerak. Qayiqchi motorli qayiqni shunday boshqaryaptiki, u qirg‘oqqa nisbatan 4,5 m/s tezlik bilan aniq nishonga qarab harakatlanyapti.

Agar daryo oqimining tezligi 2,1 m/s bo‘lsa, bunda qayiqning suvga nisbatan tezligi qanday?

1.7. Velosipedchi temir yo‘lga parallel bo‘lgan yo‘l bo‘ylab 9 km/h tezlikda harakatlanadi. Qandaydir vaqt momentidan boshlab tekis harakat qilayotgan 120 m uzunlikdagi poyezd uni yonidan o‘ta boshladi va 6 sekundda velosipedchi yonidan o‘tib bo‘ldi. Poyezdning tezligini aniqlang.

1.8. Shamol tezligi 8 m/s bo‘lganda, yomg‘ir tomchilari vertikalga nisbatan 30° burchak ostida tushadi. Shamol tezligi qanday bo‘lganda yomg‘ir tomchilari vertikalga nisbatan 60° burchak ostida tushadi?

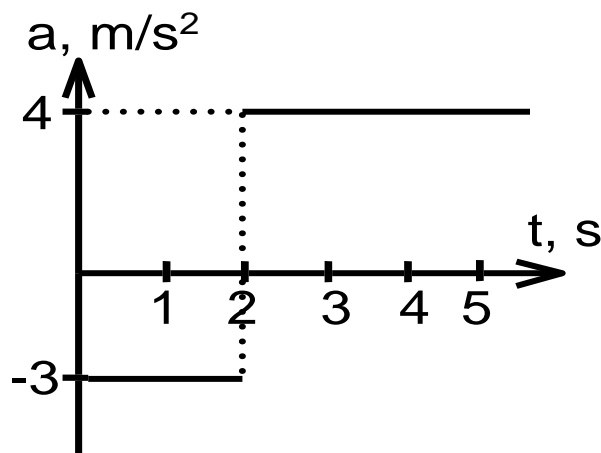
1.9. Dastlabki 5 soat davomida poyezd o‘rtacha 60 km/soat tezlikda harakatlandi, keyin esa 4 soat davomida 15 km/soat tezlik bilan. Butun harakat davomida poyezdning o‘rtacha tezligini toping.

1.10. Yo‘lning birinchi yarmini avtomobil 60 km/soat tezlikda o‘tdi. Yo‘lning qolgan qismidagi vaqtning yarmida u 35 km/soat tezlik bilan harakatlandi, oxirgi uchastkani esa 45 km/soat tezlikda o‘tdi. Avtomobilning butun yo‘ldagi o‘rtacha harakat tezligini (km/soat da) toping.

1.11. Avtomobil to‘g‘ri yo‘l bo‘ylab harakatlanib, harakatining birinchi soatida 40 km/h tezlikda, harakatining ikkinchi soatida tezligini oshirdi va bir tekisda yurdi va dastlabki ikki soat ichidagi o‘rtacha tezlik 60 km/h ni tashkil qildi. Tezligini yana oshirib bir soat harakatlandi va butun yo‘ldagi o‘rtacha tezligi 70 km/h ga teng bo‘ldi. Yo‘lning birinchi va ikkinchi yarmidagi o‘rtacha tezliklarni toping.

1.12. Moddiy nuqta 20 s davomida 15 m/s tezlik bilan, keyingi 10 s da 100 m yoʻlni tekis harakatlanib bosib oʻtdi. Moddiy nuqtaning harakat boshidan 25 s davomidagi oʻrtacha tezligini toping (m/s).

1.13. Boshlangʻich tezligi 4 m/s boʻlgan jismning tezlanish 1.5-rasmdan foydalanib, uning 5-s dagi oniy tezligini toping.



1.5-rasm

1.14. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning boshlangʻich tezligi 6 m/s, tezlanishi esa 4 m/s² boʻlib, u 32 m yoʻl oʻtdi. Jismning oxirgi tezligini toping?

1.15. Bir punktdan 5s interval bilan 2 qayiq 1 yoʻnalishda 1m/s² tezlanish bilan yoʻlga chiqdi. Necha sekunddan keyin ular orasidagi masofa 67,5 m ga teng boʻladi.

1.16. Avtomobil dastlabki tezligi 11 m/s, oxirgi tezligi 1 m/s ga yetkaz-gunicha qanday masofani bosib oʻtadi (m) Avtomobilning tezlanishi -2m/s² ga teng.

1.17. Tinch holatidan boshlab tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jism toʻrtinchi sekundda 28 m yoʻl oʻtsa, harakat boshidan 10 s oʻtgach, qancha yoʻl bosadi(m)?

1.18. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jism $t = 2$ minutda tezligini $S = 480$ m masofada $n = 3$ marta oshirdi. Jismning shu yoʻl oxiri-dagi oniy tezligini (m/s) toping.

1.19. Motosikl 3,6 km /soat boshlangʻich tezlik bilan tekis tezlanuvchan harakat qilib maʼlum bir masofani bosib oʻtdi va 25,2 km/soat tezlikka erishdi. Shu masofaning yarmida motosiklning tezligi (m/s) qanchaga teng boʻlgan?

1.20. Velosipedchi qiyalikdan pastga qarab $0,3 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan ha-rakatlanmoqda. Agar velosipedchining boshlang'ich tezligi 4 m/s bo'lsa, 20 s dan so'ng uning tezligi qanchaga yetadi (m/s)?

1.21. Poyezddan kechikkan yo'lovchi platformaga kelgan paytda oxir-gidan oldingi vagon uning yonidan t_1 vaqtda, oxirgi vagon esa t_2 vaqtda o'tib ketdi. Poyezdning harakatini tekis tezlanuvchan deb hisoblab, yo'lovchi qancha vaqtga kechikkanligini aniqlang. Vagonlarning uzunliklari bir xil.

1.22. Qiya tekislikda etagidagi sharchaga qiya tekislik bo'ylab yuqo-riga boshlang'ich tezlik berildi. Boshlang'ich $l=30 \text{ cm}$ yo'lni ikki holda: ko'tarilayotib $t=1 \text{ s}$ da va tushayotib $t=2 \text{ s}$ da o'tdi. Harakatni tekis tezlanuvchan deb hisoblab, sharchaning v_0 boshlang'ich tezligi va a tezlanishini aniqlang.

1.23. To'g'ri chizikli tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan jism ketma-ket 4 s dan bo'lgan teng vaqt oraliqlarida mos ravishda 24 m va 64 m yo'l yurdi. Boshlang'ich tezlik va tezlanishni aniqlang.

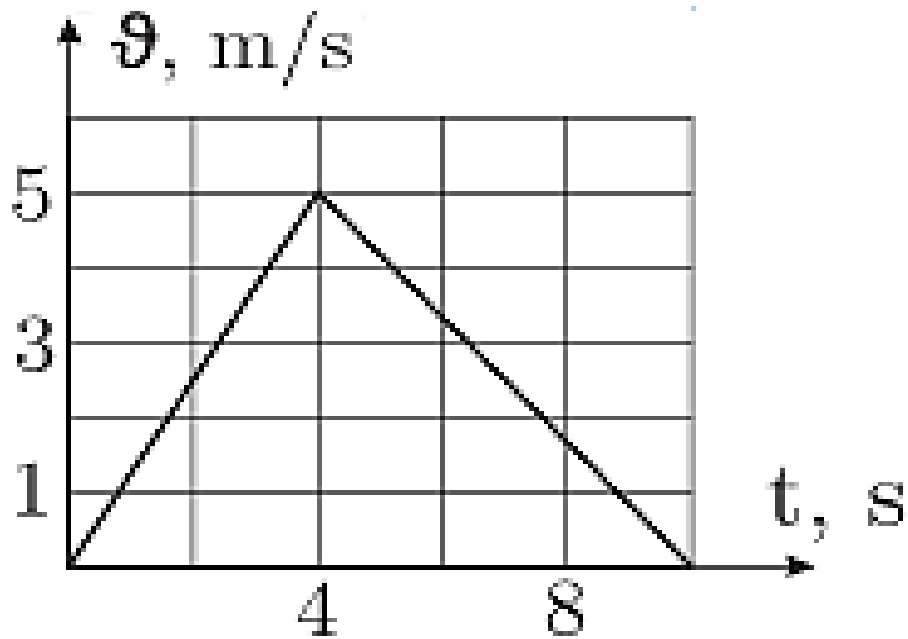
1.24. Jism boshlang'ich tezliksiz tezlanish bilan harakatlanib, harakati-ning oxirgi sekundida yo'lning qismini o'tdi. Jismning o'tgan yo'li va harakat vaqtini aniqlang.

1.25. Yo'lovchi vogzalda 80 m uzunlikdagi poyezdning birinchi vago-niga borishi kerak. Yo'lovchi poyezdning oxirgi vagoniga yetganda, poyezd $0,02 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlana boshladi. Yo'lovchi shu zaxoti 3 m/s tezlikda yugura boshladi. U o'z vagoniga qanday minimal vaqtda yetib oladi?

1.26. Ikkita avtomobil bir punktdan bir yo'nalishda yo'lga chiqdi. Birinchi avtomobil 9 m/s tezlik bilan tekis harakat qiladi. Ikkinchisi birinchisidan 10 s keyin yo'lga chiqib, 2 m/s^2 tezlanish bilan harakat boshlagan bo'lsa, u necha sekunddan so'ng birinchisini quvib yetadi?

1.27. Shayba muz ustida $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlana oladi. Agar shayba 100 m o'tib to'xtashi uchun uni qanday boshlang'ich tezlik berish kerak ?

1.28. Harakatlana boshlagan zarra tezligining o'z-garishi 1.6-rasmda keltirilgan. $t=1 \text{ s}$ paytda uning yurgan yo'li (m) topilsin.



1.6-rasm

1.29. Doimiy tezlanishli to‘g‘ri zichiziqli harakatning beshinchi sekundida 5 m yo‘l yuradi va to‘xtaydi. Jism bu harakatning ikkinchi sekundida qanday yo‘l yuradi?

1.30. 10 m/s boshlang‘ich tezlik berilgan jism o‘zgarmas 2 m/s^2 ga teng bo‘lgan boshlang‘ich tezlikka qarama-qarshi yo‘nalgan tezlanish bilan harakatlanadi. Harakat boshidan 8 s ichida jism o‘tgan yo‘lni aniqlang.



❖ Jism h balandlikdan tushayotgan bo'lsin. Bu vaqtda uning tezlanishi erkin tushishi tezlanishi g ga teng bo'ladi.

❖ Bunday jismning t vaqtdan keyingi harakat tezligi va yurgan masofasi

$$v = gt, h = \frac{gt^2}{2}, h = \frac{v^2}{2g} \quad (2.1)$$

❖ h masofa yurgandagi tezligi

$$v = \sqrt{2gh} \quad (2.2)$$

❖ Tushish vaqti $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (2.3)

❖ Boshlang'ich tezlik nolga teng bo'lmagan holatlar uchun

$$v = v_0 + gt, \quad (2.4)$$

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}, \quad (2.5)$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} \quad (2.6)$$

❖ Ixtiyoriy y_0 nuqtadan v_0 boshlang'ich tezlik bilan pastga otilgan jismning harakat tenglamasi $y = y_0 - |v_0|t - \frac{|g|t^2}{2}$ (2.7)

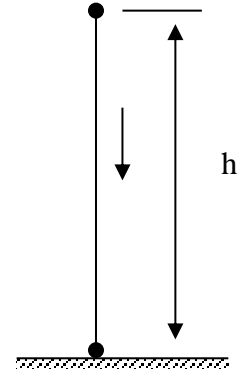
❖ Jism yuqoriga otilgan holda uchun:

$$v = v_0 - gt \quad v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} \quad (2.8)$$

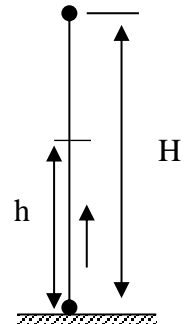
$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} \quad H = \frac{v_0^2}{2g} \quad (2.9)$$

❖ Ixtiyoriy y_0 nuqtadan v_0 boshlang'ich tezlik bilan yuqoriga otilgan jismning harakat tenglamasi

$$y = y_0 + |v_0|t - \frac{|g|t^2}{2} \quad (2.10)$$



2.1-rasm



2.2-rasm

Egri chiziqli harakat

❖ Egri chiziq bo'ylab harakatlanayotgan moddiy nuqta chiziqli tezlanishi $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}; a_t = \frac{d\vartheta}{dt}; a_n = \frac{\vartheta^2}{R}$ (2.11)

a_t - tangensial (urinma) va a_n - normal (markazga intilma) tezlanishlar.

❖ Aylanma harakatda burchak tezlik va burchak tezlanish.

$$\omega = \frac{d\phi}{dt}; \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\phi}{dt^2} \quad (2.12)$$

❖ Tekis o'zgaruvchan aylanma harakat uchun burchak tezlik va burchak tezlanish

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t; \varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad (2.13)$$

❖ Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda burilish burchagining vaqtga bog'lanish tenglamasi $\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$ (2.14)

❖ Agar $\omega_0 = 0$ bo'lsa $\omega = \varepsilon t, \varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$. (2.15)

❖ Bu formulalardan $\omega = \sqrt{2\varepsilon\varphi}$ hosil qilish mumkin (2.16)

❖ Burchak tezlik ω aylanish davri T yoki chastota ν lar orsidagi bog'lanish: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ (2.17)

❖ Moddiy nuqtaning burilish burchagi, bunda n -to'la aylanishlar soni. $\varphi = 2\pi n$ (2.18)

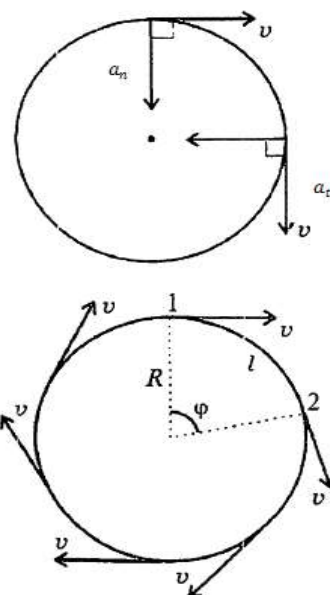
❖ Chiziqli va burchak tezliklar orasidagi bog'lanish tenglamasi:

$$\frac{ds}{dt} = R \frac{d\varphi}{dt} \text{ yoki } \vartheta = \omega R, R - \text{ aylana radiusi} \quad (2.19)$$

❖ Aylanma harakatda moddiy nuqtaning normal tezlanishi bilan burchak tezligi orasidagi bog'lanish

$$a_n = \omega^2 R \quad (2.20)$$

❖ Moddiy nuqtaning tangensial va burchak tezlanishlari orasidagi bog'lanish $a_t = \varepsilon R$ (2.21)



2.3-rasm

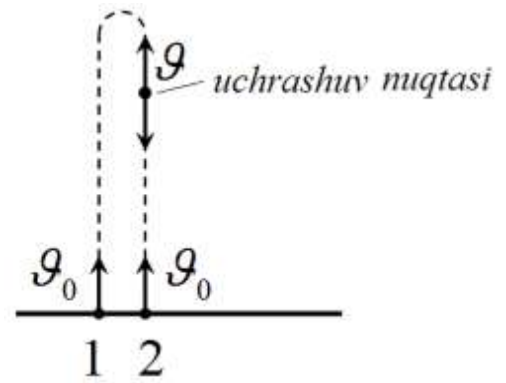
Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala: Oydagi tajribada birinchi jism tik yuqoriga 25 m/s tezlik bilan otildi, 16 s o'tgach ikkinchi jism birinchisining ketidan yana shunday tezlik bilan tik otildi. 2-jism qancha vaqt (s) parvoz qilgach

1- jism bilan to'qnashadi? $g=5/3 \text{ m/s}^2$

$\vartheta_0 = 25\text{m/s}, \Delta t = 16\text{s}, g=5/3 \text{ m/s}^2 t_2 = ?$

Yechish. Birinchi jism otilgandan so'ng t_1 vaqt o'tib ikkinchi jism bilan uchrashsin, bu vaqtda ikkinchi jism $t_2 = t_1 - \Delta t$ vaqt uchadi va ikkala jism ham bir nuqtada bo'ladi. Bu nuqtada har ikkala jismning ham tezlik modullari bir xil bo'ladi va o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan.



2.4-rasm

$$v_1 = v_0 - gt_1, v_2 = v_0 - gt_2 \rightarrow$$

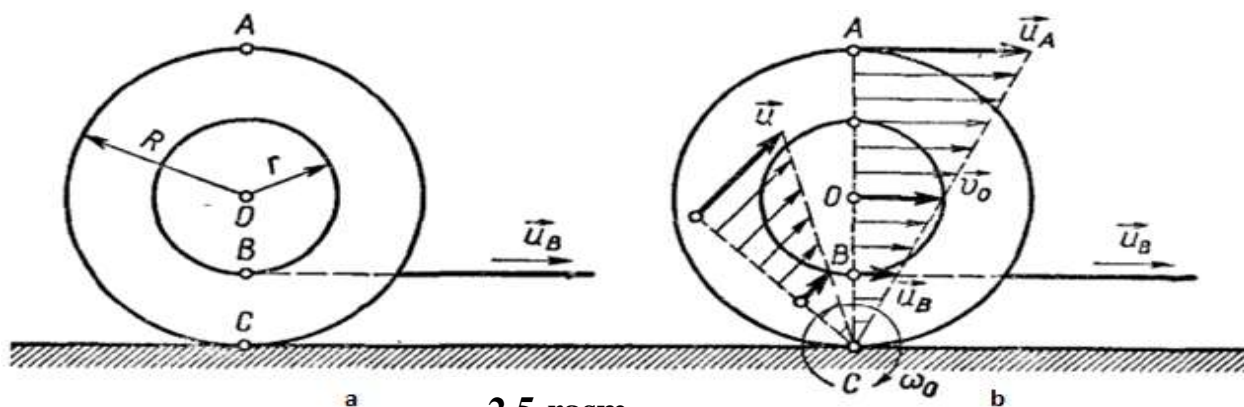
$v_2 = v_0 - g(t_1 - \Delta t)$ tezliklarning yo'nalishini inobatga olib $v_1 = -v_2$ tenglikda foydalanamiz. $v_0 - gt_1 = -(v_0 - g(t_1 - \Delta t)) \rightarrow v_0 - gt_1 = -v_0 + gt_1 - g\Delta t \rightarrow 2v_0 + g\Delta t = 2gt_1 \rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g} + \frac{\Delta t}{2}$ birinchi jismning uchrashuv vaqti.

$$t_2 = t_1 - \Delta t \rightarrow t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{\Delta t}{2} - \Delta t \rightarrow t_2 = \frac{v_0}{g} - \frac{\Delta t}{2} \quad t_2 = \frac{25}{\frac{5}{3}} - \frac{16}{2} = 7s$$

2-jism 7 s uchrashar ekan.

2-masala: Gorizontol sirt yuzasida ip o'ralgan g'altak turibdi va u sirpanmasdan aylana oladi. Agar ipning uchi gorizontol holatda u tezlik bilan tortilsa, g'altakning o'qi qanday tezlik bilan harakatlanadi? g'altakning ichki qismining radiusi r , tashqi radiusi R . A nuqtaning tezligi va tezlanishi qanday bo'ladi? $v_0 = ?$ $u_A = ?$ $a = ?$

Yechish. Stol ustidagi rulonni bir vaqtning o'zida ikkita mustaqil harakatning superpozitsiyasi natijasida ifodalash mumkin: rulonning barcha nuqtalarining tezlik bir xil \vec{v}_0 , kattaligi g'altak o'qi tezligiga teng va nisbiy ma'lum bir burchak tezligi ω_0 bilan o'z o'qi atrofida aylanadi. Buni hisobga olgan holda, g'altakning ixtiyoriy nuqtasining tezligi \vec{u} (shu jumladan B nuqtasi ham), o'z o'qidan R' masofadagi nuqtaning tezligi $\vec{u} = \vec{v}_0 + \vec{v}$ (1) bu erda $v = \omega_0 R'$ - aylanma harakatda nuqtaning chiziqli tezligi.



2.5-rasm

Burchak tezligi ω_0 stol yuzasida sirpanmasdan siljishi shartidan aniqlanadi. G'altakning C nuqtasi stol yuzasi bilan aloqa qilganda stolga nisbatan harakat qilmaydi, uning absolyut tezligi $u_c = 0$. Bu nuqta uchun $R' = R$ va shuning uchun chap tomonga yo'naltirilgan harakatning nisbiy tezligi, kattaligi bo'yicha ko'chma tezlikka, ya'ni $\omega_0 R = \vartheta_0$, $\omega_0 = \frac{\vartheta_0}{R}$ (2).

(1) va (2) ifodalarga ko'ra, B va A nuqtalarning nisbiy tezliklari yo'nalishini va $R'_B = r$, $R'_A = R$ ekanligini hisobga olgan holda, biz mos ravishda u va u_A uchun quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$u = \vartheta_0 - \vartheta, u = \vartheta_0 - \omega_0 R', u = \vartheta_0 - \omega_0 r,$$

$$u = \vartheta_0 - \frac{\vartheta_0}{R} r, \rightarrow \vartheta_0 = \frac{R}{R-r} u \text{ endi A nuqtaning tezligini topamiz:}$$

$$u_A = \vartheta_0 + \vartheta, u_A = \vartheta_0 + \omega_0 R', u_A = \vartheta_0 + \omega_0 R,$$

ω_0 - qiymatidan foydalangan holda $u_A = \vartheta_0 + \frac{\vartheta_0}{R} R = 2\vartheta_0$ hosil qilamiz va ϑ_0 ning qiymatini keltirib qo'yamizda natijaviy formulani hosil qilamiz $u_A = \frac{2R}{R-r} u$.

G'altakning barcha nuqtalarining harakati tekisdir, shuning uchun har qanday nuqta tezlanishini topish uchun $a_n = \frac{\vartheta_0^2}{R}$, $a_A = \frac{\vartheta_0^2}{R} = \frac{u^2 R}{(R-r)^2}$

3-masala: Suzuvchi 20 m balandlikdan suvga sakrab, 10 m chuqurlikka botdi. U suvda to'liq to'xtaguncha qancha vaqt harakatlangan?. Suvdagi harakatni tezkis sekinlanuvchan deb hisoblang.

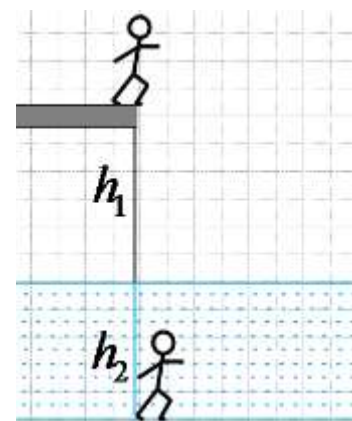
$$h_1 = 20m, h_2 = 10m, g = 10m/s^2, t = ?$$

Yechish. Suzuvchi h_1 masofani erkin tushib ϑ tezlikga ega bo‘ladi, bu tezlik esa suv ichidagi harakat uchun boshlang‘ich tezlik bo‘lib xizmat qiladi.

$\vartheta = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 20} = 20\text{m/s}$ tezlik bilan suvga sho‘ng‘iydi.

$h_2 = \frac{\vartheta^2}{2a} \rightarrow a = \frac{\vartheta^2}{2h_2} = \frac{400}{2 \cdot 10} = 20\text{m/s}^2$ tezlanish bilan sekinlangan.

$\vartheta = at \rightarrow t = \frac{\vartheta}{a} = \frac{20\text{m/s}}{20\text{m/s}^2} = 1\text{s}.$



2.6-rasm

4-masala: Uzunligi 50 sm bo‘lgan sterjen o‘ziga perpendikulyar bo‘lgan o‘q atrofida o‘zgarmas burchak tezlik bilan aylanmoqda. Bunda uning uchlari 0,1 m/s va 0,15 m/s chiziqli tezlikka ega bo‘ldi. Sterjenning burchak tezligini toping.

$l = 0,5\text{m}, \vartheta_1 = 0,1\text{m/s},$

$\vartheta_2 = 0,15\text{m/s}, \omega = ?$

Yechish. $R_1 + R_2 = l = 0,5\text{m},$

$\vartheta_1 = \omega R_1 = 0,1\text{m/s}$

$\vartheta_2 = \omega R_2 = 0,15\text{m/s}$

$\begin{cases} \vartheta_1 = \omega R_1 = 0,1\text{m/s} \\ \vartheta_2 = \omega R_2 = 0,15\text{m/s} \end{cases}$ ikkala tenglamani qo‘shib yuborib

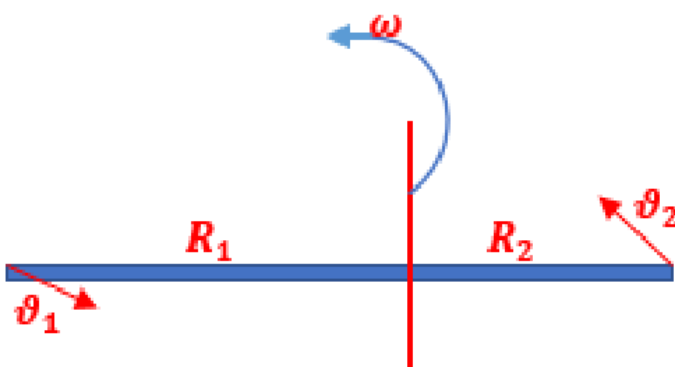
$\omega(R_1 + R_2) = 0,25$ tenglamaga ega bo‘lamiz.

$\omega = \frac{0,25}{l} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5\text{rad/s}$

5-masala: Aylanayotgan disk chekkasidagi nuqtalarning chiziqli tezligi 3 m/s, markazga 10 sm yaqinroqdagi nuqtalarning chiziqli tezligi 2 m/s bo‘lgan disk aylanishining burchak tezligini toping.

$\vartheta_1 = 3\text{m/s}, \vartheta_2 = 2\text{m/s}, \Delta R = 0,1\text{m}, \omega = ?$

Yechish. Bitta o‘qqa mahkamlangan jismlar uchun burchak tezliklar tengdir: $\omega_1 = \omega_2$ bundan $\frac{\vartheta_1}{R_1} = \frac{\vartheta_2}{R_2}$ tenglamani hosil qilamiz.



2.7-rasm

$$\frac{\vartheta_1}{R_1} = \frac{\vartheta_2}{R_1 - \Delta R} \quad \rightarrow \quad \vartheta_1(R_1 - \Delta R) = \vartheta_2 R_1 \rightarrow \vartheta_1 R_1 - \vartheta_1 \Delta R = \vartheta_2 R_1$$

$$\rightarrow \vartheta_1 R_1 - \vartheta_2 R_1 = \vartheta_1 \Delta R \rightarrow R_1(\vartheta_1 - \vartheta_2) = \vartheta_1 \Delta R \rightarrow R_1 = \frac{\vartheta_1 \Delta R}{(\vartheta_1 - \vartheta_2)} =$$

$$\frac{3 \cdot 0,1}{3 - 2} = 0,3 \text{ m} \quad \omega = \frac{\vartheta_1}{R_1} = \frac{3}{0,3} = 10 \text{ rad/s}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

2.1. 60 m balandlikdan ϑ_0 boshlang'ich tezlik bilan vertikal pastga uloqtirilgan sharcha yer sirtiga 2 s da tushgan bo'lsa, sharcha qanday boshlang'ich tezlik (m/s) bilan tashlangan? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

2.2. Vertikal yuqoriga otilgan tosh bitta balandlikda ikki marta bo'ldi-harakat boshidan 0,8 va 1,5 s vaqt o'tgandi. Bu balandlik qanchaga teng? $g = 10 \text{ m/s}^2$

2.3. Po'lat sharcha vertikal yuqoriga 45 m/s tezlik bilan otildi. Oradan 2,8 s vaqt o'tgach shu nuqtadan ikkinchi po'lat sharcha ham xuddi shunday tezlik bilan otildi. Birinchi sharcha ikkinchi sharcha bilan uchrashish nuqtasidan yuqorida qanday o'rtacha tezlikka (m/s) ega bo'lgan? Havoning qarshilik kuchi e'tiborga olinmasin. $g = 10 \text{ m/s}^2$

2.4. Jism 3,2 m balandlikdan boshlang'ich tezliksiz tashlandi. Shu vaqtda birinchi jism urilishidagi tezligidan 1,5 marta kichik tezlik bilan ikkinchi jism yerdan yuqoriga otilgan. Ular qanday balandlikda (sm) uchrashadilar? $g = 10 \text{ m/s}^2$

2.5. Kichik sharcha 320 m balandlikdan erkin tushmoqda. Harakatning oxirgi sekundida o'tgan yo'li 2-sekundidagi o'tgan yo'lidan necha marta kata.

2.6. Ikki jism bir xil boshlang'ich tezlik bilan 2s oralatib, yuqoriga tik otildi. Agar ikkichi jism otilgan paytdan 1,5s o'tgach, bu jismlarning tezliklari modul jihatdan tenglashgan bo'lsa ularning boshlang'ich tezliklarini aniqlang? (m/s).

2.7. Koptok $h = 2 \text{ m}$ balandlikdan vertikal yuqoriga otildi. Koptokning o'tgan yo'li $3h$ ga teng bo'lsa, uning uchish vaqtini toping.

2.8. Sirkda sharcha o'ynatuvchi sharchani yuqoriga otadi va maksimal ko'tarilish balandligining yarmiga yetganda ikkinchi sharchani otadi. Birinchi otilgan sharcha qo'lga qaytib tushganda nechta sharcha uchayotgan bo'ladi?

2.9. Lift tezlanish bilan ko'tarila boshladi. Uning tezligi 2.4 m/s ga yetganda, lift kabinasining shiftidan bolt tushib ketdi. Boltning tushish

vaqtini va boltning tushishda yerga nisbatan ko‘chish modulini toping. Lift kabinasining balandligi 2.5 m.

2.10. Jism 3 m/s boshlang‘ich tezlik bilan vertikal yuqoriga otildi. U eng yuqori balandlikka erishganda, huddi shu jism otilgan nuqtadan hudi shunday boshlang‘ich tezlikda ikkinchi jism otildi. Otilish nuqtasidan qanday masofada jismlar uchrashadi?

2.11. Ikki jism bir nuqtadan bir xil 15 m/s boshlang‘ich tezlik bilan 2 s oralatib otildi. Birinchi jism otilgandan qancha vaqt o‘tgach ular uchrashadi?

2.12. Turli balandlikdan tashlangan ikki jism yerga bir vaqtda tushdi. Birinchi jismning tushish vaqti 4 s, ikkinchisniki 1 s. Ikkinchi jism tusha boshlaganda birinchi jism yerdan qanday balandlikda bo‘lgan?

2.13. Ikki jism bir vaqtning o‘zida bir-birlariga tomon bir xil tezlikda harakatlanadi. Biri yer sirtidan vertikal yuqoriga, ikkinchisi 30 m balandlikda vertikal pastga qarab otildi. Ular uchrashganda jismlardan biri balandlikning uchdan bir qismini o‘tganligi ma’lum bo‘lsa, jismlarning boshlang‘ich tezligini toping.

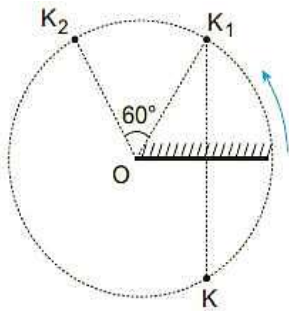
2.14. Jism yer sirtidan yuqoriga otildi. Jismning maksimal ko‘tarilish balandligining $\frac{8}{9}$ qismini tashkil qiluvchi balandlikdagi tezligi boshlang‘ich tezligidan necha marta kichik?

2.15. Bir nuqtadan ikki jism bir vaqtda harakat qila boshladi: ulardan biri 40 m/s tezlik bilan vertikal yuqoriga otildi, ikkinchisi esa erkin tusha boshladi. Necha sekunddan so‘ng ular orasidagi masofa 120 m bo‘ladi?

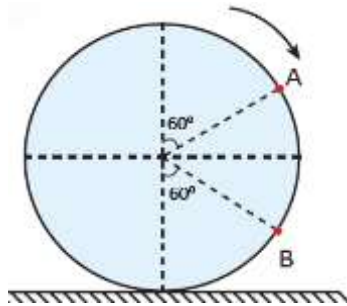
2.16. Zanjirli tasma orqali harakat bir g‘ildirakdan ikkinchi-siga uzatilmoqda. Agar ulardagi tishlar soni mos holda $N_1=40$ va $N_2 =16$ ga teng bo‘lsa, g‘ildiraklar chetki nuqtalarining markazga intilma tezlanishlari nisbatini toping. (2.8-rasm).

2.17. Aylana bo‘ylab tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan moddiy nuqtaning A nuqtadagi burchak tezligi $\omega_A = 2rad/s$, B nuqtada esa $\omega_B = 4rad/s$ ga teng bo‘lsa, moddiy nuqtaning burchak tezlanishi (rad/s^2) qanday? $\pi= 3$ (2.9-rasm).

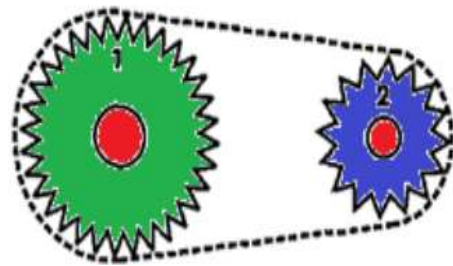
2.18. Yassi ko‘zgu O nuqta atrofida aylanmoqda. K nuqtaning ko‘zgidagi tasvi 2 s vaqt davomida 60^0 burilib K_1 vaziyatdan K_2 vaziyatni oldi . Ko‘zguning aylanish davri necha s ga teng ? (2.10-rasm).



2.10-rasm



2.9-rasm



2.8-rasm

2.19. Diametri 0.5 m bo'lgan barabanga tros maxkamlangan. Baraban tekis aylanishni boshlagandan 5 s o'tgan, unga 10 m tros o'raldi. Barabanning aylanish davri nimaga teng.

2.20. Shkiv 10 s da 40 marta aylanadi. Aylanish o'qidan qanday maso-fada joylashgan nuqtalar 10π m/s tezlik bilan harakatlanadi?

2.21. Moddiy nuqta aylana bo'ylab o'zgarmas 50 m/s tezlik bilan harakatlanadi. Tezlik vektorining yo'nalishi 2 s da 30° burchakka o'zgardi. Nuqtaning markazga intilma tezlanishini aniqlang.

2.22. Parma yordamida diametri 20 mm bo'lgan tirqish ochilmoqda. Parma ichki qirrasining tezligi 400 mm/s va bir marta aylanganda 0.5 mm chuqurlikdagi burg'ulashni amalga oshirmoqda. Detalda 150 mm chuqurlikdagi teshik ochish uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?

2.23. Aylanayotgan g'ildirak chetki nuqtasining tezligi 0.5 m/s ga teng, bu nuqtadan aylanish o'qiga 4 sm yaqin bo'lgan nuqtaning tezligi 0.3 m/s bo'lsa, g'ildirak radiusini toping.

2.24. Ikki shkiv tasmali uzatma yordamida bo'glangan. Yetaklivchi shkiv minutiga 600 marta aylanadi, yetaklanuvchi shkiv esa minutiga 3000 marta. Yetaklanuvchi g'ildirakning radiusi 10 sm bo'lsa, yetaklovchi shkivning radiusini toping.

2.25. Velosiped g'ildiragining diametri 70 sm, yetaklovchi charhdagi tishlar soni 48 ta, yetaklanuvchi charhdagi tishlar soni 18 ta. Velosiped pidali 1 ayl/s chastota bilan tepilsa, velosiped qanday tezlikda harakatlanadi?

2.26. Yumaloq arraning diametri 600 mm. Diametri 300 mm bo'lgan, arra o'qiga o'rnatilgan shkiv dvigatelga o'rnatilgan diametri 120 mm shkiv bilan tasmali nuzatma orqali aylantiriladi. Elektrodvigatelning aylanish chastitasi 3000 ayl/min bo'lsa, arra tishlari qanday tezlikda harakatlanadi?

2.27. Miltiqdan chiqadigan o‘q 50 ayl/s chastota bilan aylanayotgan , diametri 20 sm bo‘lgan yupqa devorli silindrga borib tegadi. Agar o‘q silindrning diametric yo‘nalishida otilsa, va o‘q silindr uchidan uchib chiqqanda kirish teshigi 1 sm ga siljisa, o‘qning tezligini toping.

2.28. Yer sirtining 60^0 kenglikda yotuvchi nuqtasining chiziqli tezligi ekvatorda yotuvchi nuqtaning chiziqli tezligidan necha marta kichik?

2.29. Aylana bo‘ylab 16 rad/s burchak tezlik va 2 m/s chiziqli tezlik bilan harakatlanayotgan nuqtaning markazga intilma tezlanishini aniqlang.

2.30. Agar g‘ildirakning aylanish davri 5 marta kamaysa, uning gardishidagi nuqtaning markazga intilma tezlanishi necha marta ortadi?



Gorizontaal otilgan jism ikkita harakatda ishtirok etadi.

1. OX o'qi bo'yicha gorizontaal tekis harakat qiladi. $v_x = v_0$

2. OY o'qi bo'yicha erkin tushadi.
 $v_y = gt$

❖ Tezlikning oniy qiymat

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} \quad (3.1)$$

❖ Uchish vaqti $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (3.2)

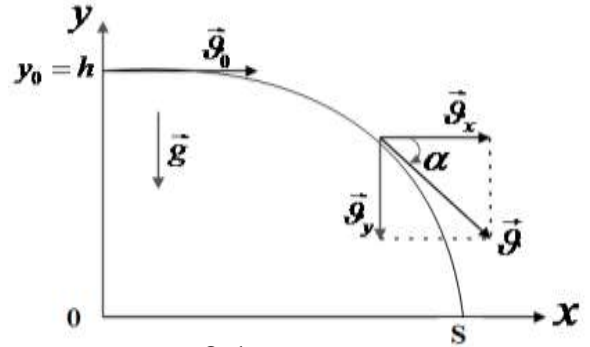
❖ Uchish uzoqligi $L = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (3.3)

❖ Trayektoriya egrilik radiusi $R = \frac{v^3}{v_0 g} = \frac{\sqrt{(v_0^2 + (gt)^2)^3}}{v_0 g}$ (3.4)

❖ Normal tezlanish $a_n = \frac{v_0 g}{v} = \frac{v_0 g}{\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}}$ (3.5)

❖ Tangensial tezlanish $a_t = \frac{g^2 t}{v} = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}}$ (3.6)

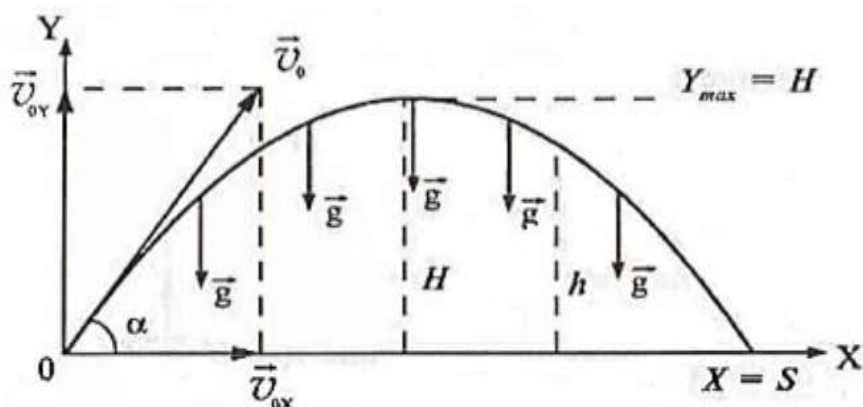
❖ Trayektoriya tenglamasi $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ (3.7)



3.1-rasm

Gorizontga α burchak ostida otilgan jism harakati

Jism harakati murakkab bo'lib ikkita harakatda ishtirok etadi



- ❖ Tezlikning 3.2-rasm gorizontal
tashkil etuvchisi $v_x = v_0 \cos \alpha$ (3.7)
- ❖ Tezlikning vertikal tashkil etuvchisi $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ (3.8)
- ❖ Ko'tarilish vaqti $t_k = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ (3.9)
- ❖ Ko'tarilish balandligi $h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ (3.10)
- ❖ Maksimal ko'tarilish balandligi $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ (3.11)
- ❖ Uchish uzoqligi $L = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ (3.12)
- ❖ Trayektoriya tenglamasi $y = tg\alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$ (3.13)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala: Jism gorizontga 53° burchak ostida 100 m/s boshlang'ich tezlik bilan otildi. 2s dan keyin jism harakat trayektoriyasining egrilik radiusi qanday bo'ladi? ($\sin 53^\circ = 0,8$; $\cos 53^\circ = 0,6$)

$$\alpha = 53^\circ, v_0 = 100 \text{ m/s}, t = 2 \text{ s } R = ?$$

Yechish. 2 s dan so'ng jism tezligining vertikal va gorizontal tashkil etuvchilarini topib olaylik:

$$v_x = v_0 \cos 53 = 100 \cdot 0,6 = 60 \text{ m/s}$$

$$v_y = v_0 \sin 53 - gt = 100 \cdot 0,8 - 2 \cdot 10 = 60 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 60\sqrt{2}$$

Normal tezlanishni tezlik tashkil etuvchisiga quyidagicha bog'laymiz:

Chizmaga asosan

$$\cos \alpha = \frac{a_n}{g}; \sin \alpha = \frac{a_t}{g}$$

$$\cos \alpha = \frac{\vartheta_x}{\vartheta}; \sin \alpha = \frac{\vartheta_y}{\vartheta}$$

$$\cos \alpha = \frac{a_n}{g} = \frac{\vartheta_x}{\vartheta} a_n = \frac{\vartheta^2}{R}$$

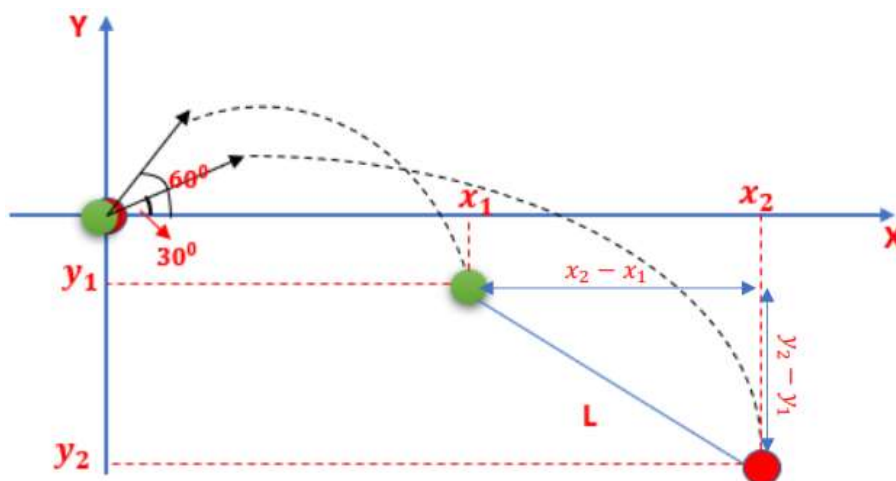
bilgan holda

$$a_n = \frac{g\vartheta_x}{\vartheta} = \frac{\vartheta^2}{R} \rightarrow R = \frac{\vartheta^3}{\vartheta_x \cdot g} R = \frac{60\sqrt{2} \cdot 7200}{600} = 1008 \text{ m}$$

2-masala: Bir nuqtadan bir tomonga ikki jism bir vaqtda 10m/s boshlang'ich tezlik bilan 30° va 60° burchak ostida otib yuborildi harakat boshlangandan 2 s o'tgan paytdagi jismlar orasidagi masofani toping.

$$\alpha = 30^\circ, \beta = 60^\circ \vartheta_0 = 10 \text{ m/s}, t=2 \text{ s}, L=?$$

Yechish. Masalani quyidagi koordinatalar sistemasi orqali ifodalab olamiz:

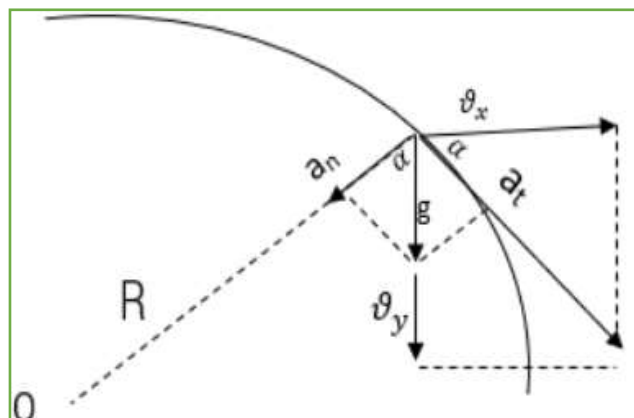


Chizmadan yaqqol ko 3.3-rasm liki Pifagor teoremasiga asosan biror vaqt oralig'idan keyingi jismlar orasidagi masofa quyidagiga teng:

$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ endi jismlarning 2 s dan keyingi koordina-talarini topib olamiz,

$$x_1 = \vartheta_x \cdot t = \vartheta_0 \cos 30 \cdot t = 17,3 \text{ m};$$

$$x_2 = \vartheta_x \cdot t = \vartheta_0 \cos 60 \cdot t = 10 \text{ m}$$



3.2-rasm

$$y_1 = v_y \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin 30 \cdot t - \frac{gt^2}{2} = -10m \text{ (Eslatib o'tamiz bu yerda minus ishora ushbu jism otilish nuqtasidan vertikal 10 m pastga tush-ganini bildiradi)}$$

$$y_2 = v_y \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin 60 \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 2,7 m$$

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{7,3^2 + 7,3^2} = 7,3\sqrt{2} = 10,3 m$$

3-masala: Kichik elastik sharcha vertikal tushayotib, qiyaligi $\alpha = 15^\circ$ bo'lgan elastik tekislikka $5m/s$ tezlikda uriladi. Sharchaning tekislikka birinchi va ikkinchi urilishi oralig'idagi gorizontall ko'chishi nimaga teng bo'ladi?

Yechish. Erkin tushish tezlanishi va urilish tezligining tekislikka nisbatan vertikal va gorizontall tashkil etuv-chilarini topib olaylik: $g_x = g \sin 15$;
 $g_y = g \cos 15$
 $v_x = v \sin 15$; $v_y = v \cos 15$

Birinchi va ikkinchi urilishda jism qancha vaqt harakat qilganini

$$\text{topib olaylik } t = \frac{2v_y}{g_y} = \frac{2v \cos 15}{g \cos 15} = \frac{2v}{g} = 1s$$

Jism tekislik bo'ylab L masofaga ko'chganda tekis tezlanuvchan harakat qiladi demak:

$$L = v_x \cdot t + \frac{g_x \cdot t^2}{2} = v \sin 15 \cdot t + \frac{g \sin 15 \cdot t^2}{2} = \sin 15 \cdot \left(v \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \right)$$

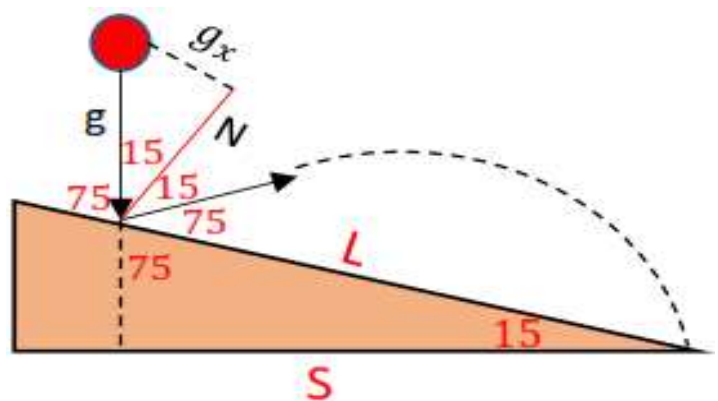
Endi to'g'ri burchakli uchburchak xossasidan gorizontall ko'chishni topishimiz mumkin:

$$\frac{S}{L} = \cos 15 \Leftrightarrow S = L \cos 15 \quad S = \cos 15 \cdot \sin 15 \cdot \left(v \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \right)$$

Tenglamani surat maxrajini 2 ga ko'paytirib bo'lamiz:

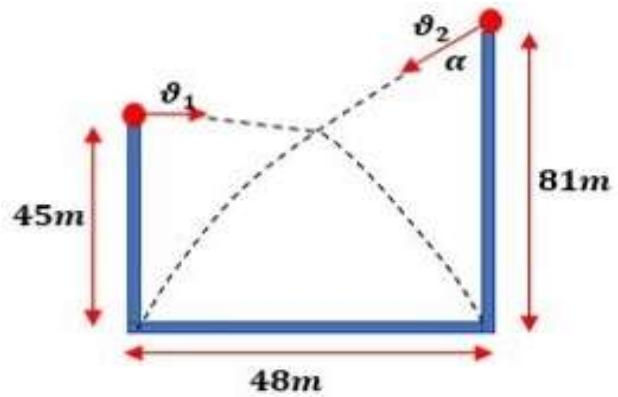
$$S = \frac{2 \cdot \cos 15 \cdot \sin 15 \cdot \left(v \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \right)}{2} =$$

$$\frac{\sin 30 \cdot \left(v \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \right)}{2} = \frac{5 + 5}{4} = 2,5m$$



3.4-rasm

4-masala: Rasmda ko'rsatilgan 1-jism gorizontaal yo'nalishda otilgani aniq bo'lib, har ikki jism bir vaqtda otilib, bir vaqtda ko'rsatilgan joyga borib tushgan. Jismlarning boshlang'ich tezliklari qanchaga farq qiladi?



3.5-rasm

Yechish. Jismlarning tushish vaqtini birinchi jism ma'lumotlaridan foydalanib topib olamiz.

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45}{10}} = 3s$$

$$L = v_1 \cdot t \text{ bundan: } 48 = v_1 \cdot 3 \rightarrow v_1 = 16m/s.$$

Ikkinchi jism uchun $H = v_2 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}$ bundan:

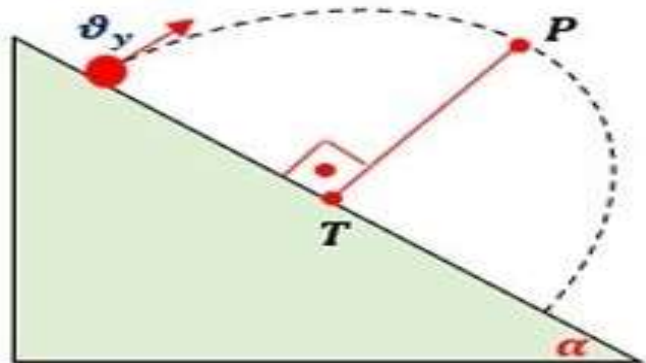
$$81 = 3v_2 \sin \alpha + 45 \rightarrow v_2 \sin \alpha = 12 \text{ chiqadi, } L = v_2 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$\text{bundan: } 48 = 3v_2 \cdot \cos \alpha \rightarrow v_2 \cdot \cos \alpha = 16. \text{ U holda } \begin{cases} v_2 \sin \alpha = 12 \\ v_2 \cdot \cos \alpha = 16 \end{cases}$$

kvadratga ko'tarib qo'shib yuboramiz. $v_2^2 = 400 \rightarrow v_2 = 20m/s.$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 20 - 16 = 4m/s.$$

5-masala: Qiyalik burchagi 37° bo'lgan tekislik ustidagi jism mazkir tekislikka tik ravishda 4 m/s boshlang'ich tezlik bilan rasmda ko'rsatilgani kabi otildi. PT kesmaning uzunligini toping.



3.6-rasm

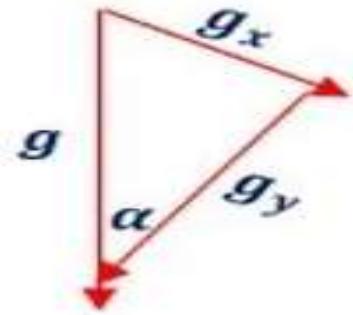
Yechish. Erkin tushish tezlanishining tekislikka nisbatan vertikal va gorizont tashkil etuvchilarini topib olamiz.

3.7 - rasmdan $g_x = g \sin \alpha$; $g_y = g \cos \alpha$. U holda jismning P nuqtaga ko'tarilish vaqti $t = \frac{v_y}{g_y}$ ga teng.

Demak PT balandlik quyudagiga teng:

$$PT = \frac{g_y \cdot t^2}{2} = \frac{g_y \cdot \left(\frac{v_y}{g_y}\right)^2}{2} = \frac{v_y^2}{2g_y}$$

$$= \frac{v_y^2}{2g \cos \alpha} = \frac{16}{20 \cdot 0,8} = 1m$$



3.7-rasm

Mustaqil ishlash uchun masalalar

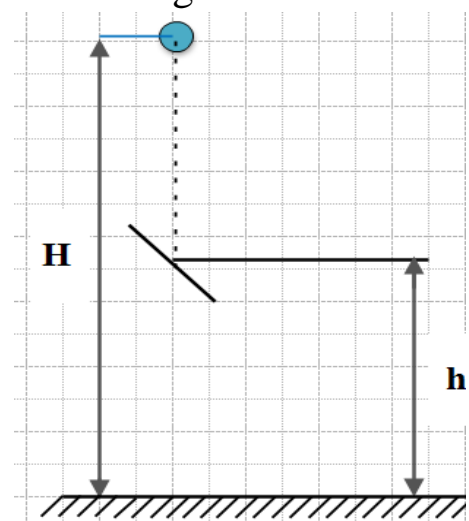
3.1. Vertolyot 125 m balandlikda gorizont yo'nalishda 20 m/s doimiy tezlik bilan uchmoqda. Qarama-qarshi yo'nalishdan 5 m/s tezlik bilan kelayotgan kemaga vertolyotdan yuk tashlash kerak. Uchuvchi kemadan qanday masofada yukni tashlash kerak?

3.2. 8 m balandlikdan goorizont otilgan jism, otilish nuqtasiga nisbatan gorizont 10 m masofaga joylashgan, balandligi 3 m bo'lgan devordan o'tib ketishi uchun, uni qanday minimal boshlang'ich tezlik bilan otish kerak?

3.3. Vertolyot gorizont yo'nalishda 20 m/s doimiy tezlik bilan uchmoqda. Vertolyotdan birinchi yuk, 6 sekunddan so'ng esa ikkinchi yuk tashlandi. Birinchi jism tashlangandan qancha vaqt o'tib, ular balandliklari orasidagi farq 300 m bo'ladi? Ularning yerga urilish nuqtalari orasidagi masofa qanday bo'ladi?

3.4. Jism H balandlikdan boshlang'ich tezliksiz erkin tushadi (3.8-rasm). Jism $h=0.5H$ balandlikda gorizontga 45° burchak ostida joylashgan to'siqqa uriladi. Urilish natijasida tezligi gori-zontal yo'nalib qoladi. Jism H balandlikdan qancha vaqtda tushadi?

3.5. Gorizont bilan 60° burchak hosil qilgan tog' cho'qqisidan gorizont otilgan



3.8-rasm

tosh, to'qqidan 20 m masofada tog'ning yon bag'riga urildi. Toshning boshlang'ich tezligini aniqlang.

3.6. Jism qoyadan 10 m/s boshlang'ich tezlik bilan gorizonttal otildi. Qoyaning balandligi 20 m bo'lsa, uning ko'chishini toping.

3.7. 5 m balandlikdan gorizonttal otilgan tosh yerga 60° burchak ostida urildi. Toshning boshlang'ich tezligini toping.

3.8. Jism $v_0 = 20 \text{ m/s}$ boshlang'ich tezlik bilan gorizontga $\alpha = 60^{\circ}$ burchak ostida otildi. Qanday t vaqtdan keyin u gorizontga nisbatan $\beta = 45^{\circ}$ burchak ostida harakatlanadi?

3.9. Shlangdan gorizontga $\alpha = 45^{\circ}$ burchak ostida $v_0 = 10 \text{ m/s}$ boshlang'ich tezlik bilan suv otilib chiqmoqda. Shlangning ko'ndalang kesim yuzasi $S = 5 \text{ cm}^2$ ga teng. Havodagi suv massasi topilsin.

3.10. Ikkita jism bir nuqtadan qarama-qarshi yo'nalishda gorizonttal $v_1 = 4 \text{ m/s}$ va $v_2 = 9 \text{ m/s}$ boshlang'ich tezliklar bilan bir vaqtda otildi. Qancha vaqtdan keyin jismlar tezliklarining yo'nalishlari orasidagi burchak 90° bo'ladi?

3.11. Jism 80 m balandlikdan 15 m/s tezlik bilan gorizonttal otilgan jism ma'lum vaqtdan keyin yerga tushdi. Jismning ko'chishdagi o'rtacha tezligini toping (m/s)? Havoning qarshilik kuchini hisobga olmang.

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

3.12. Gorizontga nisbatan 45° burchak ostida 10 m/s tezlik bilan otilgan jism 8 m naridagi vertikal devorga mutloq elastik urilib qaytdi va yerga tushdi. Jism otilish nuqtasidan qanday masofada tushadi (m)?

3.13. O'qchi 400 masofadagi nishonga o'q uzmoqda. O'q uchish davomida 3.2 m ga pastlagan bo'lsa, u qanday tezlik (m/s) bilan otilgan?

3.14. Yer sirtidan 105 m balandlikdan m massali sharcha gorizontga qiyalatib $v = 20 \text{ m/s}$ tezlik bilan otildi. Uning yer sirtiga urilish momentidagi tezligi (m/s) qanday?

3.15. Gorizontga burchak ostida otilgan jismning o'z harakati davomidagi eng kichik tezligi 20 m/s bo'lib, uchish uzoqligi 80 m. Jismning maksimal ko'tarilish balandligini hisoblang.

3.16. Gorizontga burchak ostida otilgan jismning o'z harakati davomidagi eng kichik tezligi 8 m/s va u 1,8 m balandlikka ko'tarila oladi. Jismning boshlang'ich tezligini toping.

3.17. To‘qqizinchi qavat balkonidan gorizonttal yo‘nalishda 10 m/s tezlik bilan komondan o‘q otildi. Harakatning 1,41-chi sekund oxirida o‘q trayektoriyasining egrilik radiusi qanday (m) qiymatga ega boladi? Havoning qarshiligini inobatga olmang, $g = 10 \text{ m/s}^2$. Har bir qavat balandligi 3 metr.

3.18. Jar yoqasida turgan bola toshni 10 m/s tezlik bilan gorizonttal yo‘nalishda otdi. Koordinata boshini toshni otilish nuqtasiga, absissa o‘qini toshning gorizonttal harakati yo‘nalishiga moslab, toshning harakat tayektoriyasi tenglamasini toping. $g = 10 \text{ m/s}^2$.

3.19. Gorizontga nisbatan 60° burchak ostida otilgan jism harakat boshlangandan keyin 4 s o‘tgach, vertikal yo‘nalishda 9,8 m/s tezlikka erishdi. Jism otilgan va tushgan joylari orasidagi masofani aniqlang (m).

3.20. $H = 80 \text{ m}$ balandlikdan $g = 35 \text{ m/s}$ tezlik bilan gorizonttal yo‘nalishda kamondan o‘q uzildi. O‘q harakatining boshlang‘ich va yerga tushish nuqtasi orasidagi s masofani (m) aniqlang.

3.21. Tosh gorizontga 53° burchak ostida 60 m/s tezlik bilan otildi. Toshning o‘z harakati davomidagi eng kichik tezligini toping.
($\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0.6$ $\sin 53^\circ = \cos 37^\circ = 0.8$).

3.22. Jami 6 s parvoz qilgan gorizontga burchak ostida otilgan jismning o‘z harakati davomidagi eng kichik tezligi 40 m/s bo‘lgan. Parvoznig 5-s dida uning umumiy tezligi qanday bo‘lgan.

3.23. Jism gorizontga burchak ostida otildi. Butun harakat vaqtining qanday qismida (foizlarda) jism maksimal ko‘tarilish balandligining $3/4$ qismidan balandda bo‘ladi?

3.24. Fudbol to‘pi 10 m/s tezlik bilan gorizontga 15° burchak ostida tepildi. Tepish nuqtasidan 3 m masofada vertikal devor bo‘lib, to‘p unga elastik uriladi. To‘pni tepish nuqtasidan u yerga tushgan nuqttagacha bo‘lgan masofani aniqlang.

3.25. Shlangdan gorizontga 15° burchak ostida suv oqimi chiqadi. Oqim shlangdan 20 m masofaga borib tushadi. Shlang uchining yuzasi 1 m^2 . Shlangdan bir minutda qancha massali suv oqib chiqadi?

3.26. Yerdan 30 m balandlikda joylashgan nuqtadan tosh 20 m/s tezlik bilan gorizontga 45° burchak ostida otildi. U otish nuqtasidan qanday masofada (gorizonttal bo‘yicha) tushadi?

3.27. Jism 30 m/s boshlang‘ich tezlik bilan gorizontga 45° burchak ostida otildi. Jismning tezligi gorizontga 30° burchak ostida yo‘nalgan paytda u qanday balandlikda bo‘ladi?

3.28. 1,5 m balandlikdan qiya tekislik ustiga vertikal yo‘nalishda sharcha tushadi va absalyut elastik ravishda qaytadi. U yana shu tekislikka tushish nuqtasidan qanday masofada uriladi? Tekislikning gorizontga qiyalik burchagi 30^0 .

3.29. Qandaydir nuqtadan ikkita tosh bir vaqtda otildi: biri shimoliy yo‘nalishda 24 m/s tezlik bilan gorizontga 30^0 burchak ostida, boshqasi janubiy yo‘nalishda 32 m/s tezlik bilan gorizontga 60^0 burchak ostida. 1,5 s dan so‘ng toshlar orasidagi masofani aniqlang?

3.30. Ikkita tosh bir gorizont chiziq ustida bir-biridan 42 m masofada joylashgan. Toshlardan biri vertikal yuqoriga 5 m/s tezlik bilan otiladi, ikkinchisi esa u bilan bir vaqtda 8 m/s tezlik bilan birinchi toshga tomon yo‘nalish bo‘ylab gorizontga 30^0 burchak ostida otiladi. Harakat davomida toshlar orasidagi eng kichik masofa qanchaga teng?.

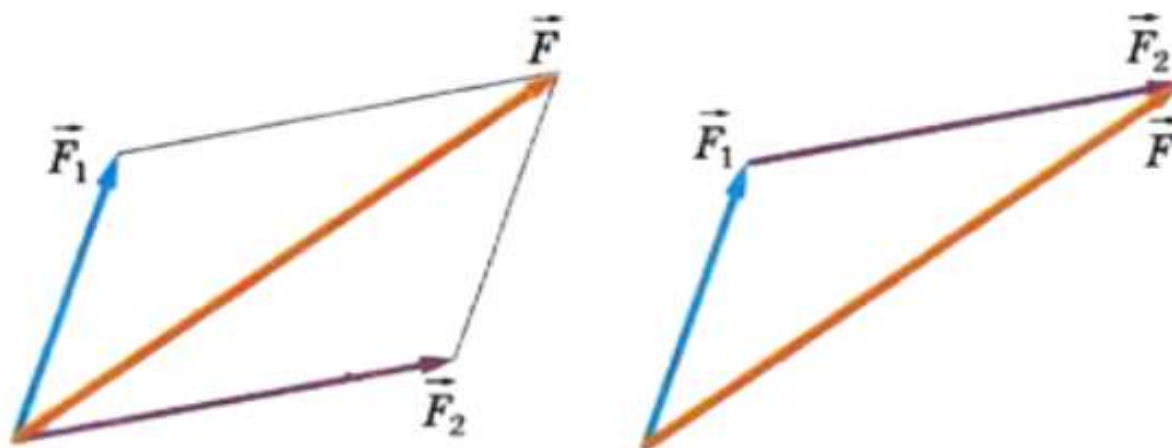
4-MAVZU



Jismlarning o'zaro ta'siri. Nyutonning II qonuni. Nyutonning III qonunining umumiy ko'rinishi va tadbiqu

❖ Kuchlarni qo'shish. Teng ta'sir etuvchi kuch moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning geometrik yig'indisiga teng.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n \quad (4.1)$$



4.1-rasm

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \quad (4.2)$$

❖ Kuchlar bir xil yo'nalgan bo'lsa ($\alpha=0^\circ$);

$$F = F_1 + F_2 \quad (4.3)$$

❖ Kuchlar qarama-qarshi yo'nalgan bo'lsa ($\alpha=180^\circ$);

$$F = F_1 - F_2 \quad (4.4)$$

❖ Kuchlar o'zaro perpendikulyar yo'nalgan bo'lsa ($\alpha=90^\circ$)

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad (4.5)$$

❖ Nyutonning II-qonuni

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (4.6)$$

agar $m = const$ bo'lsa, u holda jism

$$\vec{F} = m \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{K}}{dt} \text{ yoki } \frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F} \quad (4.7)$$

impulsning vaqt bo'yicha o'zgarishi unga ta'sir etuvchi kuchga teng.

❖ Agar jismning massasi vaqt bo'yicha o'zgaruvchan bo'lsa, u holda $\vec{F} = \frac{dm}{dt} \vec{v} + m \frac{d\vec{v}}{dt}$. (4.8)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala: Ishqalanish bo'lmagan qiya tekislikdagi 5 kg massali jism-lar sistemasi erkin harakatga keltirilgach, ularni bog'lab turuvchi ipdagi taranglik kuchi qanday bo'ladi?

($\alpha = 53^\circ$, $\beta = 37^\circ$)

Yechish. Sistema erkin harakatga kelgandan so'ng chap tomondagi jism qiyalik burchagi kattaroq bo'lgan tekislikda turganligi sababli pastga, o'ng tomondagi jism esa yuqoriga o'zgarimas tezlanish bilan harakatlana boshlaydi. Jismga ta'sir etuvchi kuchlarni chizmada ifodalab olaylik:

Aslida chizmada jismni qiya tekislikka tik bosib turuvchi kuchi ya'ni normal bosim kuchi ham mavjud bu kuchning tekislik uzunligiga nisbatan proyeksiyasi nolga teng bo'lgani uchun sizni chalg'itmaslik uchun chizib o'tirmadik, Demak chizmadan:

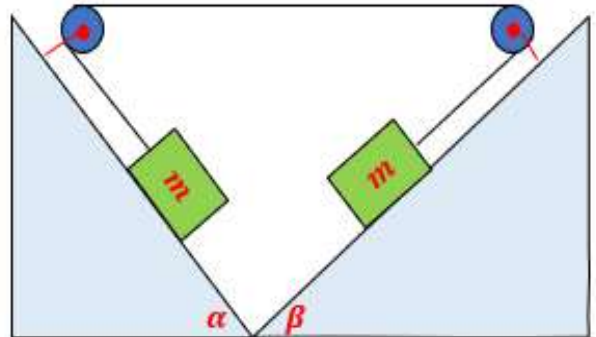
$$\frac{P_1}{mg} = \sin \alpha \rightarrow P_1 = mg \sin \alpha \quad (4.9)$$

$$\frac{P_2}{mg} = \sin \beta \rightarrow P_2 = mg \sin \beta \quad (4.10)$$

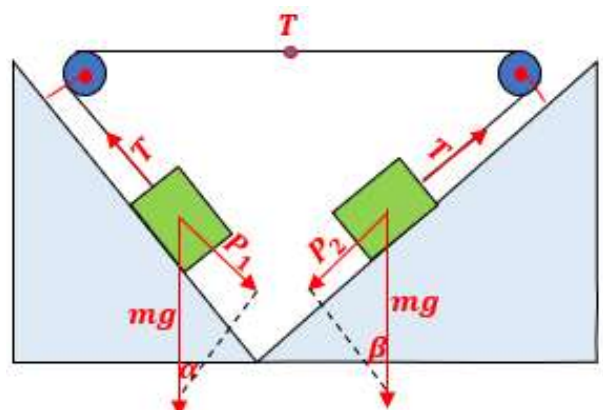
Chap va o'ng tomondagi jismlar uchun quyidagi kuch tenglamalarini tuzaylik:

$$\begin{cases} P_1 - T = ma \\ T - P_2 = ma \end{cases} \text{ sistemani bo'lib yuborsak:} \\ \frac{P_1 - T}{T - P_2} = 1 \quad T = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (4.11)$$

(4.9) va (4.10) ifodalarni (4.11) ifodaga keltirib qo'ysak quyidagi formulani hosil qilamiz: $T = \frac{mg(\sin \alpha + \sin \beta)}{2} = \frac{50(0,8 + 0,6)}{2} = 35N$



4.2-rasm



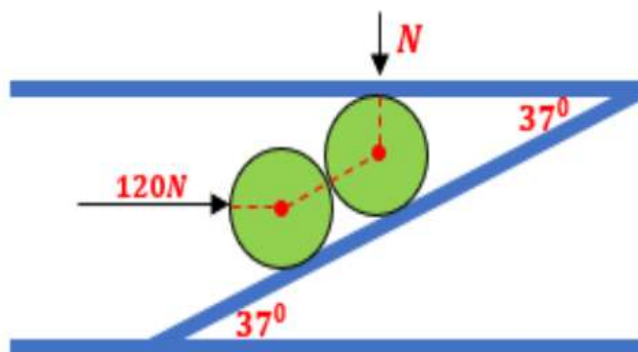
4.3-rasm

2-masala: Massalari 5 kg dan bo'lgan ikkita bir xil sharchalar qiya tekislikda gorizontol yo'nalgan 120N kuch ta'sirida 4.4-rasmda ko'rsatilgani kabi muvozanatda turibdi. Yuqori gorizontol tekislikning tepadagi sharchaga ko'rsatadigan bosim kuchini toping.

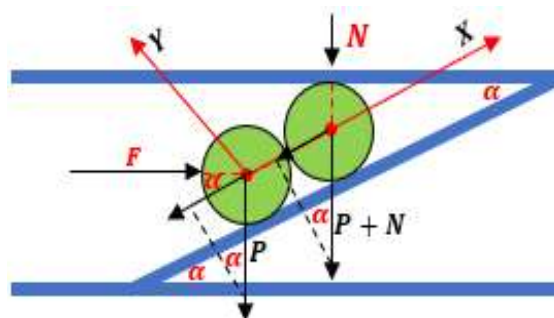
($\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$).

Yechish. Sharchalarga ta'sir etayotgan kuch yo'nalishlarini chizmada belgilab olaylik:

Barcha kuchlarning x o'qiga proyeksiyasini olib quyidagi kuch tenglamasini yozamiz:



4.4-rasm



4.5-rasm

$$-F \cos \alpha + P \sin \alpha + (P + N) \sin \alpha = 0$$

$$-F \cos \alpha + P \sin \alpha + P \sin \alpha + N \sin \alpha = 0$$

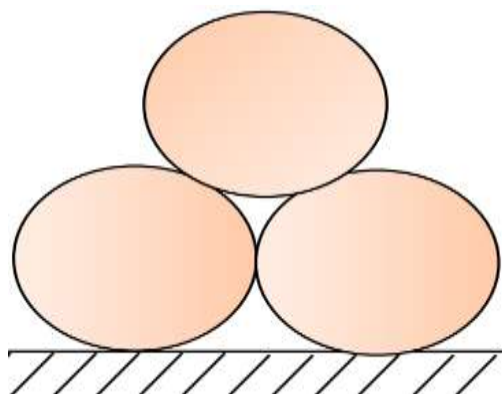
$$N = \frac{F \cos \alpha - 2P \sin \alpha}{\sin \alpha} \quad N = F \cot \alpha - 2P = F \cot \alpha - 2mg = 120 \cdot \frac{4}{3} - 2 \cdot 50 = 60N$$

3-masala: Tekislikda silindr shaklidagi 3 ta bir xil go'la 4.6-rasmdagidek joylashtirilgan bo'lsa, ishqalanish koefitsiyentining qanday qiymatlarida go'lalar tinch turadi?

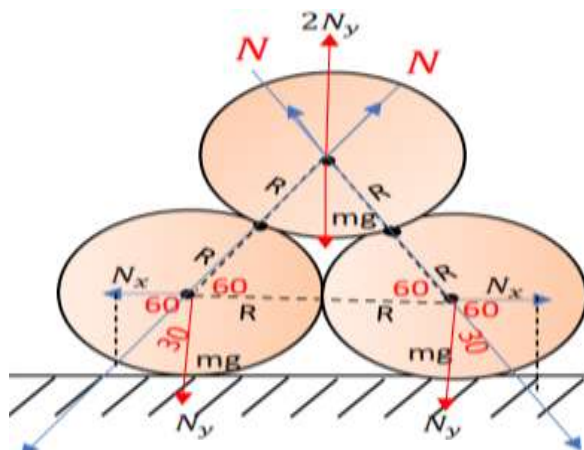
Yechish. Yuqoridagi go'la pastdagi go'lalarga bir xil normal bosim kuchi beradi, ushbu kuchlarning vertikal va gorizontol tashkil etuvchisini topib olamiz: $N_x = N \cos 60^\circ = \frac{1}{2} N$, $N_y = N \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} N$

$$2N_y = mg \rightarrow 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} N, mg = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} N \quad N = \frac{mg}{\sqrt{3}}$$

Endi pastdahi go'laga ta'sir etuvchi umumiy normal bosim kuchini topaylik: $f = N_y + mg = 1,5mg$



4.6-rasm



4.7-rasm

Goʻlalar muvozanatda turishi uchun ishqalanish kuchi, yuqoridagi goʻla berayotgan normal bosim kuchining gorizontol tashkil etuvchisiga kamida teng boʻlishi kerak:

$$F_{ish} \geq N_x, \mu f \geq \frac{1}{2} N = \frac{mg}{2\sqrt{3}}, \mu 1,5mg \geq \frac{mg}{2\sqrt{3}}, \mu \geq 0,19.$$

4-masala: 2.8 kg massali brusok vertikal devar boʻylab yuqoriga 70 N ga teng boʻlgan va vertikalga α burchak ostida yoʻnalgan kuch yordamida koʻchirilmoqda. Agar $\sin\alpha=0,6$, hamda brusok va devor orasidagi ishqalanish koefitsiyenti 0,4 ekanligi maʼlum boʻlsa, brusokning tezlanishini toping.

Yechish.

Kuchlarning oʻqlardagi proyeksiyasini topib olamiz:

$$\vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{f} = m\vec{a}$$

$$x) -F \sin \alpha + N = 0$$

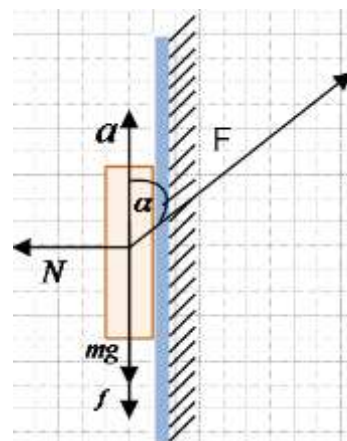
$$y) F \cos \alpha - mg - f = ma$$

$$N = F \sin \alpha = 70 \cdot 0,6 = 42,$$

$$F \cos \alpha - mg - \mu N = ma$$

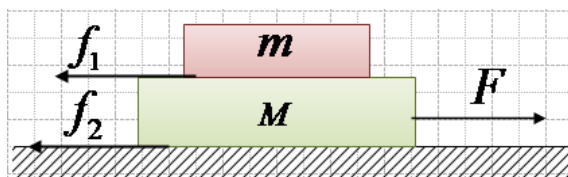
$$a = \frac{F \cos \alpha - mg - \mu N}{m}$$

$$= \frac{70 \cdot 0,8 - 28 - 0,4 \cdot 42}{2,8} = 4m/s^2$$



4.8-rasm

5-masala: Gorizontol polda 4 kg massali taxta ustida 1 kg massali brusok yotibdi. Taxta va brusok orasidagi ishqalanish koefitsiyenti 0,2, taxta va pol orasida esa 0,4. Brusok taxta ustidan



4.9-rasm

sirpanib chiqib ketishi uchun taxtaga qanday minimal gorizontol kuch ko'yish kerak?

Yechish.

$$a = \mu_1 g = 0,2 \cdot 10 = 2$$

$$F = f_1 + f_2 + Ma,$$

$$F = \mu_1 mg + \mu_2 (M + m)g + Ma$$

$$F = 30N$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

4.1. $m_1=200$ g va $m_2=300$ g massali jismlar silliq gorizontol sirtida ip yordamida bir-biriga biriktirilgan. Agar ikkinchi jismga 2N kuch gorizontga nisbatan 60° burchak ostida ta'sir etsa ipdagi taranglik kuchini qiymatini toping (N)?

4.2. Chana balandligi h , asosi 15 m bo'lgan tepalikdan tushdi va tepalik asosidan 35 m gorizontol yo'l bosib o'tib to'xtadi. Ishqalanish koeffitsiyenti yo'l davomida bir xil $\mu=0,4$ deb hisoblab, chana tushgan h balandlikni toping(m).

4.3. 8 kg massali yuk gorizontga 45° burchak ostida yuqoriga yo'nalgan $F=100$ N kuch bilan tortib ketilmoqda. Agar ishqalanish koeffitsiyenti 0,6 ga teng bo'lsa, jism qanday tezlanish bilan harakatlanmoqda (m/s^2)

4.4. Qiyaligi 30° bo'lgan qiya tekislik bo'ylab $2 m/s^2$ tezlanish bilan pastga harakatlanayotgan 5 kg massali jismni qiya tekislik bo'ylab yuqoriga tekislik bo'ylab yuqoriga tekis tortib chiqarish uchun unga qanday kuch (N) qo'yish kerak?

4.5. Yuk gorizontga 30° burchak ostida yuqoriga yo'nalgan 600 N kuch ta'sirida gorizontol yo'nalishda tekis harakat qilmoqda. Yuk va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0.3 ga teng bo'lsa yukning massasini toping.

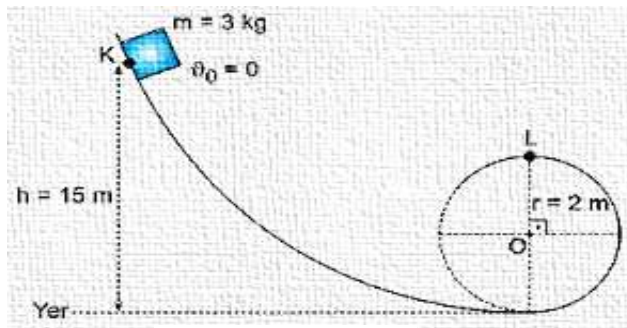
4.6. Massasi 20 g bo'lgan magnit temir devorga 16 N kuch bilan tortilib tinch turgan bo'lsa, magnitga ta'sir etuvchi ishqalanish kuchi (N) qancha? Magnit bilan temir orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2. $g=10 m/s^2$ deb oling.

4.7. Massasi 5 kg bo'lgan brusok vertikal devorga 100 N kuch ta'sirida siqilmoqda. Iqalanish koeffitsiyentining qanday qiymatida brusokning yuqoriga tekis ko'tarilishi uchun 80 N kuch kerak bo'ladi?

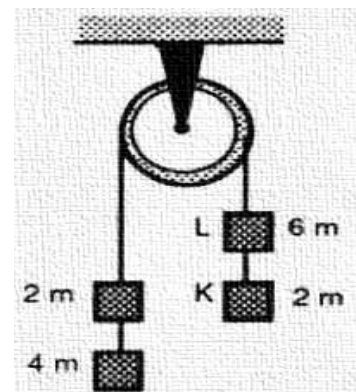
4.8. 3 kg massali jism o'lik sirtmoqqa ulanib ketgan silliq qiya tekislikdan sirpanib tushayotgan bo'lsa, u sirtmoqning L nuqtasini qanday kuch bilan bosadi (4.10-rasmga q.) (N)?

4.9. Ishqalanishsiz aylana oladigan ko'chmas blokka to'rtta jism rasmda ko'rsatilgan kabi bog'langan. K-L oralig'idagi ipning taranglik kuchini aniqlang? (4.11-rasmga q.).

4.10. 10 kg massali g'ildirak gorizont tekislikda dumalamoqda. Agar g'ildirak radiusi 0,5 m, dumalanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,01 m ga teng bo'lsa, Dumalanish ishqalanish kuchini toping.



4.10-rasm



4.11-rasm

4.11. $2,25 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan aravachaga yukli ip osilgan. Ip barqakor og'ma vaziyatni egallagandan keyingi taranglik kuchini toping. Yukning massasi 4 kg.

4.12. Qiyalik burchagi 30° bo'lgan qiya tekislik ustida 5 kg massali brusok yotibdi. Qiya tekislik 2 m/s^2 tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilayotgan lift ichida turibdi. Brusokning tekislikka normal bosim kuchini aniqlang.

4.13. Odam 6 kg massali chanani arqon yordamida doimiy tezlikda tortib bormoqda. Bunda arqon gorizont bilan qandaydir burchak hosil qiladi, va shu burchakning tangensi 0,75. Chana va gorizont sirt orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,3. Arqonning taranglik kuchini aniqlang. $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

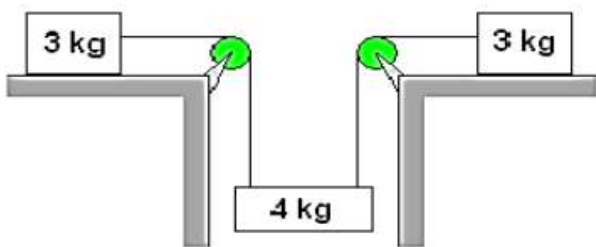
4.14. Shayba qiyalik burchagi gorizontga 45° bo'lgan qiya tekislik bo'ylab 12 m/s tezlik bilan yuqoriga turtib yuborildi. Qanchadir vaqtdan so'ng u to'xtaydi va pastga sirpana boshlaydi. Shayba boshlang'ich nuqtaga qanday tezlik bilan yetib keladi? Shaybaning tekislikka ishqalanish koeffitsiyenti 0,8.

4.15. Massasi 1000 kg bo‘lgan avtomobil egrilik radiusi 250 m bo‘lgan qavariq ko‘prik ustida 72 km/h tezlik bilan harakatlanmoqda. Ko‘prikning egrilik markazidan unga tomon o‘tkazilgan chiziq vertikal bilan 30° burchak hosil qiluvchi nuqtada avtomobil ko‘prikka qanday kuch bilan (kN da) bosadi?

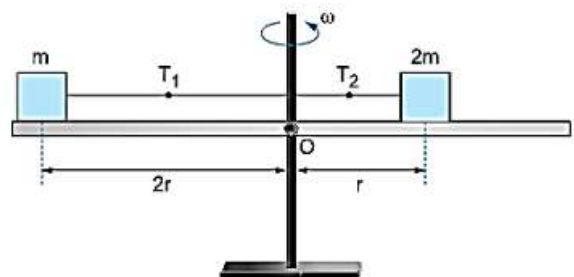
4.16. Agar egrilik radiusi 63 m bo‘lgan qavariq ko‘prik bo‘ylab harakatlanayotgan avtomobilning ko‘prikning yuqori nuqtasidagi bosim kuchi ko‘prikning egrilik markazidan unga tomon o‘tkazilgan chiziq vertikal bilan 30° burchak hosil qiluvchi nuqtadagi bosim kuchidan ikki marta katta bo‘lsa, avtomobil qanday tezlik bilan harakatlanmoqda?

4.17. Ishqalanish yo‘q bo‘lsa, 4.12-rasmdagi sistema qanday tezlanish bilan harakatlanadi (m/s^2)

4.18. 4.13-rasmda berilgan ma‘lumotlardan foydalanib jismlarni bog‘lovchi iplarning taranglik kuchlari nisbatini T_1/T_2 ni toping?



4.12-rasm



4.13-rasm

4.19. Mutlaq silliq stol 10 kg massali taxta, taxtada esa 4 kg massali taxtacha yotibdi. Taxta va taxtacha orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2. Taxtachaga 7 N gorizontal kuch qo‘yilgan. Taxta qanday tezlanish bilan harakatlanishini aniqlang. (m/s^2)

4.20. Massasi 50 kg bo‘lgan brusok 100 N kuch bilan vertikal devorga siqilgan. Brusokni vertikal yuqoriga tekis tortish uchun qanday kuch kerak? Devor va brusok orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0.3 ga teng.

4.21. Massasi 50 g bo‘lgan magnit vertikal temir ustunga yopishtirilgan. Magnitni vertikal pastga tekis sirpantirish uchun pastga yo‘nalgan 2 N kuch kerak bo‘ldi. Magnitni yuqoriga tekis tortish uchun qanday minimal kuch qo‘yish kerak?

4.22. Ikki bola massasi 60 kg bo‘lgan yashikni joyidan surishga harakat qilyabdi, ular o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishda yashikni itarmoqda. Ulardan biri 240 N kuch qo‘ygan. Yashik joyidan siljishi

uchun ikkinchi bola unga qanday kuch qo'yishi kerak? Ishqalanish koefitsiyenti 0,5.

4.23. Massasi 20 kg bo'lgan gorizontol sirtida yotgan jismga 120 N kuch ta'sir qiladi. Kuch gorizontga nisbatan 60° burchak ostida ta'sir etsa jism tekis harakatlanadi. Bu kuch gorizontga nisbatan 30° burchak ostida ta'sir etsa jism qanday tezlanish bilan harakatlanadi?

4.24. Muz tog' gorizont bilan 30° li burchak hosil qiladi. Undan yuqoriga turtib yuborilgan shayba 2 s da 16 m yo'l o'tib, to'xtgandan so'ng pastga sirpana boshlaydi. Muz va shayba orasidagi ishqalanish koefitsiyenti qanday? Sirpanib tushish qancha vaqt davom etgan?

4.25. Avtomobil kuzoviga qiyalatib tiragan taxta orqali sirpantirib, taxtaga parallel arqon orqali tortib, massasi 100 kg bo'lgan yashik tushiriladi. Kuzivning pastki qismi yerdan 1,5 m balandlikda, taxtaning uzunligi 3 m, ishqalanish koefitsiyenti 0.2 ga teng. Yashikning yer sirtiga yetgandagi tezligi 1 m/s bo'lsa, Arqonning taranglik kuchini aniqlang, bu kuchni o'zgarimas deb hisoblang.

4.26. Rezina shnurga mahkamlangan 100 g massali toshcha gorizontol tekislikda aylana bo'ylab 10 rad/s burchak tezlik bilan shunday aylanadiki, shnur vertikal bilan 60° burchak hosil qiladi. Agar shurning qattiqligi 40 N/m bo'lsa, uning cho'zilmagan holdagi uzunligini (sm da) toping.

4.27. Mototsiklchi qiya trekda qayrilish bajaradi. Agar ishqalanish koefitsiyenti 0,75, trekning qiyalik burchagi esa gorizontga 45° bo'lsa, harakatning mumkin bo'lgan maksimal tezligi minimalidan necha marta ortiq?

4.28. Radiusi 2,75 m bo'lgan sferaning ichkarisida kichik shayba bor. Shayba sfera markazidan 165 sm pastda sirpanmasdan turishi uchun, sferani vertikal o'q atrofida qanday maksimal burchak tezlikkacha aylantirish mumkin? ishqalanish koefitsiyenti 0,25. $g=9,8 \text{ m/s}^2$

4.29. Velosipedda 48 m radiusli yarim sfera shakliga ega bo'lgan do'nglik ustida hamma vaqt 38,4 m balandlikda (egrilik markazidan hisoblaganda) qolgan holda qanday maksimal tezlik bilan harakatlanish mumkin? G'ildirakning yerga ishqalanish koefitsiyenti 0,8.

4.30. Radiusi 12,5 sm bo'lgan sferaning ichkarisida kichik shayba bor. Shayba sfera markazidan 7,5 sm pastda sirpanmasdan turishi uchun, sferani vertikal o'q atrofida qanday minimal burchak tezlikkacha aylantirish mumkin? Ishqalanish koefitsiyenti 0,5. $g=9,8 \text{ m/s}^2$

5-MAVZU



Jismlarning erkin tushishi. Og'irlik. Vaznsizlik. O'ta yuklanish

❖ Nyutoning III – qonuni quyidagicha ta'riflanadi. «Ta'sirga teng va qarama-qarshi ta'sir mavjud, yoxud ikki-jism orasida bo'ladigan o'zaro ta'sir bir-biriga teng va qarama-qarashi tomonlarga yo'nalgandir.

❖ Agar ta'sir va o'zaro ta'sirni qarasak, u hamma vaqt ikki va undan ortiq jismlarning orasida bo'lib bir-biriga ta'sir qiladi:

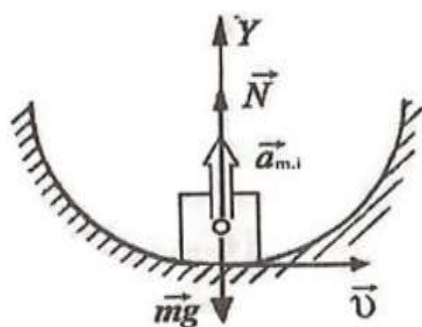
Masalan: Agar A jismga B jismdan F kuch qo'yilsa, u kuchni \vec{F}_{AB} deb belgilaymiz. III-qonunga ko'ra,

$$|\vec{F}_{AB} = \vec{F}_{BA}| \quad (5.1)$$

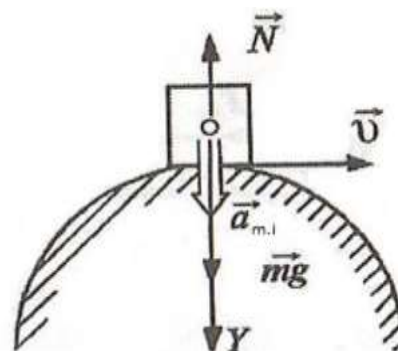
teng, bu esa har qaysi kuchga bitta to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalgan bo'lishini ko'rsatadi. Bundan kelib chiqadiki, kuch-bu ikki jism o'zaro ta'siri natijasidir.

❖ Markazga intilma kuch: $F_{m.i} = \frac{m\vartheta^2}{R}$ yoki $F_{m.i} = m\omega^2 R$ (5.2)

❖ Jism R radiusli botiq ko'prikda harakatlenganda unga markazdan qochma kuch ta'sir qiladi va bu kuch yo'nalishi og'irlik kuchi yo'nalishi bilan bir-xil bo'lganligi uchun jismning ko'prikka ta'siri ortib ketadi (5.1-rasm): $N = mg + \frac{m\vartheta^2}{R}$ (5.3)



5.1-rasm



5.2-rasm

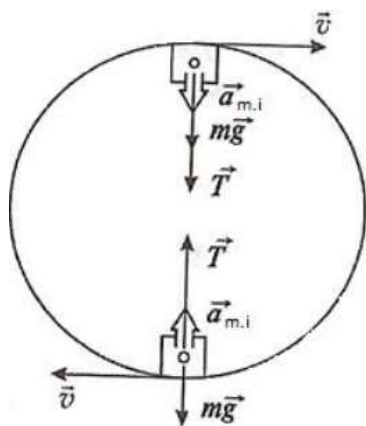
❖ Jism R radiusli qavariq ko'prikda harakatlenganda unga markazdan qochma kuch ta'sir qiladi va bu kuch yo'nalishi og'irlik kuchi yo'nalishi bilan qarama-qarshi bo'ladi. Jismning ko'prikka ta'siri esa kamayadi (5.2-rasm):

$$N = mg - \frac{m\vartheta^2}{R}. \quad (5.4)$$

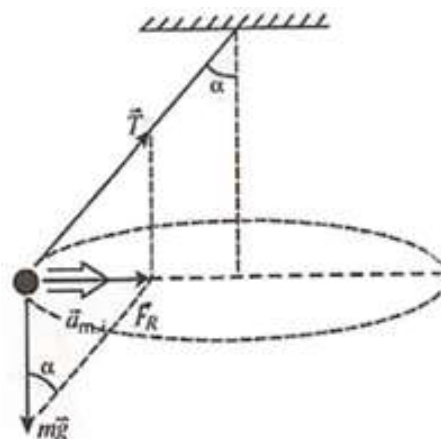
❖ Arqonga biror jismni bog‘lab vertikal tekislikda aylantirilganda jismga markazdan qochma kuch ta‘sir qiladi (5.3-rasm):

$$\text{Eng yuqori nuqtada: } T = \frac{m\vartheta^2}{R} - mg \quad (5.5)$$

$$\text{Eng pastki nuqtada: } T = \frac{m\vartheta^2}{R} + mg \quad (5.6)$$



5.3-rasm



5.4-rasm

❖ Vagon burilayotganda, unda osilgan mayatnik harakati (5.4-rasm):

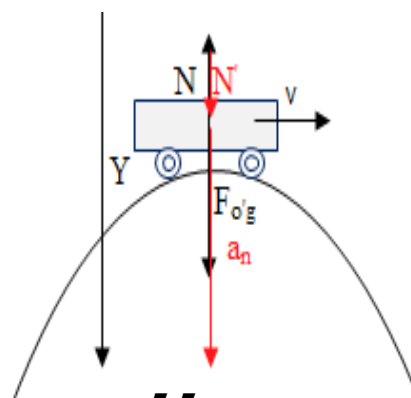
$$T = \sqrt{\left(\frac{m\vartheta^2}{R}\right)^2 + (mg)^2} = \frac{m}{R} \sqrt{(\vartheta^2)^2 + (gR)^2} \quad (5.7)$$

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala: Qavariq ko‘prikning yuqori nuqtasidan doimiy tezlik bilan o‘tayotgan 1 t massali mashinaning og‘irligi 8 kN ga teng. Mashinaning normal tezlanishi (m/s^2) qanday?

Yechish. Birinchi navbatda, og‘irlik ham vektor kattalik bo‘lgani uchun uning moduli haqida gapirish kerak. Lekin masala shartida, shunchaki, og‘irlik deb berilgan. Shunga qaramay, bu muammo emas, chunki

biz kuchning moduli haqida gapirishga o‘rganma gamiz va kuchning modulini ham kuch deb atayveramiz. Masalani yechimiga qaytsak,



5.5-rasm

mashinaga ko‘prikning yuqori nuqtasida og‘irlik kuchi $\vec{F}_{og'}$ va tayanch reaksiya kuchi \vec{N} ta‘sir etadi (5.5-rasm).

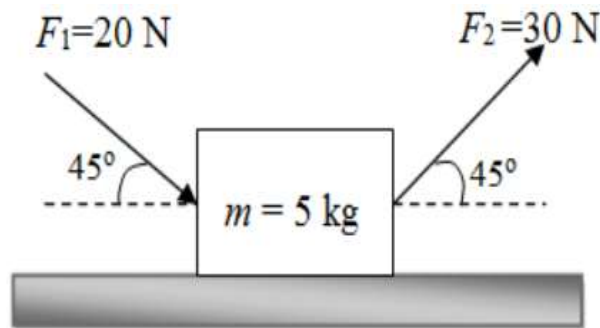
Nyutonning 2-qonuniga asosan bu ikki kuch mashinaga aylana (ko‘prik) markaziga tomon yo‘nalgan \vec{a}_n normal tezlanish beradi: $\vec{F}_{og'} + \vec{N} = m\vec{a}_n$. Pastga yo‘nalgan y o‘q tanlab olsak, tenglikdagi vektorlardan ozod bo‘lamiz: $F_{og'} - N = ma$. Bu tenglik uchun $F_{og'} = mg$ ekanligini hisobga olsak, $mg - N = ma_n$. Bundan, $a_n = \frac{mg - N}{m}$ tenglik hosil bo‘ladi. Tezlanishni aniqlash uchun yozilgan, $a_n = \frac{mg - N}{m}$ tenglikda tayanch reaksiya kuchining qiymati N dan tashqari barcha qiymatlar ma‘lum. Tayanch reaksiya kuchini qiymatini quyidagi mulohaza yordamida aniqlaymiz: Mashinaga ko‘prikning eng yuqori nuqtasida faqat og‘irlik kuchi va tayanch reaksiya kuchi ta‘sir etadi. Og‘irlikning ta‘rifiga asosan, bu vaziyatda og‘irlik, tayanch reaksiya kuchi N ning aks ta‘sir etuvchisi N' bo‘ladi.

Nyutonning 3-qonuniga asosan, N va N' qiymat bo‘yicha tengligi sababli, tayanch reaksiya kuchi qiymat bo‘yicha jismning og‘irligiga teng bo‘ladi, ya‘ni $N = 8 \text{ kN}$. Topilgan bu qiymatni

$$a_n = \frac{mg - N}{m} \text{ ga keltirib qo‘ysak, } a_n = \frac{10^3 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 8 \cdot 10^3 \text{ N}}{10^3 \text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Javob: $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

2-masala. m massali brusokka F_1 va F_2 kuchlar rasmda ko‘rsatilgandek ta‘sir qilmoqda. Agar brusok va sirt orasidagi ishqalanish koeffisienti $0,1$ bo‘lsa, shu sirt hamda brusok orasidagi ishqalanish kuchini (N) aniqlang.



5.6-rasm

Yechish.

F_1 va F_2 – brusokka burchak ostida taʼsir qiluvchi kuchlar.

m – brusok massasi.

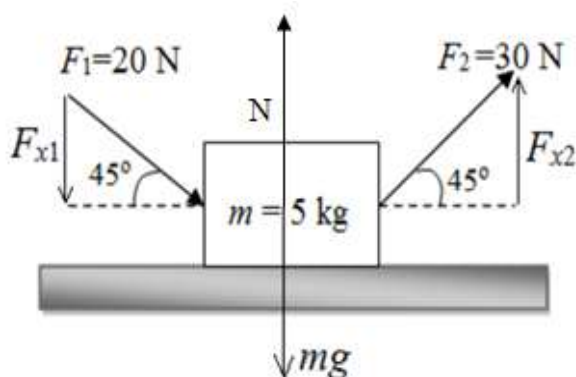
μ – ishqalanish koʻeffitsienti.

$g = 10 \text{ m/s}^2$ – erkin tushish tezlanishi.

Ishqalanish kuchi kuchi bir jism ikkinchi jismga koʻrsatadigan normal bosim kuchi (tayanch reaksiya kuchi) N ga toʻgʻri proporsionaldir.

Yaʼni, $F_{ishq} = \mu N$.

Rasmdagi brusokning tayanch reaksiya kuchini topib olamiz. Unga taʼsir qiluvchi kuchlarni vertikal taʼshkil etuvchilarini topib olamiz.



5.7-rasm

$$F_{x1} = F_1 \sin 45^\circ = 20 \text{ N} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

$$10\sqrt{2} \text{ N}.$$

$$F_{x2} = F_2 \sin 45^\circ = 30 \text{ N} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

$$15\sqrt{2} \text{ N}.$$

Bulardan N ning qiymatini topib olamiz.

$$N = mg + F_{x1} - F_{x2} = 5 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 10\sqrt{2} \text{ N} - 15\sqrt{2} \text{ N}$$

$N = 50 \text{ N} - 5\sqrt{2} \text{ N} = 43 \text{ N}$ ning qiymatini $F_{ishq} = \mu N$ ga qoʻyamiz:

$$F_{ishq} = \mu N = 0,1 \cdot 43 \text{ N} = 4,3 \text{ N}$$

Javob: 4,3 N

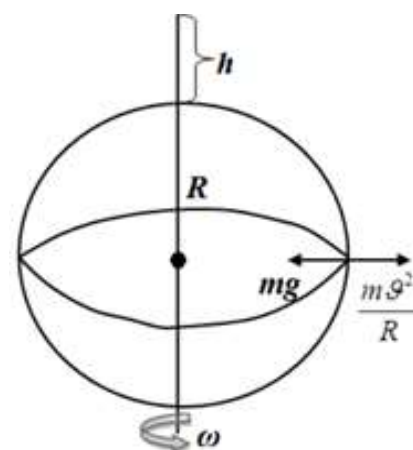
3-masala. Sayyoraning oʻz oʻqi atrofida aylanishi tufayli uning ekvatoridagi oʻgʻirligi qutbdagi ogʻirligidan kichikligi maʼlum. Qutbdan qanday h balandlikda jismning ogʻirligi uning ekvatoridagi ogʻirligiga teng boʻladi? Sayyorani R radiusli shar deb faraz qiling. Sayyoraning aylanish davri T , zichligi esa ρ ga teng.

R – sayyora radiusi.

T – sayyoraning aylanish davri.

ρ – sayyora zichlik.

h – qutbda turgan jismning sayyora sirtidan turgan balandligini.



5.8-rasm

$$P_{ek\vartheta} = mg_0 - \frac{m\vartheta^2}{R} \rightarrow \text{jismning ekvatoridagi og'irligi.}$$

$$P_q = mg = mg_0 \frac{R^2}{(R+h)^2} \rightarrow \text{qutbdan } h \text{ balandlikdagi jismning og'irligi.}$$

$$\text{Shart bo'yicha: } P_{ek\vartheta} = P_q$$

$$g_0 = G \frac{M}{R^2} = G \frac{\rho \cdot V}{R^2} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} = \frac{4}{3}\pi G\rho R$$

$$P_{ek\vartheta} = P_q \text{ ekanligini inobatga olib } mg_0 - \frac{m\vartheta^2}{R} = mg_0 \frac{R^2}{(R+h)^2} \text{ teklikni}$$

har ikkala tomoni m bo'lib yuborib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$g_0 - \frac{\vartheta^2}{R} = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2} \text{ bunda } \vartheta = \frac{2\pi R}{T} \text{ demak}$$

$$\frac{4}{3}\pi G\rho R - \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4}{3}\pi G\rho R \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

tenglikni har ikkala tomonini $4\pi R$ ga bo'lib yuborsak

$$\frac{G\rho}{3} - \frac{\pi}{T^2} = \frac{1}{3}G\rho \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

$$\frac{1}{3}G\rho \frac{R^2}{(R+h)^2} = \frac{G\rho T^2 - 3\pi}{3T^2} \Rightarrow (R+h)^2 = \frac{G\rho R^2 T^2}{G\rho T^2 - 3\pi} \Leftrightarrow$$

$$h = \sqrt{\frac{G\rho R^2 T^2}{G\rho T^2 - 3\pi}} - R$$

$$\text{Javob: } h = \sqrt{\frac{G\rho R^2 T^2}{G\rho T^2 - 3\pi}} - R$$

4-masala. Bir jinsli AB brus silliq devor va yerga tiralgan. Shaklda ko'rsatilgan holatda to'sin muvozanatda turishi uchun brus va yer orasidagi ishqalanish koeffisientining eng kam miqdorini toping.

Yechish.

AB to'sin.

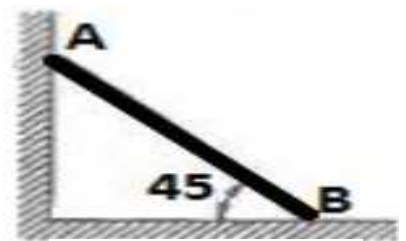
α -to'sin va yer orasidagi burchak

μ -? ishqalanish koeffisientini eng kichik qiymati

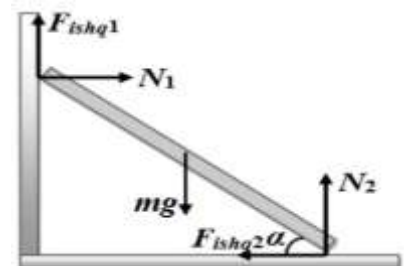
Ishqalanish kuchlari uchun:

$$\begin{cases} F_{ishq1} = \mu_1 N_1 \\ F_{ishq2} = \mu_2 N_2 \\ \mu_1 = 0 \end{cases}$$

(1)



5.9-rasm



5.10-rasm

To'sinning muvozanat sharti:
$$\begin{cases} N_1 - \mu_2 N_2 = 0 \\ \mu_1 N_1 + N_2 = mg = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Momentlar bo'yicha muvozanat sharti:

$$\mu_1 N_1 l \cos \alpha + \mu_2 N_2 l \sin \alpha - mg \frac{l}{2} \cos \alpha = 0 \quad (3)$$

Yuqoridagi (1) va (2) tenglamalardan quyidagilar kelib chiqadi:

$$N_1 = \frac{\mu_2 mg}{1 + \mu_1 \mu_2} \quad \text{va} \quad N_2 = \frac{mg}{1 + \mu_1 \mu_2}$$

Ishqalanish kuchlarini topib olamiz:

$$F_{ishq1} = \mu_1 N_1 = \frac{\mu_1 \mu_2 mg}{1 + \mu_1 \mu_2} \quad \mu_1\text{-devor bilan brusok orasidagi ishqalanish koefitsiyenti va } \mu_1 = 0$$

bo'lgani uchun $F_{ishq1} = 0$ bo'ladi.

$$F_{ishq2} = \mu_2 N_2 = \frac{\mu_2 mg}{1 + \mu_1 \mu_2} = \mu_2 mg. \quad (4)$$

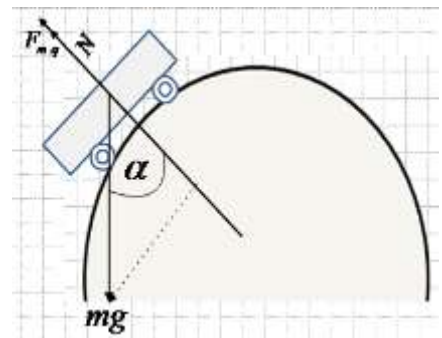
(3) tenglamani $\cos \alpha$ ga bo'lib, $\tan \alpha$ ni topamiz: $\mu_2 N_2 \tan \alpha = mg \frac{l}{2} \quad (4)$

dan foydalanib $N_2 = mg$

$$\mu_2 mg \tan \alpha = mg \frac{l}{2} \mu_2 \tan \alpha = \frac{1}{2} \text{ demak } \tan 45^\circ = 1 \text{ bo'lsa, } \mu_2 = \frac{1}{2}$$

Javob: $\mu_2 = \frac{1}{2}$.

5-masala. Massasi 1000 kg bo'lgan avtomobil egrilik radiusi 250 m bo'lgan qavariq ko'prik ustida 72 km/h tezlik bilan harakatlanmoqda. Ko'prikning egrilik markazidan unga tamon o'tkazilgan chiziq vertikal bilan 30° burchak hosil qiluvchi nuqtada avtomobil ko'prikka qanday kuch bilan (kNda) bosadi? $g=10\text{m/s}^2$, $\sqrt{3} = 1,72$



5.11-rasm

Yechish.

$$N + F_{mq} - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha - F_{mq}$$

$$N = mg \cos \alpha - m \frac{v^2}{R}, \quad N = m \left(g \cos \alpha - \frac{v^2}{R} \right)$$

$$N = 1000 \left(10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{400}{250} \right) = 7000$$

Javob: $N = 7\text{kN}$

6-masala: Massalari 2 kg va 1 kg bo‘lgan toshlar bir-biriga ip bilan birlashtirilib, vaznsiz blokka osilgan.

- 1) Toshlarning harakat tezlanishi,
- 2) ipning taranglik kuchi topilsin. Blokka bo‘lgan ishqalanish hisobga olinmasin.

Yechish. masalani chizmasini chizib olamiz va Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan kuchlarni proyeksiyalarini yozib olamiz:

$$m_1g - T = m_1a \quad (1)$$

$$m_2g - T = -m_2a \quad (2)$$

bu ikkala tenglamani ayirib yuborib tezlanishni topamiz:

$$g(m_1 - m_2) = (m_1 + m_2)a,$$

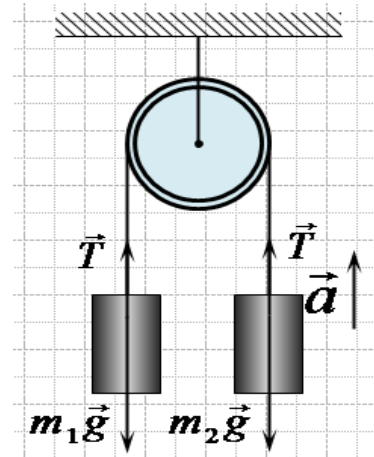
$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \quad (3).$$

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g = \frac{2 - 1}{2 + 1} \cdot 10 = 3,3 m/s^2.$$

Endi (3) ni (1) qo‘yib taranglik kuchini topamiz:

$$m_1g - T = m_1 \cdot \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \rightarrow T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2} g.$$

$$T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2} g = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1}{2 + 1} \cdot 10 = 13,3 N$$



5.12-rasm

Mustaqil ishlash uchun masalalar

5.1. Yengil avtomobil egrilik radiusi 60 m bo‘lgan qavariq ko‘prikdan o‘tmoqda. Ko‘prik o‘rtasida avtomobil tezligi necha m/s bo‘lganda, haydovchi vaznsizlikni sezadi? $g=10 m/s^2$.

5.2. Massasi 80 kg bo‘lgan velosipedchi 10 m/s tezlik bilan, egrilik radiusi 20 m bo‘lgan botiq ko‘prikda harakatlanmoqda. Ko‘prik-ning eng pastki nuqtasida velosipedchiga ta’sir qiluvchi elastiklik kuchini aniqlang.

5.3. Massasi 50 kg bo‘lgan bola uzunligi 4 m bo‘lgan arg‘umchoqda uchmoqda. U muvozanat xolatidan 6 m/s tezlikda o‘tishda, o‘rindiqa qanday kuch bilan bosadi?

5.4. Massasi 1 t bo‘lgan avtomobil i 20 m/s tezlik bilan, egrilik radiusi 100 m bo‘lgan qabariq ko‘prikda harakatlanmoqda. Ko‘prikning eng yuqori nuqtasida ko‘prikka qanday kuch bilan bosadi?

5.5. Massasi 2 t bo‘lgan 20 m/s tezlik bilan, egrilik radiusi 100 m bo‘lgan qabariq ko‘prikda harakatlanayorgan avtomobilning og‘irligi

ko'priknig eng yuqori nuqtasida gorizonta yo'ldagidan qanchaga kamayadi?

5.6. Bola ipga bog'langan massasi 50 g bo'lgan sharchani vertikal tekislikda doimiy tezlik bilan aylantirmoqda. Sharcha trayektoriyasining pastki va yuqori nuqtasidagi ipning taranglik kuchlari farqini toping.

5.7. Matematik mayatnik yukining massasi 1 kg , uzunligi 20 sm. Ip gorizont bilan 60° burchak hosil qilgan vaqt momentida yuk tezligi 1 m/s bo'lsa, bu vaqt momentida ipning taranglik kuchi qanday bo'ladi?

5.8. Massasi 1 t bo'lgan avtomobil 72 km/h tezlik bilan, egrilik radiusi 250 m bo'lgan qabariq ko'priknig harakatlanmoqda. Ko'priknig egrilik markazidan vertikal bilan 30° burchak hosil qilgan yo'nalishdagi ko'priknig nuqtasida avtomobil ko'priknig qanday kuch bilan bosadi?

5.9. Yengil ipga osilgan, gorizonta tekislikda tekis aylanayotgan 100 g massali sharchaning markazga intilma tezlanishi $a = \frac{3}{4}g$ ga teng (konik mayatnik) . Ipnig taranglik kuchini toping.

5.10. Gorizonta silliq stol ustida aylanish markaziga prujina orqali mahkamlangan yuk aylanadi. Aylanish chastotasi 0,5 Hz bo'lganda prujina deformatsiyasi 10 % bo'ldi. Bu yuk prujinaga osilsa uni 2 marta uzaytirsas, yukning aylanish radiusini aniqlang.

5.11. 5 t massali tramvay 128 m radiusli burilishda 9 km/soat tezlik bilan harakatlanib ketayotgan bo'lsa, g'ildirakning relsning yon tomonigbergan bosim kuchi topilsin.

5.12. 50 sm uzunlikdagi ipga bog'langan tosh vertikal tekislikda tekis aylantirilmoqda. Agar ipning toshdan o'n barobar ko'p yuk osilganda uzilib ketishi ma'lum bo'lsa, ip uzilishi uchun toshning sekundiga aylanish soni qancha bo'lishi topilsin.

5.13. 60 sm uzunlikdagi chilvirga bog'langan suv to'ldirilgan chelakcha vertikal tekislikda tekis aylantirilmoqda. 1) Eng yuqorigi nuqtada chelakchadagi suv to'kilib ketmasligi uchun, chelakcha aylanma harakatining eng kichik tezligi, 2) shunday tezlikda aylananing eng yuqorigi va pastki nuqtalaridagi chilvirning tarangligi topilsin. Suvli chelakchaning massasi 2kg.

5.14. Ipga bog'langan tosh vertikal tekislikda tekis aylantirilmoqda. Agar ipning maksimal va minimal taranglik kuchiniig farqi 10 N ga tengligi ma'lum bo'lsa, toshning massasi topilsin.

5.15. Disk vertikal o‘q atrofida 30 ayl/min ga mos kelgan tezlik bilan aylanadi. Diskning ustida aylanish o‘qidan 20 sm masofada jism yotibdi. Jism diskdan yumalab tushmasligi uchun jism va disk orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti qanday bo‘lishi kerak?

5.16. 30 sm uzunlikdagi ipga bog‘langan tosh gorizontal tekislikda 15 sm radiusli aylana chizadi. Toshning aylanma harakati tezligi minutiga qancha aylanish soniga mos keladi?

5.17. 25 sm uzunlikdagi ipga bog‘langan 50 g massali tosh gorizontal tekislikda aylana chizadi. Toshning aylanma tezligi 2 ayl/sek ga mos keladi. Ipnig taranglik kuchi topilsin.

5.18. Yo‘lning 100 m radiusli burilish joyi $\alpha = 10^\circ$ qiyalikka ega. Bu burilish qanday tezlikka mo‘ljallangan?

5.19. Ipga osilgan 1 kg og‘irlikdagi yuk 30° burchakka og‘diriladi. Yuk muvozanat vaziyatdan o‘tayotgan paytdagi ipning taranglik kuchi topilsin.

5.20. 50 sm uzunligidagi arqonga bog‘langan. $0,5 \text{ kg}$ og‘irlikdagi tosh vertikal tekislikda bir tekisda aylanmoqda. Aylananing eng pastki nuqtasida arqonning taranglik kuchi $T=44 \text{ N}$ ga teng. Agar toshning tezligi vertikal yuqoriga yo‘nalgan paytda arqon uzilib ketsa, tosh qanday balandlikka ko‘tariladi?

5.21. 40 sm radiusli disk tik o‘q atrofida aylanmoqda. Diskning chek-kasida kubcha turibdi. Ishqalanish koeffitsiyentini $\mu = 0,4$ deb olib, kubcha diskdan sirpanib ketishi uchun zarur bo‘lgan aylanish chastotasi ν ni toping.

5.22. Akrobat mototsiklda radiusi 4 m bo‘lgan “o‘lim halqasi” ni yasa-moqda. Yiqilib ketmasligi uchun akrobat halqaning eng yuqori nuqtasidan qanday eng kichik tezlik bilan o‘tmog‘i kerak?

5.23. Chilvirga tosh osilgan. Toshni chilvir gorizontal ko‘rinishni oladigan qilib chetlatdilar va qo‘yib yubordilar. Tosh muvozanat holatidan o‘tadigan paytda chilvirning taranglik kuchining kattaligi qancha? Chilvirning taranglik kuchi toshning og‘irlik kuchiga teng bo‘lgan paytda chilvir tezlik bilan qanday burchak tashkil qiladi?

5.24. Tayyora 200 m radiusli Nesterov halqasini yasamoqda. Agar tayyoraning tezligi 200 m/s bo‘lsa, uchuvchining eng pastki nuqtadagi o‘rindiqa bosim kuchi uchuvchining og‘irlik kuchidan necha marta katta bo‘ladi?

5.25. Uzunligi 50 sm bo'lgan chilvirga bog'langan yukcha gorizontal tekislikda aylanmoqda. Agar aylanish chastotasi 1 Hz bo'lsa, chilvir vertikal bilan qanday burchak hosil qiladi?

5.26. Uzunligi 1 m bo'lgan ipga bog'langan yukcha gorizontal tekislikda aylanmoqda. Agar ip vertikalidan 60^0 burchakka og'gan bo'lsa, aylanish davri aniqlansin.

5.27. Gildirak o'qqa o'rnatilganda og'irlik markazi aylanish o'qidan 0,1 mm masofaga siljib qoldi. Agar g'ildirakning aylanish 10 Hz bo'lsa, o'qning podshipnikninglarga bosim kuchi qanday oraliqda o'zgaradi? G'ildirakning massasi 100 kg.

5.28. Mototsikl 11,2 m radiusli tik silindrning ichki sirti bo'ylab yurmoqda. Odam va mototsiklning og'irlik markazi silindrning sirtidan 0,8m masofada joylashgan. Pokrishkaning silindr sirtiga ishqalanish koeffitsiyenti $\mu = 0,6$. Mototsiklchi qanday eng kichik tezlik bilan yurishi kerak? Shunda uning gorizonga egilish burchagi qanday bo'ladi?

5.29. Massasi 5 t bo'lgan avtomobil 10 m/s tezlik bilan qavariq ko'p-rikda harakatlanmoqda. Agar ko'prikning egrilik radiusi 50 m bo'lsa, eng yuqori qismida avtomobilning ko'prikka bosim kuchi aniqlansin.

5.30. Ichiga suyuqlik solingan idish tik o'q atrofida 2 Hz chastota bilan aylanmoqda. suyuqlikning sirti voronka ko'rinishiga ega. O'qdan 5 sm masofada joylashgan nuqtalarda suyuqlik sirtining qiyalik burchagi nimaga teng?

6-MAVZU



Impuls. Impulsning saqlanish qonuni

❖ Massani tezlikga ko'paytmasi harakat miqdori yoki jismning impulsu deyiladi.

❖ Jism impulsu; $\vec{K} = m\vec{v}$ (6.1)

❖ Massa markazi tezligi; $v_{mm} = \frac{\sum_i m_i v_i}{m}$ (6.2)

❖ Sistema impulsu;

$K = \sum_i K_i = \sum_i m_i v_i = m v_{mm}$ (6.3)

❖ Nyutonning I va II-chi qonunlariga ko'ra, yopiq sistemada $\sum_i \vec{K}_i = const$ bo'ladi.

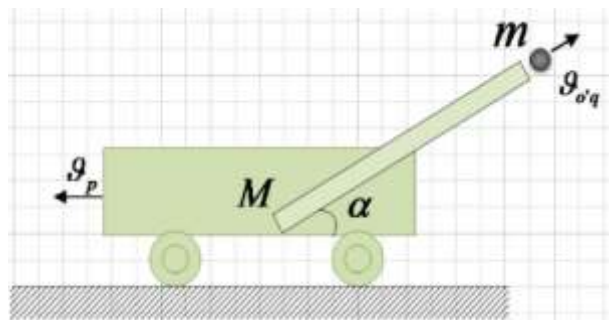
Masalan: $\frac{d\vec{K}}{dt} = F$ teng bo'lsa, u holda t - vaqt uchun $\vec{K} = const$ bo'ladi, u esa o'z navbatida $\sum \vec{F} = const$ olib keladi. Muvozanatlik shartiga ko'ra $\sum \vec{F} = 0$ bo'lganda, $\sum \vec{K} = \int \sum \vec{F} \cdot dt = const$ bo'ladi.

❖ $\frac{d\vec{K}}{dt} = 0$, $\vec{K} = const \rightarrow$

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = const$ (6.4)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. O'yinchoq pushka gorizontga 60° burchak ostida joylashgan. Pushkadan 2 m/s tezlik bilan o'q uzildi. Pushka massasi o'q massasidan 5 marta katta bo'lib, pushka silliq sirtida joylashgan. Pushka olgan tezlikni toping?



6.1-rasm

Yechish.

Impulsning saqlanish qonuniga ko'ra

$$M v_p + m v_{o'q x} = 0$$

$v_{o'q x}$ - o'qning x o'qidagi proyeksiyasi.

$$v_{o'q x} = v_{o'q} \cos \alpha, \quad v_p = -\frac{m}{M} v_{o'q} \cos \alpha \rightarrow$$

$$v_p = -\frac{1}{5} \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} = -0,2 m/s$$

2-masala. Birinchi aravaning massasi $m_1=100$ kg , tezligi esa $v_1=4$ m/s. Ikkinchi arava esa birinchi arava bilan bir yo‘nalishda harakatlanadi. Ikkinchi aravani massasi $m_2=200$ kg va tezligi $v_2=1$ m/s. To‘qnashuv mutloq elastik bo‘lsa, to‘qnashuvdan keyingi sistemaning tezligi qanday?

Yechish.

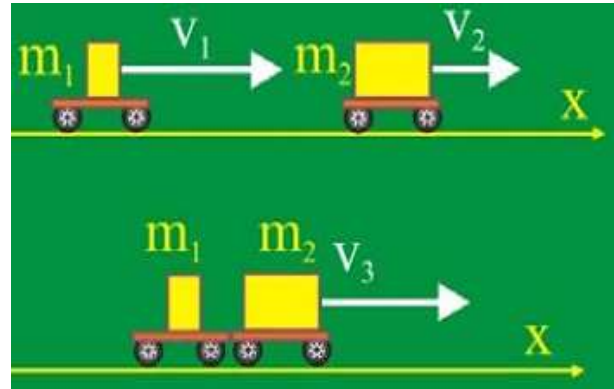
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_3$$

$$v_3 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

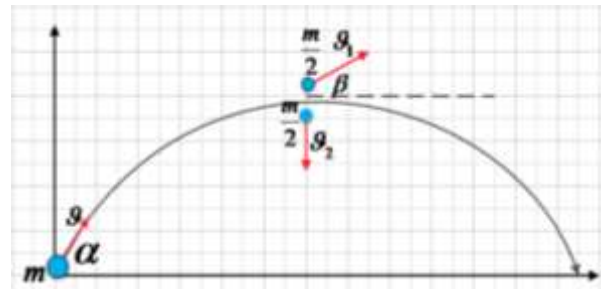
$$v_3 = \frac{100 \cdot 4 + 200 \cdot 1}{100 + 200} = 2 \text{ m/s}$$

3-masala. Snaryad 40 m/s tezlik bilan gorizontga 60° burchak ostida otildi. U traektoriyaning eng yuqori nuqtasida teng ikkiga bo‘lindi. Bo‘laklardan biri gorizontga nisbatan 45° burchak ostida v_1 tezlik bilan, ikkinchisi esa vertikal pastga v_2 tezlik bilan uchib ketdi. Bu v_1 va v_2 tezliklarni (m/s) toping.

Yechish. $m v \cos \alpha = \frac{m}{2} v_1 \cos \beta$ impulsning gorizont tashkil qiluvchilaridan v_1 ni topib olamiz:



6.2-rasm



6.3-rasm

$$v_1 = \frac{2m v \cos \alpha}{m \cos \beta} = \frac{2v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 40 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 57 \text{ m/s}$$

$$\frac{m}{2} v_2 = \frac{m}{2} v_1 \sin \beta \rightarrow v_2 = v_1 \sin \beta \rightarrow v_2 = 57 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 40$$

4-masala. Tupdan ortilganda $m=10$ kg massali snaryad 1,8 MJ kinetik energiya oladi. Agar top stvolining massasi 600 kg bo‘lsa, tepki natijasida stvol oladigan kinetik energiya aniqlansin.

Yechish. Snaryadning kinetik energiyasi $W_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$ bundan tezlikni topib olamiz: $v_1 = \sqrt{\frac{2W_1}{m_1}}$ impulsning saqlanish qonunidan foydalanib $P_1=P_2$;

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0 \rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$$

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} \sqrt{\frac{2W_1}{m_1}} \rightarrow W_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} \text{ tezlikning qiymatini keltirib qo'ysak}$$

$$W_2 = \frac{W_1 m_1}{m_2} = 30 \text{ kJ}$$

5-masala. 500 kg massali qoziqoyoq qoquvchi bolg'aning urg'ichi muayyan balandlikdan 100 kg massali qoziqoyoqqa tushadi. Urilishni noelastik deb hisoblab, urgichning urish FIK η topilsin. Qoziqoyoq chuqurlasha borishi bilan potensial energiyasining o'zgarishi hisobga olinmasin.

Yechish. Impulsning saqlanish qonunidan foydalanib

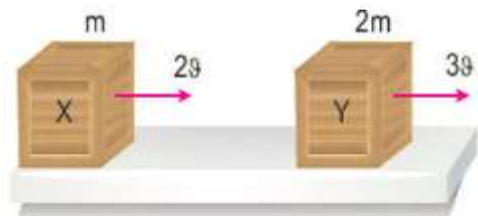
$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u \text{ urilishdan keyingi tezligi topib olamiz: } u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$\eta = \frac{W_2}{W_1}, W_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}, W_2 = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)^2} = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$$

$$\eta = \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 0,883$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

6.1. Gorizonttal sirt ustida m va $2m$ massali brusoklar $2v$ va $3v$ tezliklar bilan harakat qilmoqda. Ularning kinetik energiyalari nisbati $(\frac{E_{kX}}{E_{kY}} = ?)$ qanday bo'ladi?



6.4-rasm

6.2. 80 kg massali jismga gorizontga 60° burchak ostida yo'nalgan 200 N kuch ta'sirida qilmoqda. Sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,3 ga teng. Jismga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchini (N) toping.

6.3. Massasi 0,1 kg bo'lgan metall sharcha yer sirtidan gorizontga nisbatan $\alpha = \pi/5$ burchak ostida otildi va otilish nuqtasidan 7,5 m uzoqlikda joylashgan vertikal devor bilan absolyut elastik to'qnashdi. Bunda sharcha impulsining ozgarish moduli 1,6 kg m/s ga teng bo'ldi. Sharchaning boshlang'ich tezligini (m/s) aniqlang. $\sin \alpha = 0,59$, $\cos \alpha = 0,8$.

6.4. Suvning qayiq harakatiga qarshilik kuchi tezlikka proporsional bo'lib proporsionallik koeffitsiyenti 18 kg/s ga teng. Qayiqning massasi 100kg va boshlang'ich tezligi 4 m/s bo'lsa, 20m masofani bosib o'tgandan keyin tezligi qanday (m/s) bo'ladi.

6.5. Qayiqning massasi 100 kg , dastlabki tezligi 4 m/s ga teng. Suvning qayiq harakatiga qarshilik kuchi tezlikka proporsional bo‘lib, proporsionallik koeffitsienti 8 kg/s ga teng. Qayiq to‘xtaguncha qancha yo‘l (m) bosadi ?

6.6. v tezlik bilan harakatlanayotgan 3 kg massali sharcha tinch turgan ikkinchi sharchaga elastik urildi. Agar birinchi sharcha oldingi yo‘nalishiga nisbatan 90^0 burchak ostida $v/2$ tezlik bilan, ikkinchi sharcha esa $\sqrt{5}v$ tezlik bilan harakatlansa, ikkinchi sharchaning massasini toping (kg).

6.7. 10 kg massa va $u=500$ m/s tezlikka ega bo‘lgan snaryad portlab, ikki bo‘lakka bo‘lindi. $m/2$ massa va v tezlikka ega bo‘lgan birinchi bo‘lak dastlabki yo‘nalishiga $\pi/2$ urchak ostida uchib ketdi. Ikkinchi bo‘lakning impulsi snaryadning dastlabki impulsidan necha marta katta?

6.8. Jismning OX o‘qi bo‘yicha harakat tenglamasi $x = At + Bt^2$ (m), bu yerda $A = -8,0$ m/s, $B = 4,0$ m/s². Agar jismning massasi 2 kg bo‘lsa, 2 s paytdagi jismning impulsi qanday (kg·m/s)?

6.9. Gorizental sirtida yotgan $m_1=0,99$ kg massali jismga $m_2=10$ g massali o‘q kelib tegadi va unda qoladi. O‘qning tezligi 700 m/s ga teng va gorizental yo‘nalgan. Agar jism va sirt o‘rtasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,05 bo‘lsa, o‘q ta’sirida harakatga kelgan jism to‘xtaguncha qancha masofani (m) o‘tadi?

6.10. Katta va kichik aravachalar o‘zaro ta’sirlashuvdan keyin kattasi 4 m/s, kichigi esa 6 m/s tezlik olgan. Kichik aravachaning massasi 150 kg bo‘lsa, ikkinchisining massasi qanchaga (kg) teng?

6.11. Gorizental sirtida shar 2 kg·m/s impuls va 2 J kinetik energiyaga ega. Bu shar xuddi shunday tinch turgan shar bilan elastik to‘qnashib, unga 0,4 kg·m/s impuls berdi. Birinchi sharning kinetik energiyasi (J) qanday bo‘lib qoldi?

6.12. Odam aravachaga qarama-qarshi yo‘nalishda yuguryapti. Odamning tezligi 2 m/s, aravachaning tezligi 1 m/s. Odam aravachaga sakrab chiqadi va uning ustida qoladi. Agar odamning massasi aravachaning massasidan 2 marta katta bo‘lsa, shundan so‘ng aravachaning tezligi (m/s) qanday bo‘ladi?

6.13. Aravachada doimiy tezlik bilan harakatlanadi. Tezligi undan 2 marta katta bo‘lgan kishi aravachaga yetib olib, unga sakrab chiqadi va uning ustida qoladi, buning natijasida aravachaning tezligi 20 % ga ortadi. Aravachaning massasi odamning massasidan necha marta katta?

6.14. Vertikalga nisbatan 30^0 burchak ostida 800 m/s tezlikda uchib ketayotgan 50 kg massali snaryad qum ortilgan platformaga tegib unda,

ushlanib qoldi. Agar platformaning massasi 16 t bo'lsa, snaryad tekkanidan keyin platformaning tezligi qanday bo'lishini toping (m/s).

6.15. 10 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan plastilin bo'lagi devor nor-maliga 60° burchak ostida urildi. Urilish 0,01 s davom etgan bo'lsa, plastilin devorga o'rtacha qanday kuch bilan ta'sir etgan (N)? $m=0.5$ kg.

6.16. Massasi 500 g bo'lgan koptok $h=1,25$ m balandlikdan gorizontol sirtga erkin tashlandi. Koptokning sirt bilan urilishi 0,1 s davom etgan va urilish mutlaq elastik bo'lsa, koptokning sirtga ko'rsatadigan to'liq ta'sir kuchini toping(N)? $g = 10$ m/s²

6.17. Muz ustida turgan konkichi $v_1=5$ m/s tezlik Bilan $m_1=10$ kg massali toshni gorizontga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida uloqtiradi. Agar kon'kichining massasi $t_2=64$ kg bo'lsa uning harakatdagi boshlang'ich v_2 tezligi qanday bo'ladi?

6.18. Gorizontol yo'ldagi m massali sharcha 80 m masofadagi devor tomonga 2m/s tezlik bilan harakatlanmoqda,30 m masofadan so'ng u 3m massali ikkinchi sharcha bilan to'qnashib, birgalikda harakatni davom ettirdi. Sharchalar devorga borib yetguncha jami qancha vaqt (s) kerak.

6.19. $M=75$ kg massa va $v=119$ m/s tezlikka ega bo'lgan snaryad portlab ikki bo'lakka bo'lindi, $M/2$ massa va $5v$ tezlikka ega bo'lgan birinchi bo'lak dastlabki yo'nalishida uchib ketdi. Ikkinchi bo'lakning impulsi snaryadning dastlabki impulsidan necha marta katta?

6.20. Massalari mos ravishda 2 va 1 kg bo'lgan ikkita shar bir-biriga tomon 7,2 km/h va 3,6 km/h tezlik bilan harakatlanib, noelastik to'qnashishdi. Tizim kinetik energiyasining (J) o'zgarishini aniqlang.

6.21. Sharcha ikki massiv devorlar orasida ularga tik va elastik to'qnashib harakatlanmoqda. Devorlarni biri tinch turibdi, ikkinchisi 96 sm/s tezlik bilan uzoqlashmoqda. Sharcha dastlab tinch devordan 2016 sm/s tezlik bilan uzoqlashayotgan bo'lsa, uning oxirgi tezligi (sm/s) qanday bo'ladi?

6.22. Cheksiz koinotda 6 km/s tezlik bilan chayotgan 5 t massali raketa burilish uchun yon reaktiv dvigatelini yoqadi. Reaktiv oqimdagi gazlarning tezligi 2 km/s, yoqilg'i sarfi 10 kg/s. Qanday radiusli (km da) aylana bo'ylab burilish sodir bo'ladi?

6.23. 200 g massali yupqa zanjirning bir uchidan shunday ushlab turilibdiki, uning ikkinchi uchi stolga tegib turadi. Zanjircha qo'yib yuboriladi va u stolga tushadi. Zanjirchaning havoda joylashgan barcha elementlari erkin tushadi deb hisoblab, uning yarmi havoda bo'lgan paytda stolga beradigan bosim kuchini toping.

6.24. Massasi 10 kg bo'lgan, 4 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan shar massasi 4 kg, tezligi 12 m/s bo'lgan boshqa bir shar bilan to'qnashadi. To'qnashuv noelastik deb hisoblab quyidagi ikki hol uchun sharlarning urilishdan keyinchi tezligi topilsin: 1) kichik shar shu yo'nalishda harakatlanayotgan katta sharni quvib yetadi; 2) sharlar bir-biri tomon harakatlanadi.

6.25. 240 kg massali qayiqda 60 kg massali odam turibdi. Qayiq 2 m/s tezlik bilan suzmoqda. Odam qayiqdan gorizontal yo'nalishda 4 m/s tezlik bilan sakraydi (qayiqqa nisbatan). Qayiqning odam sakragandan keyingi harakat tezligi quyudagi ikki hol uchun topilsin: 1) Odam qayiq harakati yo'nalishi tomonga sakraydi; 2) qayiq harakati yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga sakraydi

6.26. Temiryo'lda tepkiga qarshi moslamasiz, stvoli gorizontal tekisligi bo'ylab joylashgan to'p biriktirilgan platforma turibdi. To'pdan temiryo'l yo'nalishida o'q otildi. O'qning massasi 10 kg va tezligi 1km/s. Agar qarshilik koeffitsiyenti 0,002 bo'lsa, otishdan keyin platforma qanday masoga siljib ketadi.

6.27. Yengilgina g'ildirak bilan ta'milangan uzun taxta ko'rinishidagi aravacha polda turibdi. Taxtaning bir uchida odam turibdi. Odamning massasi 60 kg, taxtaning massasi 20 kg. Agar odam taxta bo'ylab 1 m/s tezlik bilan (taxtaga nisbatan) harakatlana boshlasa, aravacha qanday tezlik bilan (po'lga nisbatan) harakatlana boshlaydi? Ishqalanishni hisobga olmang.

6.28. Temiryo'l platformasiga qurol o'rnatilgan. Platformaning qurol bilan birgalikdagi massasi 15 t . Qurol gorizontga nisbatan 60^0 burchak ostida yuqoriga, yo'l yo'nalishida o'q otadi. Agar o'qning massasi 20 kg va tezligi 600 m/s tezlik bilan uchsa, tepki natijasida platforma qanday tezlik bilan orqaga yuradi?

6.29. 5 kg massali bolg'a sandonda turgan uncha katta bo'lmagan temir bo'lagiga uriladi. Sandonning massasi 100 kg. Temir bo'lagining massasi e'tiborga olinmasin. Urilish noelastik deb hisoblab, bolg'a zarbasining FIK η aniqlansin.

6.30. Massasi 1 kg bo'lgan bolg'acha bilan massasi 75 g bo'lgan mix devorga qoqilmoqda. Berilgan shartlarda bolg'acha zarbasining FIK η aniqlansin.



❖ Agar \vec{F} yoʻnalishi harakat yoʻnalishi bilan ustma-ust tushmasa, unda birinchi jism \vec{F} kuch bilan taʼsir eitb ikkinchi jismni ds masofaga siljitsa, unda bajarilgan ish $dA = (\vec{F} \cdot d\vec{s})$ yoki

$$dA = \vec{F} \cdot \cos \alpha \cdot d\vec{s} \quad (7.1)$$

Demak, ish \vec{F} bilan ds ning skalyar koʻpaytmasiga teng ekan.

Agar \vec{F} kuch koʻchishga bogʻliq holda oʻzgarsa, u holda ish quyidagicha hisoblanadi, yaʼni

$$A_{12} = \int_1^2 dA = \int (\vec{F} d\vec{s}) = \Delta S \quad (7.2)$$

ish son jihatdan yuza kattaligiga teng ekan.

Har bir masala uchun bu integral hisoblanib, bajarilgan ishning qiymati topiladi. Ish bajarilishi uchun taʼsir etuvchi kuch F va koʻchish S ning qiymatlari nolga teng boʻlmasligi kerak.

❖ $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ ning $\alpha = 0$, bajarilgan ish $A > 0$ boʻladi.

$\alpha = 90^\circ$, bajarilgan ish $A = 0$ boʻladi.

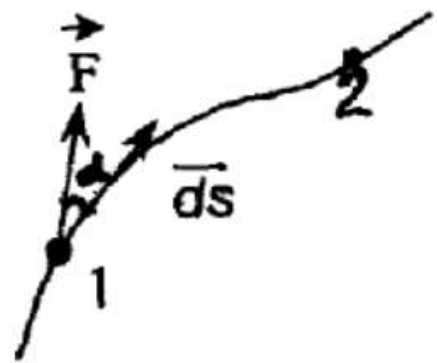
$\alpha = 180^\circ$ bajarilgan ish $A < 0$ boʻladi.

❖ Jism turgan balandlikdan h_1 dan h_2 gacha oʻzgartirishda ogʻirlik kuchining bajargan ishi:

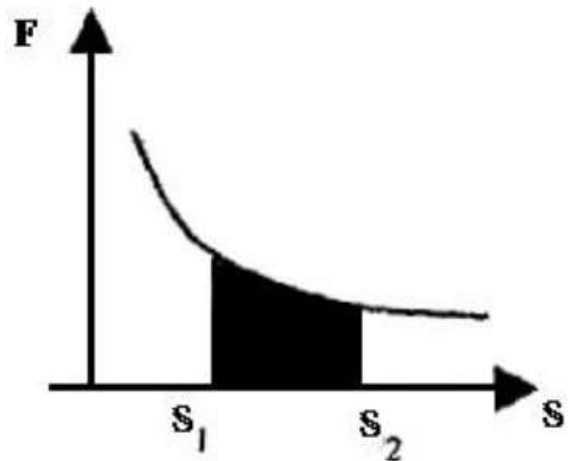
$$\text{❖ } A = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) \quad (7.3)$$

❖ Ishqalanish kuchining bajargan ishi har doim manfiy boʻlib, uning S yoʻlda ushbu koʻrinishda: $A = -\mu \cdot m \cdot g \cdot S$ (7.4)

❖ Jism Yer sirtidan h balandlikka tekis koʻtarish va h balandlikdan tekis tushirish uchun bajarilgan ish $A = m \cdot g \cdot h$ (7.5)



7.1-rasm



7.2-rasm

❖ Jism Yer sirtidan a tezlanish bilan h balandlikka ko'taruvchi kuchning bajarigan ishi: $A = m \cdot (g + a) \cdot h$ (7.6)

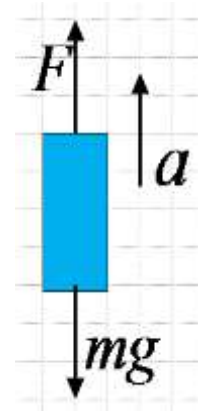
❖ Jismni h balandlikdan a ($a < g$) tezlanish bilan tushiruvchi kuchning bajarigan ishi: $A = m \cdot (g - a) \cdot h$ (7.7)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1- masala. Massasi 2 kg yukni 1 m balandlikka F o'zgarimas kuch bilan vertikal ko'tarishda $A=80 J$ ish bajarilgan. Yuk qanday tezlanish bilan ko'tarilgan?

Yechish. Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan proyeksiyasini tuzib olamiz: $ma = F - mg \rightarrow F = mg + ma$. Kuchni h balandlikdagi ishini topamiz: $A = F \cdot h$ demak $A = (mg + ma) \cdot h$ bu ish formulasidan tezlanishni topib olamiz:

$$A = mgh + mah \rightarrow A - mgh = mah \rightarrow a = \frac{A - mgh}{mh} = \frac{80 - 2 \cdot 10 \cdot 1}{2 \cdot 1} = 30 m/s^2$$



7.3-rasm

2-masala. Yuqoriga ko'tarilayotgan samolyot $h=5 km$ balandlikda $\vartheta=360 km/soat$ tezlikka erishadi. Samolyotning tezligini oshirishga sarf bo'lgan ishdan ko'tarilishda og'irlik kuchiga qarshi bajarilgan ish necha marta katta?

Yechish. Samolyotni ko'tarilishda og'irlik kuchiga qarshi bajarilgan ish: $A_1 = mgh$.

Samolyotning tezligini oshirishga sarf bo'lgan ish: $A_2 = \frac{m\vartheta^2}{2}$.

$$n = \frac{mgh}{\frac{m\vartheta^2}{2}} = \frac{2gh}{\vartheta^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 5000}{10000} = 10$$

3- masala. Harakatdagi 2 kg massali jismning: 1) tezligini 2 m/s dan 5 m/s gacha oshirish uchun, 2) boshlang'ich tezligi 8 m/s bo'lganda uni to'xtatish uchun qanday ish bajarish kerak?

Yechish. a) $A_1 = \frac{m\vartheta_2^2}{2} - \frac{m\vartheta_1^2}{2} = \frac{m}{2} (\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2) \rightarrow$

$$A_1 = \frac{2}{2} (5^2 - 2^2) = 21J$$

b) $A_2 = \frac{m\vartheta_4^2}{2} - \frac{m\vartheta_3^2}{2} = \frac{m}{2} (\vartheta_4^2 - \vartheta_3^2) \rightarrow A_2 = \frac{2}{2} (0 - 64) = -64J$

4- masala. Yukni uzunligi 2 m bo‘lgan qiya tekislikdan ko‘tarishda bajariladigan ish topilsin. Yukning massasi 100 kg, qiyalik burchagi 30° , ishqalanish koeffitsiyenti 0,1 va yuk 1 m/s^2 tezlanish bilan harakatlanmoqda.

Yechish. Bajarilgan ish: $A = Fl$, $\vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{ish} = m\vec{a}$
 x o‘qi bo‘yicha prayeksiyasini yozib olamiz:

$$x: F - F_{ish} - mg \sin \alpha = ma$$

$$y: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$F - \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma,$$

$$F = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha + ma$$

$$A = (\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha + ma)l$$

$$A = (0,1 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 0,87 + 100 \cdot 10 \cdot 0,5 + 100 \cdot 1) \cdot 2$$

$$A = (87 + 500 + 100) \cdot 2 = 1374 \text{ J}$$

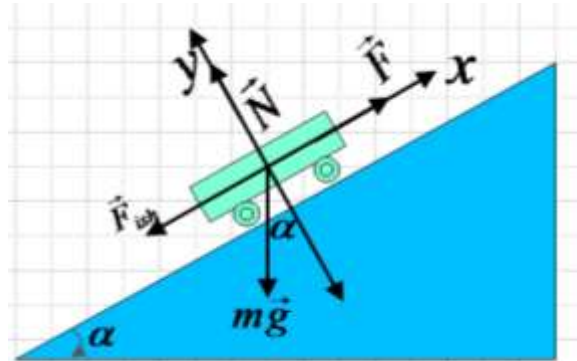
4- masala. Nasos diametri 2 sm bo‘lgan suv oqimini 20 m/s tezlik bilan haydaydi. Suvni haydash uchun kerak bo‘ladigan quvvat topilsin.

Yechish. $N = \frac{A}{t}$, $A = Fl$, $l = \vartheta \cdot t$,

$$F = m \cdot g, N = \frac{mg\vartheta t}{t} = mg\vartheta.$$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h, h = \frac{\vartheta^2}{2g},$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, N = \frac{\rho \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \vartheta^3}{8} = 1,26 \text{ kW}$$



7.4-rasm

Mustaqil ishlash uchun masalalar

7.1 . Avtomobil 5 kN motor kuchi ta’sirida 3 km masofani bosib o‘tdi. Avtomobil motori qancha ish (mJ) bajargan?

7.2. Massasi 75 kg bo‘lgan kishi binoga kiraverishdagi joydan 6-qa-vatga zinada chiqqanida qanday ish (kJ) bajaradi? Har bir qavatning balandligi 3 m.

7.3. 0,1kN kuch ta’sirida jism 20 m ga ko‘chirildi. Kuch va ko‘chish orasidagi burchak 60° bo‘lsa, kuchning bajargan ishini toping.

7.4. Aravachani 20 N kuch ta’sirida 5 m masofaga siljitishda bajaril-gan ish 50 J ga teng. Kuch va ko‘chish vektorlari orasidagi burchakni toping.

7.5. Gorizental stol sirtida turgan 14 kg massali g'olani sirt bo'ylab 50 cm masofaga surish uchun 14 J ish bajarildi. Brusok bilan stol sirti orasidagi ishqalanish koeffitsiyentini toping.

7.6. Gorizental tekislikda yashik tortayotgan arqonning taranglik kuchi 25 N. U gorizont bilan 60° burchak hosil qiladi. Yashikni 8 m masofaga surishda qancha ish bajariladi (kJ)?

7.7. Dastlab tinch turgan 6 kg massali jism 3 N doimiy kuch ta'sirida tezlashmoqda. Bu kuch 2 minut davomida bajargan ishni toping.

7.8. O'zaro 120° li burchak tashkil etuvchi 50 va 50 N kuchlar ta'sirida jism teng ta'sir etuvchi kuch yo'nalishida 2 m masofaga siljigan. Bunda qanday ish bajarilgan (J)?

7.9. Tinch turgan jismlar orasidagi burchak 90° bo'lgan ikki 30 va 40 N bo'lgan kuchlar ta'sirida 4 metrga ko'chgan. Bunda qanday ish bajarilgan (kJ)?

7.10. TE-3 teplovoz 21,6 km/soat tezlik bilan harakatlanganda 461 kN tortish kuchiga ega bo'ladi. Teplovoz poyezdni 1 soat vaqt davomida tortganda qanday ish bajaradi (GJ)?

7.11. Odam massasi 2 kg bo'lgan jismni 1 metr balandlikka 4 m/s^2 tezlanish bilan ko'targanida qancha ish (J) bajaradi?

7.12. Chana va uning ustiga ortilgan yukning massasi 200 kg. Ishqalanish koeffitsiyenti 0,15 ga teng bo'lsa, chanani 1,5 km ga gorizental yo'l bo'yicha tekis harakatlantirishda bajarilgan ishni toping (kJ).

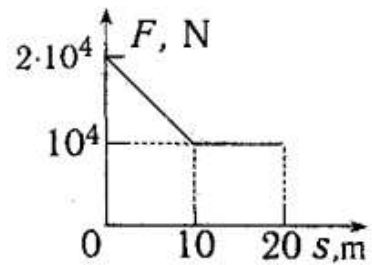
7.13. Gorizental tekislikda tinch turgan 5 kg massali jismga 25 N kuch gorizontga 37° burchak ostida yo'nalgan holda (yo'nalish yuqoriga) ta'sir qilmoqda. Agar jism va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,1 ga teng bo'lsa, shu jismga 33 m/s tezlik berish uchun qancha ish bajarish kerak (J)? ($\sin 37^{\circ} = 0,6$; $\cos 37^{\circ} = 0,8$).

7.14. Nasos har sekundda 20 l suvni 10 m balandlikka ko'taradi. Bunda 1 soatda qancha ish bajariladi (MJ)?

7.15. Yuk bilan birgalikda massasi 10 t bo'lgan shaxta ko'targichi $1,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan ko'tarilmoqda. Harakatning birinchi 10 sekund davomida bajarilgan ishni aniqlang (MJ).

7.16. Gorizontga nisbatan 30° burchak hosil qilgan holda 2 t massali avtomobilni 10 m masofadagi bajargan ishni aniqlang (kJ). Ishqalanish koeffitsiyenti 0,5 ga teng.

7.17. Rasmda avtomobil tortish kuchining o'zgarish grafigi tasvirlangan. Bu o'zgaruvchan kuchning 20 m masofada bajargan ishi qanday (MJ)?



7.3-rasm

7.18. O'zaro 120° li burchak tashkil etuvchi 30 N va 30 N kuchlar ta'sirida jism teng ta'sir etuvchi kuch yo'nalishida 4 m masofaga siljigan. Bunda qanday (J) ish bajarilgan?

7.19. O'zgarmas kuch ta'sirida vagoncha 5 m yo'lni o'tdi va 2 m/s tezlik oldi. Agar vagonchanning massasi 400 kg va ishqalanish koeffitsiyenti 0,01 bo'lsa, kuchning ishini aniqlang.

7.20. 100 kg massali yukni 2 s vaqt davomida 4 m balandlikka tekis tezlanuvchan ko'tarish uchun bajarilgan ishni hisoblang.

7.21. Yukni uzunligi 2 m bo'lgan qiya tekislikdan ko'tarishda bajarilgan ish topilsin. Yukning massasi 100 kg, qiyalik burchagi 30° , ishqalanish koeffitsiyenti 0,1 va yuk 1 m/s^2 tezlanish bilan harakatlanmoqda.

7.22. Tekis o'suvchi kuchning 12 m yo'lni o'tishda bajarilgan ishini hisoblang. yo'lning boshida kuch 10 N, yo'lning oxirida esa 46 N bo'lgan.

7.23. Massasi 0,5 kg bo'lgan jism 7 m balandlikdagi qiya tekislik uchidan uning asosigacha sirpanib tushadi. Tekislikning qiyalik burchagi gorizontga 45° , va ishqalanish koeffitsiyenti 0,2. Ishqalanish kuching bajargan ishini (modulini) toping.

7.24. 200 kg massali vagonchani qiyalik burchagi gorizontga 30° bo'l-gan tog' bo'ylab relslar orqali ko'tarib chiqiladi. Agar vagoncha $0,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlangani ma'lum bo'lsa, tortish kuchi 50 m yo'lda qanday ish (kJda) bajaradi? Ishqalanish koeffitsiyenti 0,2, $\sqrt{3} = 1,7$.

7.25. Sol 200 N kuch bilan tortildi. Bunda bajarilgan ish 1kJ ga teng. Agar kuch yo'nalishi va ko'chish yo'nalishi orasidagi burchak 60° ni tashkil etsa, sol qanday masofaga ko'chgan?

7.26. 10 kg massali jism qiya tekislik bo'ylab 6 m balandlikdan tushadi. Og'irlik kuchining bajargan ishini toping.

7.27. 36 km/h tezlik bilan harakatlanishda elektrovoz 60 kW quvvat sarflaydi. Agar elektrovozning FIK 80% ga teng bo'lsa, uning tortish kuchini aniqlang.

7.28. Quvvat sarfi 10 kW bo'lgan nasos yordamida 500 m chuqurlikdagi quduqdan neft tortib chiqariladi. Agar nasos ishining bir minutida yer sirtiga 96 kg neft yetqazib berilsa, nasosning FIK qanday?

7.29. Suv nasosi bir minutda 300 kg suvni 80 m balandlikka tekis yetqazib beradi. Agar nasosning FIK 80% ga teng bo'lsa, nasosni harakatga keltiruvchi matorning quvvatini (kWda) aniqlang.

7.30. Ko'tarma kran quvvati 10 kW bo'lgan dvigatel yordamida harakatga keltiriladi. Agar dvigatelning FIK 80% bo'lsa, 2 t massali yukni 50 m balandka tekis ko'tarish uchun necha sekunt talab qilinadi?



❖ **Deformatsiyaning potentsial energiyasi:**

Prujining x – dan $x+dx$ ga cho'zilishida bajarilgan ish $\int F \cdot dx$ ga teng, ya'ni

$$A = \int_{x=0}^{x=x_0} F \cdot dx = \int_{x=0}^{x=x_0} kx \cdot dx = \frac{kx^2}{2} \quad (8.1)$$

$$A = \int_x^{x_0} F \cdot dx = \int_x^{x_0} kx \cdot dx = \frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} \quad (8.2)$$

yoki $A=W-W_0$

$$W = \frac{kx^2}{2} \quad (8.3)$$

❖ **Kinetik energiya** Agar biror bir jism \vec{F} kuch ta'sirida \vec{u} bilan harakat qilsa, u harakati natijasida energiya zapasiga ega bo'ladi. *Bu esa kinetik energiya deyiladi.*

Dinamikaning II-qonuniga asosan

$\vec{F} = m \frac{d\vec{u}}{dt}$ tenglikning ikki tomonini $d\vec{S}$ ga ko'paytiramiz

$$\vec{F} \cdot d\vec{S} = m \frac{d\vec{u}}{dt} d\vec{S} \quad (8.4)$$

$$\text{Agar } \vec{\vartheta} = \frac{d\vec{S}}{dt} \text{ ekanini hisobga olsak va } d\vec{S} = \vec{u} \cdot dt \quad (8.5)$$

$$(8.5) \text{ ni } (8.4) \text{ ga qo'ysak } \vec{F} \cdot d\vec{S} = m\vec{u} \cdot d\vec{u} = m \frac{d}{dt} \left(\frac{u^2}{2} \right) \quad (8.6)$$

❖ Tezlikning $u_1 = u_2$ va $u_2 = u_0$ gacha o'zgarishida bajarilgan ish

$$A = \int_{u_0}^u m \cdot d\left(\frac{u^2}{2}\right) = \int_{x_0}^x F \cdot d\vec{S} = A \quad (8.7)$$

$$\text{yoki } \int dA = \frac{mu^2}{2} - \frac{mu_0^2}{2} \quad (8.8)$$

$$\text{va } A = \frac{mu^2}{2} - \frac{mu_0^2}{2} = W - W_0 \quad (8.9)$$

❖ **To'liq mexanik energiya**

$$W = W_k + W_p = \text{const}$$

$$W = \frac{m\vartheta^2}{2} + mgh = \text{const} \quad (8.10)$$

Masalalarni yechishga doir namunalar.

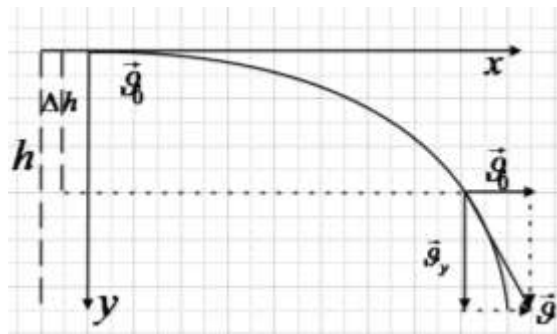
1-masala. Tosh gorizontga 60° burchak ostida yuqoriga otilgan. Toshning boshlang'ich paytdagi kinetik energiyasi 20 J. Harakat trayektoriyasining eng yuqori nuqtasida toshning kinetik energiyasi va potensial energiyalari aniqlansin.

Yechish. Gorizontga nisbatan otilgan jismning maksimal balandlikdagi tezligi $v = v_0 \cos \alpha$, $E_t = \frac{mv_0^2}{2}$, $E_k = \frac{mv_0^2}{2} \cos^2 \alpha$

$E_k = \frac{mv_0^2}{2} \cos^2 \alpha = E_t \cdot \cos^2 \alpha = 20 \cdot \frac{1}{4} = 5j$; Energiyaning saqlanish qonuniga binoan $E_t = E_p + E_k$, $E_p = E_t - E_k = 20 - 5 = 15j$.

2-masala. Tosh balandligi $H=25$ m bo'lgan minoradan $v_0 = 15m/s$ tezlik bilan gorizont otilgan. Toshning harakat boshlanishidan bir sekund o'tgach kinetik va potensial energiyasi topilsin. Tosh massasi $m=0,2$ kg ga teng.

Yechish. $E_k = \frac{mv^2}{2}$ va
 $E_p = mg(h - \Delta h)$,
 $v^2 = v_0^2 + (gt)^2$;
 $E_k = \frac{m(v_0^2 + (gt)^2)}{2} = \frac{0,2 \cdot (225 + 100)}{2} = 32,5 j$;
 $\Delta h = \frac{g \cdot t^2}{2}$, $E_p = mg(h - \frac{g \cdot t^2}{2}) = 2(25 - 5) = 40j$



8.1-rasm

3-masala. Atom yadrosi ikkita $m_1 = 1,6 \cdot 10^{-25} kg$ va $m_2 = 2,4 \cdot 10^{-25} kg$ massali bo'lakka parchalanib ketadi. Agar birinchi parchaning kinetik energiyasi 18 nJ bo'lsa, ikkinchi parchaning kinetik energiyasini aniqlansin.

Yechish. Parchaning impulsidan energiya formulasini chiqarib olamiz.

$p = mv$, $p^2 = m^2v^2$, $2mE_k = m^2v^2$, $2mE_k = m^2v^2$ $p = \sqrt{2mE_k}$
 impulsning saqlanish qonuniga ko'ra $p_1 = p_2$, $\sqrt{2mE_{k1}} = \sqrt{2mE_{k2}}$
 $E_{k2} = \frac{E_{k1}m_1}{m_2} = \frac{18 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-25}}{2,4 \cdot 10^{-25}} = 12 nJ$.

4-masala. Molekula ikkita atomga parchalanadi. Atomlardan birining massasi ikkinchisining massasidan 3 marta katta. Agar atomlar kinetik energiyalarining yig'indisi 32 nJ bo'lsa, molekulaning dastlabki kinetik energiyasi va impulsini e'tiborga olmay, atomlarning kinetik energiyalari E_{k1} va E_{k2} lar aniqlansin

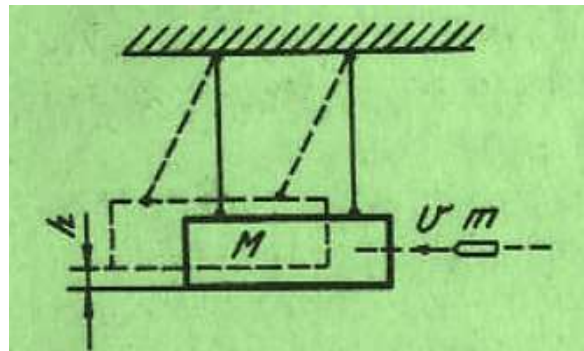
Yechish. $p_1 = \sqrt{2m_1E_{k1}}$, $p_2 = \sqrt{2m_2E_{k2}}$ impulsning saqlanish qonuniga binoan $\sqrt{2m_1E_{k1}} = \sqrt{2m_2E_{k2}}$, $E_{k1} = \frac{E_{k2}m_2}{m_1}$, $E_{k1} + E_{k2} = E \rightarrow E_{k2} = E - E_{k1}$, $E_{k1} = \frac{m_2}{m_1}(E - E_{k1})$, $n = \frac{m_2}{m_1} \rightarrow E_{k1} = n(E - E_{k1})$, $E_{k1} = \frac{nE}{1+n}$.

$$E_{k1} = \frac{3 \cdot 32 \cdot 10^{-9}}{1+3} = 24 \text{ nJ}, E_{k2} = \frac{E}{1+n} = \frac{32 \cdot 10^{-9}}{4} = 8 \cdot 10^{-9} = 8 \text{ nJ}$$

5-masala. 600 m/s tezlik bilan uchayotgan 10 g massali o'q 5 kg massali ballistik tebrangichga tegib, sanchilib qoldi. Zarbadan silkinib ketgan tebrangich qanday h balandlikka ko'tariladi?

Yechish.

Impulsning saqlanish qonuniga binoan: $m\vartheta = (m + M) \cdot u$, $u = \frac{m\vartheta}{(m+M)}$. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan:



8.2-rasm

$$\frac{(m+M) \cdot u^2}{2} = (m + M)gh,$$

$$h = \frac{u^2}{2g} = \frac{m^2 \vartheta^2}{(m + M)^2 \cdot 2 \cdot g} = 7,32 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

8.1. 72 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan, massasi 50 kg bo'lgan meteorning kinetik energiyasi qanday bo'ladi (kJ)?

8.2. Massasi 20 kg bo'lgan jismning kinetik energiyasi 4 000 J. Uning tezligini toping (m/s).

8.3. Agar massasi 10 kg bo'lgan jismga 5 s davomida 8 N kuch ta'sir qilsa, jismning kinetik energiyasi necha joulga yetadi?

8.4. Massasi 1 kg bo'lgan jism 20 m/s tezlik bilan gorizontol otilgan. Harakatning to'rtinchi sekundi oxirida jismning kinetik energiyasi qancha bo'ladi (kJ)?

8.5. Jism impulsi 10 kg·m/s va tezligi 2 m/s. Jismning kinetik energiyasini toping (J).

8.6. Yuqoriga tik otilgan jism 1,44 sekund vaqt o'tgach, yerga tushdi. Jismning yerga tushish momentidagi kinetik energiyasini toping (J). Jismning massasi 200 g.

8.7. 2 kg massali jism 5 m/s tezlik bilan va uning harakat yo'nalishiga qarshi 4 kg massali jism 8 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Jismlar sistemasining kinetik energiyasini toping (J).

8.9. Bikrligi 2 kN/m bo'lgan prujina 6 cm ga siqildi, uning potensial energiyasini toping (J).

8.10. 1 kg massali yuk osilgan va bikrligi 10^3 N/m bo'lgan vaznsiz prujina qanday potensial energiyaga ega bo'ladi (J)?

8.11. Bikrligi 1kN/m bo'lgan prujinaga 100 N kuch ta'sir qildi. Uning potensial energiyasi qanchaga o'zgardi (J).

8.12. Taxtani teshib o'tish natijasida o'qning tezligi 2 marta kamaydi. O'qning dastlabki energiyasining qanday qismi taxtani teshib o'tishga sarf bo'lgan?

8.13. 1 kg massali jism 10 m balandlikdan boshlang'ich tezliksiz erkin tushmoqda. Shu jismning kinetik energiyasi 25 J ga yetganda, yo'lning qanday qismini o'tgan bo'ladi?

8.14. Kamondan yuqoriga vertikal ravishda 30 m/s tezlik bilan otilgan o'qning massasi 50 g. Harakat boshlangandan 2 s o'tganda o'qning potensial va kinetik energiyasining qiymati qanday bo'ladi (J)?

8.15. Tinch turgan 12 kg massali bomba portlab, ikki qismga parchalandi. Bunda 8 kg massali birinchi bo'lak 4 m/s tezlik oldi. Ikkinchi bo'lakning kinetik energiyasini (J) hisoblang.

8.16. Massasi 400 g bo'lgan futbol to'pi 6 m balandlikdan yerga erkin tushgan va sapchib, 2,4 m balandlikka ko'tarilgan. To'p yerga urilganda qancha energiyasini yo'qotgan (J)?

8.17. Silliqlik gorizontal sirtida prujinaga 0,2 kg massali shar biriktirilib qo'yilgan. Prujinani 2 cm ga siqib qo'yib yuborilganda sharning maksimal tezligi (m/s) nimaga teng bo'ladi? Prujinaning bikrligi 80 N/m.

8.18. 7 kg jism vaznsiz sterjen bilan aylanish o'qiga mahkamlangan bo'lib, vertikal tekislikda 1 m radiusli aylana bo'ylab og'irlik kuchi ta'sirida notekis harakatlanmoqda. Eng pastki nuqtada uning tezligi 7 m/s bo'lsa, burchak 1755° bo'lganida jism tezligi qanday bo'ladi (m/s)?

8.19. Og'irligi 2 kg bo'lgan tosh ma'lum balandlikdan yerga 1,43 sek da tushadi. Toshning yo'lning o'rta nuqtasidagi kinetik va potensial energiyasi topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

8.20. 10 g massali moddiy nuqta 6,4 sm radiusli aylana bo'ylab o'zgar-mas tangensial tezlanish bilan harakatlanadi. Agar harakat

boshlangandan keyingi ikkinchi marta aylanishning oxirida moddiy nuqtaning kinetik energiyasi $8 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ ga tengligi ma'lum bo'lsa, harakatning tangensial tezlanishi topilsin.

8.21. $5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ massali to'pdan otilib chiqqan 100 kg massali snaryad-ning kinetik energiyasi $7,5 \cdot 10^6 \text{ J}$ ga teng. Orqaga tepish tufayli to'p qanday kinetik energiyaga ega bo'ladi?

8.22. Massasi $0,8 \text{ kg}$ bo'lgan basketbol to'pi 10 m/s tezlik bilan uchmoqda. O'yinchi to'pni $0,1 \text{ s}$ ichida uchlan to'xtatib qoldi. O'yinchi o'rtacha qanday quvvat sarflaydi?

8.23. Massasi 5 kg bo'lgan tosh 10 m balandlikdan erkin tushadi va yerga urilish paytida 12 m/s tezlikka erishadi? Havoning o'qtacha qarshilik kuchini aniqlang.

8.24. Massasi 10 g bo'lgan o'q qalinligi 4 sm bo'lgan taxtaga 600 m/s tezlik bilan urulib, uni teshib 400 m/s tezlikda chiqib ketdi. Taxtani o'rtacha qarshilik kuchi modulini aniqlang.

8.25. Hokkey shaybasi zarbdan so'ng 5 m/s boshlang'ich tezlikka ega bo'ladi va muz ustida sirpanib borib, 10 m sasofadagi bortga elastik urilib undan qaytadi. Shayba qancha masofa o'tadi? Shayba va muz orasidagi ishqalanish koeffisienti $0,036$.

8.26. Massasi 200 g bo'lgan jism gorizontal tekislikda $0,5 \text{ m}$ radiusli aylana bo'ylab 3 Hz chastota bilan tekis aylanmoqda. Aylanish chastotasini 5 Hz gacha oshirish uchun qancha ish bajarish kerak?

8.27. Yukning massasi $0,2 \text{ kg}$ bo'lgan mayatnik gorizontal holatgacha og'dirildi va qo'yib yuborildi. Yuk muzozanat holatidan o'tayotganda ipning taranglik kuchi qanday bo'ladi?

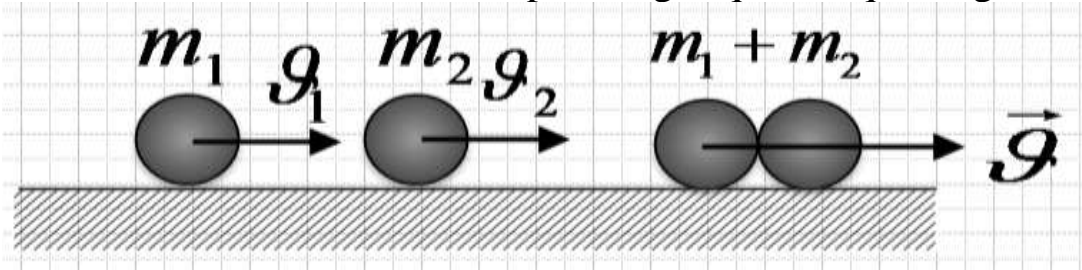
8.28. Massasi $0,2 \text{ kg}$ bo'lgan yuk 1 m uzunlikdagi ipga osilgan. Mayatnik $\alpha=60^\circ$ burchakka og'dirib qo'yib yuborildi. Yukning muzozanat holatidan o'tayotganda kinetik energiyasi qanday bo'ladi?

8.29. Gildirakka ip o'ralgan va ipning bir uchi shiftga mahkamlangan. Gildirak qo'yib yuborildi va ip chuvalanib gildirak pastga tusha boshladi. Gildirakning butun massasi uning gardishida to'plangan deb hisoblab, uning 1 m masofa o'tgandagi markazining tezligini toping?

8.30. Purjinaga massasi 3 kg bo'lgan yuk ilinganda uning uzunligi 112 mm ga yetdi. Yukning massasi 8 kg gacha ortirilganda purjina uzunligi 132 mm tashkil qildi. Purjinani deformatsiyalanmagan holatidan 132 mm gacha cho'zish uchun qancha ish bajarish kerak?



❖ Birinchi jismning massasi m_1 bo'lib v_1 tezlik bilan harakat qilsa, ikkinchi jism massasi m_2 va v_2 tezlik bilan harakat qilayotgan bo'lsa, u holda to'qnashgandan so'ng, ularning tezligi bir xil bo'lsa, bunday to'qnashish noelastik bo'ladi. Mazkur to'qnashishning tezligi v bo'lsin. Bunday to'qnashishga ikkita loydan yasalgan sharchani bunga misol sifatida ko'rish mumkin. Impulsning saqlanish qonuniga ko'ra:



9.1-rasm

$$\sum \vec{K}_i = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = \text{const} = (m_1 + m_2) \vec{v} \quad (9.1)$$

$$\text{Bundan } \vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)} \quad (9.2)$$

To'qnashguncha bo'lgan $W_{1k} + W_{2k}$, to'qnashgandan so'ng energiyalari esa $W'_{1k} + W'_{2k}$, ga teng bo'ladi.

$$\left. \begin{aligned} W_{1k} &= \frac{m_1 v_1^2}{2} \\ W_{2k} &= \frac{m_2 v_2^2}{2} \\ W' &= \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (9.3)$$

To'qnashish jarayonida energiyaning o'zgarishi

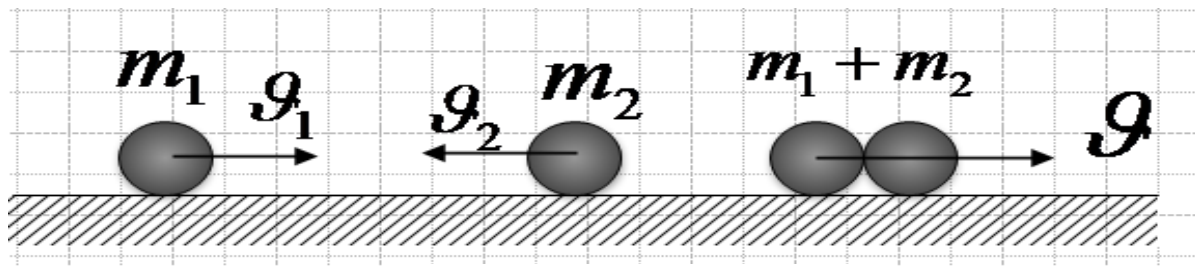
$$\Delta W = (W_{1k} + W_{2k}) - (W'_{1k} + W'_{2k}) = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2)}{2} \cdot v^2 \quad (9.4)$$

(9.4)-formulaga (9.2) ni keltirib qo'ysak.

$$\Delta W = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2 \quad (9.5) \text{ hosil bo'ladi.}$$

❖ Agar bir-birlariga qarab harakatlansalar to'qnashuvdan keyin energiyaning o'zgarishi.

$$\begin{aligned} &\text{❖ } m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v \\ v &= \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} \quad (9.6) \end{aligned}$$



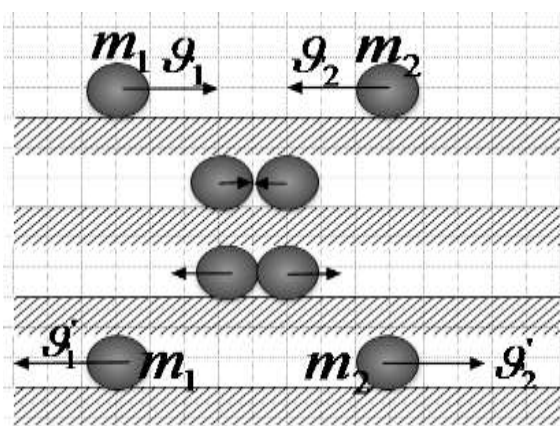
9.2-rasm

$$\Delta W = (W_{1k} + W_{2k}) - (W'_{1k} + W'_{2k}) = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2)}{2} \cdot v^2$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} (v_1 + v_2)^2 \quad (9.7)$$

Elastik to‘qnashish

Agar to‘qnashish natijasida issiqlik ajralmasa, ya’ni $Q=0$ bo‘lsa va kinetik energiya – jism potentsial energiyasiga yoki keyin potentsial energiya kinetik energiyaga aylansa, u holda bu hodisa uchun impuls (harakat miqdori) saqlanish qonuni va energiya saqlanish qonunini quyidagicha yozamiz.



9.3-rasm

$$\begin{cases} m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \\ \frac{1}{2} (m_1 \vec{v}_1^2 + m_2 \vec{v}_2^2) = \frac{1}{2} (m_1 \vec{v}'_1^2 + m_2 \vec{v}'_2^2) \end{cases}$$

ular bir chiziqda yotadi, shuning uchun

$$\begin{cases} m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}'_1 = m_2 \vec{v}'_2 - m_2 \vec{v}_2 \\ m_1 \vec{v}_1^2 - m_1 \vec{v}'_1^2 = m_2 \vec{v}'_2^2 - m_2 \vec{v}_2^2 \end{cases}$$

Endi tenglamalari hadma-had bo‘lsak $\vec{v}_1 + \vec{v}'_1 = \vec{v}'_2 + \vec{v}_2$ keyin mazkur tenglamani m_1 ga ko‘paytirsak, quyidagi formula kelib chiqadi

$$\begin{cases} m_1 \vec{v}_1 + m_1 \vec{v}'_1 = m_1 \vec{v}'_2 + m_1 \vec{v}_2 \\ \begin{cases} m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \\ m_1 \vec{v}_1 + m_1 \vec{v}'_1 = m_1 \vec{v}'_2 + m_1 \vec{v}_2 \end{cases} \end{cases}$$

hadma-had qo‘shib yuborsak $2m_1 \vec{v}_1 + (m_2 - m_1) \vec{v}_2 = \vec{v}'_2 (m_1 + m_2)$

$$\vec{v}'_2 = \frac{2m_1 \vec{v}_1 + (m_2 - m_1) \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)} \quad (9.8)$$

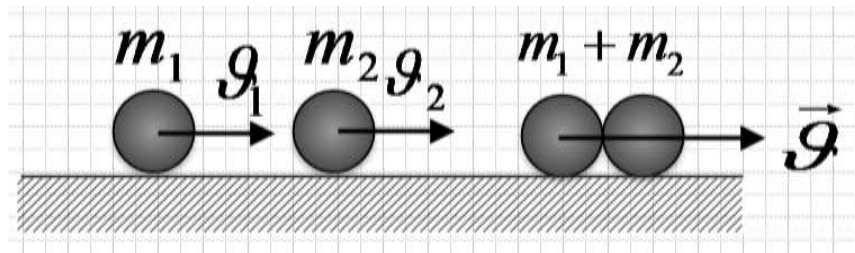
$$\vec{v}'_1 = \frac{2m_2 \vec{v}_2 - (m_2 - m_1) \vec{v}_1}{(m_1 + m_2)} \quad (9.9)$$

Masalalarni yechishga doir namunalalar.

1-masala. Ikkita $m_1 = 2 \text{ kg}$ va $m_2 = 3 \text{ kg}$ massali noelastik sharlar mos tavishta $v_1 = 8 \text{ m/s}$ va $v_2 = 4 \text{ m/s}$ tezliklar bilan harakatlanishmoqda. Quyidagi ikki hol uchun ularning urilishi natijasida sharlar ichki energiyasining ortishi aniqlansin:

- 1) kichik shar kattasini quvib yetadi;
- 2) sharlar bir-biriga tomon harakat qiladilar.

Yechim:



9.4-rasm

$$1) \vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

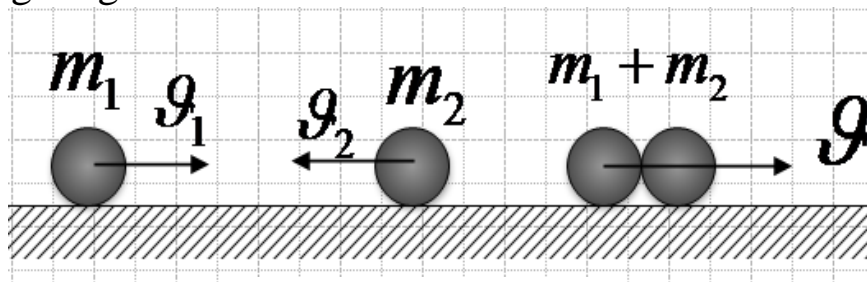
To'qnashguncha bo'lgan $W_{1k} + W_{2k}$, to'qnashgandan so'ng energiyalari esa $W'_{1k} + W'_{2k}$, ga teng bo'ladi.

To'qnashish jarayonida energiyaning o'zgarishi

$$\begin{aligned} \Delta W &= (W_{1k} + W_{2k}) - (W'_{1k} + W'_{2k}) \\ &= \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2} \end{aligned}$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2 = 9.6 \text{ J}$$

2) Agar bir-birlariga qarab harakatlansalar to'q-nashuvdan keyin energiyaning o'zgarishi.



9.5-rasm

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

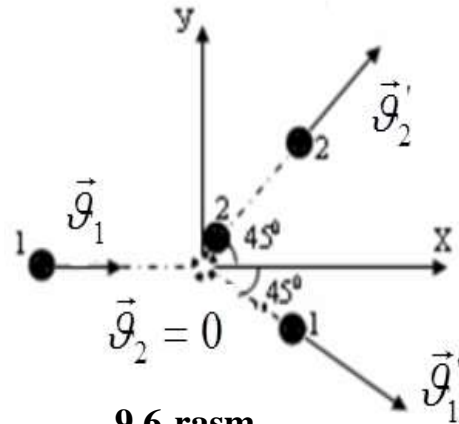
$$v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\Delta W = (W_{1k} + W_{2k}) - (W'_{1k} + W'_{2k})$$

$$= \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2)}{2} \cdot v^2$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} (v_1 + v_2)^2 = 86.4 \text{ J}$$

2-masala. 10 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 1- bilyard shari tinch turgan xuddi shunday massali 2- sharga urildi. Sharlar urilgandan keyin 9.6 rasmda ko'rsatilgandek harakatlandi. Sharlarning urilgandan keyingi tezliklarini toping.



9.6-rasm

Yechish. masalaning mazmunini aks ettiruvchi tezliklarning yo'nalisini chizmada ko'rsatamiz. OX va OY koordinata o'qlarini joylashtiramiz. Impulsning saqlanish qonunini vektor ko'rinishida yozib olamiz.

$m\vec{v}_1 = m\vec{v}'_1 + m\vec{v}'_2$ bu tenglamadagi tezliklarni OX koordinata o'qiga proyeksiyalaymiz: $m v_1 = m v'_1 \cos 45^\circ + m v'_2 \cos 45^\circ$

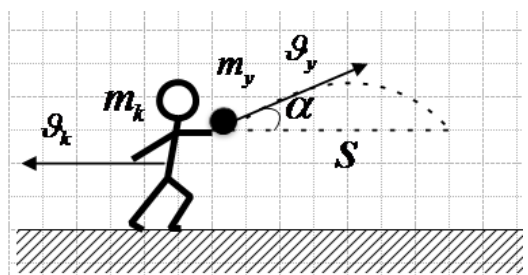
OY koordinata o'qiga proyeksiyalaymiz:
 $m v'_1 \sin 45^\circ = m v'_2 \sin 45^\circ$ bundan $v'_1 = v'_2$ teng ekanligi kelib chiqadi.

U holda $m v_1 = 2 m v'_2 \cos 45^\circ \rightarrow v_1 = 2 v'_2 \cos 45^\circ = 2 \cdot v'_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} v'_2$

$$v'_1 = v'_2 = \frac{v_1}{\sqrt{2}} = \frac{10}{1,4} = 7 \text{ m/s.}$$

3-masala: Konkichi muz ustida tik turibdi, 10 kg massali yukni gorizontga nisbatan 30° burchak ostida otgan. Yuk otish nuqtasidan 2,2 m uzoqqa borib tushgan. Massasi 64 kg bo'lgan konkichi qanday tezlik oladi.

Yechish. Dastlabki holda konkichi-ning tezligi ham, yukning tezligi ham nolga teng bo'lganligi uchun, ularning impulsining yig'indisi ham nolga tengdir. Masalaga tegishli chizma chizib olamiz (9.7-rasm). Impulsning saqlanish qonuniga binoan $m_k v_k = m_y v_y \cos \alpha$ (1)



9.7-rasm

Yukning uchish uzoqligidan yukning tezligini topib olamiz:

$$S = \frac{\vartheta_y^2 \sin 2\alpha}{g}, \vartheta_y = \sqrt{\frac{S \cdot g}{\sin 2\alpha}} \quad (2)$$

endi (1) formulaga (2) keltirib qo'yamiz

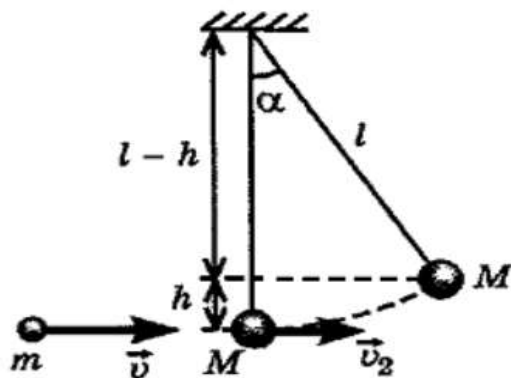
$$m_k \vartheta_k = m_y \sqrt{\frac{S \cdot g}{\sin 2\alpha}} \cdot \cos \alpha, m_k \vartheta_k = m_y \sqrt{\frac{S \cdot g \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}}$$

$$m_k \vartheta_k = m_y \sqrt{\frac{S \cdot g}{2}} \operatorname{ctg} \alpha,$$

$$\vartheta_k = \frac{m_y}{m_k} \sqrt{\frac{S \cdot g}{2}} \operatorname{ctg} \alpha = 0,675 \text{ m/s}$$

4-masala. Gorizontaal ϑ tezlik uchayotgan m massali kichik sharcha l uzunlikdagi ipga osilgan M massali sharga mutloq elastik uriladi. Urilish markaziy. To'qnashishdan keyin ip qanday burchakka og'adi?

Yechish. To'qnashishdan keyin shar h balandlikka ko'tariladi. Bunda burchak $\cos \alpha = \frac{l-h}{l}$ bo'ladi. Demak, biz h ni topishimiz kerak. Bunda energiya saqlanish qonunidan foydalanamiz. To'qnashishda shar olgan kinetik energiya u h balandlikka chiqqach to'lig'i bilan potensial energiyaga aylanadi: $E_k = E_p$, bu yerda $E_k = \frac{M\vartheta_2^2}{2}$ va $E_p = Mgh$.



9.8-rasm

Shuning uchun $\frac{M\vartheta_2^2}{2} = Mgh$, $h = \frac{\vartheta_2^2}{2g}$. Demak $\cos \alpha = 1 - \frac{\vartheta_2^2}{2gl}$. Bu yerda ϑ_2 -to'qnashishda sharning olgan tezligi. Uni topish uchun impuls hamda energiya saqlanish qonunlaridan foydalanamiz:

$$\begin{cases} \frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{m\vartheta_1^2}{2} + \frac{M\vartheta_2^2}{2} \\ m\vartheta = m\vartheta_1 + M\vartheta_2 \end{cases} \text{ Tenglamalar sistemasini yechib, } \vartheta_2 = \frac{2m\vartheta}{m+M} \text{ ni}$$

topamiz. Demak, $\cos \alpha = 1 - \frac{2}{gl} \left(\frac{m\vartheta}{m+M}\right)^2$ burchak esa

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{2}{gl} \left(\frac{m\vartheta}{m+M}\right)^2\right)$$

5- masala. To‘pdan otilgan 10 kg massali snaryad 1,8 MJ kinetik energiyaga oladi. Agar to‘p stvolining massasi 600 kg bo‘lsa, tepki natijasida stvol oladigan kinetik energiya aniqlansin.

Yechish. Snaryadning kinetik energiyasi $E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$.

Snaryad tezligi $v_1 = \sqrt{\frac{2E_1}{m_1}}$.

Impulsning saqlanish qonuniga binoan: $\vec{P}_1 = \vec{P}_2$, $m_1 v_1 = m_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$.

Stvolning kinetik energiyasi: $E_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_2}{2} \left(\frac{m_1 v_1}{m_2}\right)^2 = \frac{m_1 E_1}{m_2} = 30 \text{ kJ}$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

9.1. 60 kg massali odam 2,9 km/h tezlik bilan harakatlanayotgan 80 kg massali arovachaga yetib olib, unga sakrab chiqib oladi. Shundan so‘ng aravacha 5,14 km/h tezlik bilan harakatlana boshlaydi. Odamning tezligi qancha bo‘lgan?

9.2. 2 kg massali jism 1,5 kg massali jismga qarama-qarshi harakatlanib, u bilan noelastik to‘qnashdi. Jismlarning tezligi to‘qnashishdan oldin mos ravishda 1 va 2 m/s. Agar ishqalanish koeffitsiyenti 0,05 bo‘lsa, jismlar to‘qnashgandan so‘ng qanday masofa bosib o‘tadi.

9.3. Gorzontal yo‘nalishda 10 m/s tezlik bilan uchayotgan m massali snaryad m_1 va m_2 ($m_2=3m_1$) massali ikkita bo‘lakka bo‘lindi, ular snaryadning darstlabki yo‘nalishiga nisbatan 60° burchakka og‘adi. Bularning harakat tezligi nimaga teng.

9.4. Uzunligi 3 m va massasi 120 kg bo‘lgan qayiq tinch turibdi. Qayiqning boshi va oxirida massalari 60 va 70 kg bo‘lgan ikki kishi o‘tiribdi. Agar ular turib yurib o‘rin almashishsa qayiq qancha masofaga siljiydi? Suvning qarshiligini hisobga olmang.

9.5. Massasi 70 kg bo‘lgan konkichi muz ustida turib 3 kg jismni gorizontal yo‘nalishda 8 m/s tezlik bilan otdi. Bunda konkichi qanday masofaga orqaga siljiydi? konki bilan muz orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,02.

9.6. $v=600 \text{ m/sek}$ tezlik bilan uchayotgan $m=4,65 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ massali molekula normalga nisbatan idish devoriga 60° burchakda uriladi va

shunday burchakda tezligini o'zgartirmay elastik qaytadi. Urilish vaqtida idish devoriga berilgan kuch impulsi topilsin.

9.7. Biror balandlikdan vertikal tushayotgan massasi $0,1 \text{ kg}$ sharcha qiya tekislikka uriladi va tezligini o'zgartirmasdan tekislikdan elastik qaytadi. Tekislikning gorizontga nisbatan qiyaligi 30° ga teng. Urilish vaqtida tekeslikning olgan kuch impulsi $1,73 \text{ N}\cdot\text{sek}$ ga teng. Shar tekislikka urilgandan qancha vaqt o'tgach trayektoriyasining eng yuqori nuqtasida bo'ladi?

9.8. Kesim yuzi $S=6 \text{ sm}^2$ bo'lgan suv oqimi devorga normalga nisba-tan $\alpha=60^\circ$ burchakda uriladi va tezligini o'zgartirmasdan devordan elastik qaytadi. Agar suv oqimining tezligi $v=12 \text{ m/sek}$ bo'lsa, devorga ta'sir qiluvchi kuch topilsin.

9.9. Massasi $m=50 \text{ kg}$ bo'lgan bola $v=5 \text{ m/s}$ tezlik bilan $M=100 \text{ kg}$ massali oson qo'zg'aluvchan aravacha orqasidan yuguradi va uning ustiga sakrab chiqib oladi. Agar aravacha bola sakrab chiqib olguncha $v_0=2 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, u sakrab chiqib olgandan so'ng qanday tezlik bilan harakatlanadi?

9.10. Vertikalga nisbatan 30° burchak ostida 600 m/s tezlik bilan uchayotgan 50 kg massali snaryad qum yuklangan platformaga kelib tushdi va unga tiqilib qoldi. Platformaning snaryad kelib tushgandan keying tezligini toping. Platformaning massasi 950 kg . Platforma va rels orasidagi ishqalanish hisobga olinmasin.

9.11. Zambarakdan vertikal yuqoriga qarab to'p otildi. Snaryaddan 40 m/s tezlik uchib chiqdi va yuqori nuqtada portlab ikkita bir xil bo'lakka bo'lindi. Birinchi bo'lak 50 m/s otilish joyiga kelib tushdi. Portlashdan keyin ikkinchi snaryad bo'lagining havodagi bo'lgan vaqtini toping?

9.12. 10 g massali o'q 54 kg massali ballistik tebrangichga sanchilib qoldi. Agar zarbadan silkilib ketgan tebrangich 10 sm balandlikka ko'tarilgan bo'lsa, o'qning tezligi topilsin.

9.13. Massasi 500 t bo'lgan poyezd gorizonttal yo'lda tekis harakatlan-moqda. Massasi 20 t bo'lgan oxirgi vagon poyezdan uzilib qoldi. Vagon to'xtagan momentda u bilan poyezd orasidagi masofa 500 m ga teng bo'ldi. Vagon to'xtaguncha qancha masofa o'tgan? Harakatga qarshilik og'irlikka proporsional va harakat tezligiga bog'liq emas.

9.14. Snaryad havosiz fazoda parabola bo'ylab uchadi va trayektoriyaning yuqori nuqtasida teng ikki qismga bo'linadi.

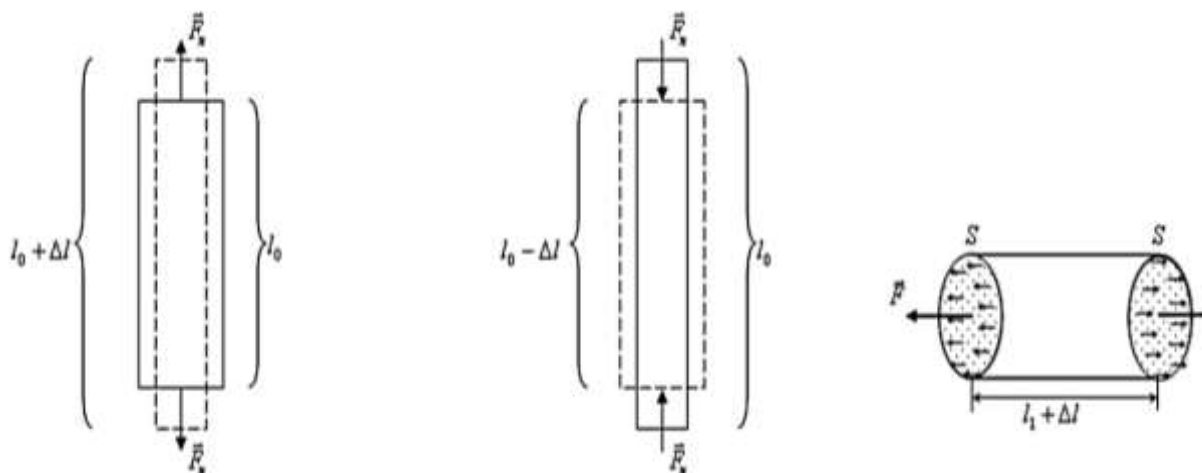
Snaryadning birinchi yarmi vertikal bo'yicha pastga, ikkinchisi gorizantal bo'yicha bo'linish joyidan s masofaga tushdi. Agar bo'linish h balandlikka ro'y bergani va snaryadning vertikal bo'yicha pastga harakat qilgan yarmi, τ vaqtda tushgani ma'lum bo'lsa, snaryadning bo'linish oldidagi tezligini aniqlang.

9.15. Snaryad to'pdan gorizantga nisbatan α burchak ostida ϑ_0 tezlik bilan uchib chiqadi. Trayektoriyaning yuqori nuqtasidan snaryad ikki teng qismga bo'linadi, portlash ro'y bergan momentda ikkala parchaning tezliklari gorizantal va trayektoriya tekisligida yotadi. Snaryadning birinchi parchasi otish yo'nalishi bo'yicha to'pdan S masofaga borib tushdi. Agar snaryadning ikkinchi parchasi birinchisidan uzoqroqqa tushgani ma'lum bo'lsa, uning tushish joyini aniqlang. Snaryadning harakati havosiz fazoda sodir bo'ladi deb hisoblang.



❖ Tashqi kuch ta`sirida qattiq jism shakli yoki hajmining yoki o`lchamining o`zgarishi **deformatsiya** deb ataladi.

❖ Agar deformatsiya`ni vujudga keltiruvchi kuch ta`siri yo`qolgach, jism o`zining avvalgi shakli va hajmini tiklay olsa, bunday deformatsiya **elastik deformatsiya**, to`la tiklay olmasa **noelastik deformatsiya** deyiladi.



10.1-rasm

❖ Nisbiy uzayish $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ (10.1)

❖ Mexanik kuchlanish $\sigma = \frac{F_n}{S}$ (10.2)

❖ Guk qonuni $F_q = -kx$ (10.3)

yoki $\sigma = \varepsilon E$ (10.4)

bu yerda k -qayishqoqlik koeffitsiyenti (prujina holida birklik), E - yung moduli.

Absalyut uzayish $\Delta l = \frac{Fl}{E \cdot S}$ (10.5)

Mustaxkamlik zaxirasi $z = \frac{\sigma_{mus}}{\sigma}$ (10.6)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Uzunligi 5m, ko'ndalang kesimining yuzasi 4 sm² bo'lgan po'lat sterjenning yuqori uchi harakatsiz mahkamlangan, pastki uchiga esa 2t massali yuk osilgan. Po'lat sterjenning elastiklik moduli 200GPa.

- 1) Sterjen materialining normal kuchlanishi;
- 2) Sterjenning absolyut va nisbiy cho'zilishini aniqlang.

Yechish. 1. Cho'zilgan sterjen materialining normal kuchlanishi $\sigma = \frac{F}{S}$ formula orqali ifodalanadi (bunda F-sterjen o'qi bo'ylab ta'sir etuvchi kuch). Mazkur holda F kuch og'irlik kuchi mg ga teng va shuning uchun $\sigma = \frac{mg}{S}$ deb yozish mumkin.

$$\sigma = \frac{mg}{S} = \frac{2000 \cdot 10}{4 \cdot 10^{-4}} = 50 \text{MPa}.$$

2. Absolyut uzayish $\Delta l = \frac{Fl}{E \cdot S}$ formula orqali aniqlanadi, bunda E-yung moduli. Bu formulaga kattaliklarning qiymatlarini qo'yib hisoblashlarni bajaramiz.

$$\Delta l = \frac{mgl}{E \cdot S} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 5}{200 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 1,25 \cdot 10^{-3} = 1,25 \text{mm}$$

$$\text{Sterjenning nisbiy uzayishi } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{5} = 2,5 \cdot 10^{-4}$$

2-masala. Diametri 1 mm bo'lgan po'lat sim qayishqoqlik (elastiklik) chegarasi 294 MPa dan chiqmasdan ko'pi bilan qancha yukka chidashi mumkin?

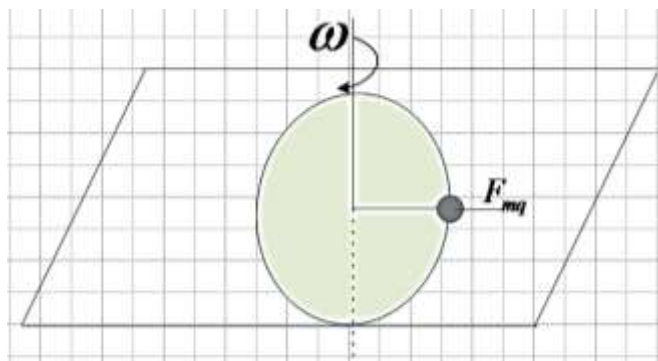
Yechish. Cho'zilgan sterjen materialining kuchlanishi $\sigma = \frac{F}{S}$ formula orqali ifodalanadi. $\sigma = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\pi r^2} \rightarrow m = \frac{\sigma \cdot \pi r^2}{g} m = \frac{\sigma \cdot \pi r^2}{g} = \frac{294 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}}{10} = 23 \text{kg}$

3-masala. Qo'rg'oshin sim yuqori uchidan tik holatda osilgan. Og'irlik kuchi ta'sirida uzilib ketmasligi uchun sim qanday eng katta uzunlikka ega bo'lishi mumkin? Qo'rg'oshinning mustahkamlik chegarasi $\sigma_{mus} = 12,3 \text{MPa}$, zichligi 11,3 g/sm³.

Yechish. Qo'rg'oshin sim yuqori uchidan tik holatda unga ta'sir qiluvchi umumiy yuklanish mustahkamlik chegarasigacha bo'la oladi shu uchun: $\sigma_{mus} = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho \cdot S \cdot l \cdot g}{S} = \rho \cdot l \cdot g \rightarrow l = \frac{\sigma_{mus}}{\rho \cdot g}$

$$l = \frac{\sigma_{mus}}{\rho \cdot g} = \frac{12,3 \cdot 10^6}{11300 \cdot 9,81} = 111 \text{m}.$$

4-masala. Simga bog‘langan 10 kg massali qadoqtosh 2Hz chastota bilan gorizontaal sirtida ishqalanishsiz sirpanganicha, simning uchidan o‘tuvchi o‘q atrofida aylanmoqda. Simning uzunligi 1,2 m va ko‘ndalang kesimning yuzi 2 mm². Sim materialining kuchlanishi topilsin. Uning massasi hisobga olinmasin.



10.2-rasm

Yechish. Cho‘zilgan sim materialining kuchlanishi $\sigma = \frac{F}{S}$ orqali topiladi va bu yerda F markazdan qochma kuch hisoblanadi. $F_{mq} = m\omega^2 l = m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot \nu^2 \cdot l$.

$$\sigma = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot \nu^2 \cdot m \cdot l}{S} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 1,2}{2 \cdot 10^{-6}} = 947 \text{MPa}$$

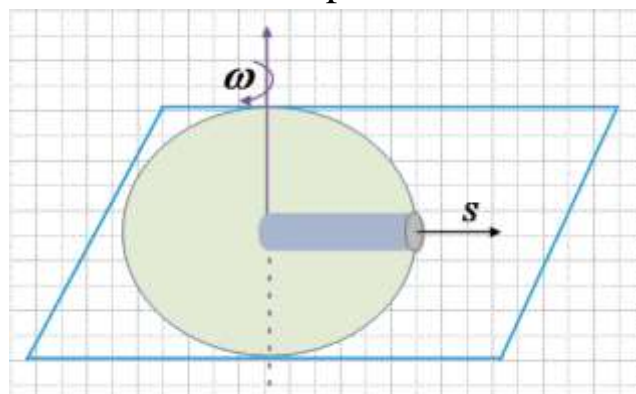
5-masala. Uzunligi 1,2 m, ko‘ndalang kesimning yuzi 2 sm² va massasi 10 kg bo‘lgan bir jinsli tayoqcha gorizontaal sirt bo‘ylab ishqalanishsiz sirpanganicha, tayoqcha uchidan o‘tuvchi tik o‘q atrofida aylanmoqda 2Hz chastota bilan aylanmoqda. Shu aylanish chastotasi uchun tayoqcha materialining eng katta kuchlanishi topilsin.

Yechish.

1) Tayoqchadan bir bo‘lakchasi uzunligini dr deb belgilab olamiz.

2) Kuchlanish $\sigma = \frac{F}{S}$.

3) $F = ma$, $a = \frac{\vartheta^2}{r}$



10.3-rasm

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{S} = \frac{1}{S} \int_0^l \frac{m \vartheta^2}{r l} dr = \frac{m}{Sl} \int_0^l \frac{\omega^2 r^2}{r} dr = \frac{m \omega^2}{Sl} \int_0^l r dr = \frac{m \omega^2}{Sl} \cdot \frac{r^2}{2} \Big|_0^l \\ &= \frac{m \omega^2}{2S} \cdot l \\ \sigma &= \frac{m \omega^2}{2S} \cdot l = \frac{10 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 4}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} \cdot 1,2 = 4,737 \cdot 10^6 \text{Pa} \end{aligned}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

10.1. Diametri 2 mm bo‘lgan simga 1 kg massali yuk osilgan. Simda vujudga keladigan kuchlanish aniqlansin.

10.2. Diametri 2 sm va uzunligi 60 m bo‘lgan qo‘rg‘oshin simning yuqori uchi qo‘zg‘almas qilib mahkamlangan. Pastki uchiga esa 100 kg massali yuk osilgan. ($\rho = 11300 \text{ kg/m}^3$)

1) pastki uchidagi;

2) o‘rtasidagi;

3) yuqori uchidagi kuchlanish topilsin.

10.3. Ko‘ndalang kesim yuzasi 2 mm^2 bo‘lgan mis sim 440 N kuch ta‘sirida uziladi. Misning mustaxkamlik chegarasini aniqlang.

10.4. Po‘lat simning ko‘ndalang kesim yuzasi ko‘pi bilan qanday bo‘lganda u 9 kN kuch ta‘sirida uziladi. Po‘latning mustaxkamlik chegarasi $4 \cdot 10^8 \text{ Pa}$.

10.5. Sterjen o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan qanday kuch ta‘sirida unda $15 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ mexanik kuchlanish hosil bo‘ladi? Sterjenning diametri 0,4sm.

10.6. Balandligi 10 m bo‘lgan erkin turgan marmardan yasalgan ustunning asosidagi mexanik kuchlanishni aniqlang. Marmarning zichligi 2700 kg/m^3

10.7. Balandligi 5 m bo‘lgan erkin turgan marmardan yasalgan ustunning asosidagi mexanik kuchlanishni aniqlang. Marmarning zichligi 2700 kg/m^3

10.8. Kesimi 2 sm^2 bo‘lgan po‘lat sterjenga massasi 5 t bo‘lgan yuk osilgan. Agar Uning mustaxkamlik chegarasi $12,5 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ bo‘lsa, sterjen qanday mustaxkamlik zahirasiga ega.

10.9. 5 karrali mustaxkamlik zahirasiga ega bo‘lish uchun diametri 1 sm bo‘lgan po‘lat trosga qanday kuch qo‘yish kerak? Po‘lat uchun mustaxkamlik chegarasi $4 \cdot 10^8 \text{ Pa}$.

10.10. Agar po‘lat simning o‘z og‘irligi ta‘siridagi uzilishi uning osilish nuqtasi yaqinida ro‘y bersa, uning uzunligi qanday? Po‘latning mustaxkamlik chegarasi 500 MPa, zichligi 7.8 g/sm^3 .

10.11. Agar ko‘tarish krani po‘lat trosi ko‘taradigan yukining maksimal massasi 10 t bo‘lsa, uning diametri qanday bo‘lishi kerak? Po‘latning mustaxkamlik chegarasi $8.5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$. Mustaxkamlik zahirasi 6 ga teng.

10.12. Agar g'ishtning siqilishga nisbatan mustaxkamlik chegarasi $1,5 \cdot 10^7$ Pa, zichligi 1800 kg/m^3 , zarur bo'lgan mustaxkamlik zaxirasi 6 ga teng bo'lsa, g'ishtdan qurilgan binoning maksimal balandligini aniqlang.

10.13. Agar trosning mustaxkamlik zahirasi 3 ga teng bo'lsa, 2 t yukni ko'tarish uchun, u nechta 2 mm diamertli po'lat simlardan tashkil topgan bo'lishi kerak? Po'latning mustaxkamlik chegarasi 500 MPa.

10.14. Ogirligi 100 kN bo'lgan ko'mir yuklangan cho'michni ko'tarish uchun 200 ta temir simdan o'ralgan trostdan foydalaniladi. Agar mustaxkamlik zaxirai 5 ga teng bo'lsa, har bir simning diametri qanday? Temirning mustaxkamlik chegarasi 350 MPa.

10.15. Uzunligi 1 m bo'lgan mis sterjen uning bir uchidan o'tuvchi vertikal o'q atrofida bir tekis aylanmoqda. Qanday burchak tezlikda aylanganda sterjen uziladi? Misning zichligi 8900, mustaxkamlik chegarasi 235 MPa.



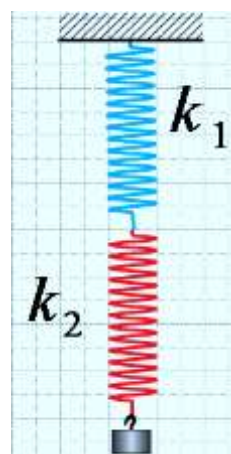
❖ Sterjenga har bir muayyan vaqt paytida ta'sir qilayotgan kuch – $F = \frac{ES\Delta l}{l_0}$ (11.1) deformatsiya vaqtida bir xil qolmay, balki sterjen uzunligining Δl o'zgarishiga proporsional ravishda o'zgarib boradi. Sterjenning uzunligi l_0 qiymatidan $l_0 + \Delta l$ qiymatigacha o'zgarsin; u holda A ish $A = \bar{F}_n \cdot \Delta l$ (11.2) ga teng bo'ladi. Bunda F_n -kuchning o'rtacha qiymatidir. \bar{F}_n kuchning o'sishi Δl ning uzayishiga chiziqli bog'liq bo'lgani uchun, kuchning o'rtacha qiymati- $F_n = 0$ ($\Delta l = 0$ bo'lganda) bilan $F_n = \frac{ES\Delta l}{l_0}$ (11.3) ning (Δl ning berilgan qiymatida) o'rta arifmetik qiymatiga teng, ya'ni:

$$\bar{F}_n = \frac{1}{2} \frac{ES}{l_0} \Delta l \quad (11.4).$$

❖ Sterjenni deformatsiyalanganda hosil bo'ladigan elastiklik kuchining material turi va geometrik o'lchamlariga bo'g'liqligi quyidagicha: $F_e = k\Delta l$, $F_e = \frac{SE}{l_0} \Delta l$, $k = \frac{SE}{l_0}$ (11.5).

❖ Agar yuk osilgan simni olib n ta teng bo'lakka bo'lsa va bo'laklardan bittasiga yuk osilsa, bikrlik, absalyut uzayish va nisbiy uzayish quyidagicha o'zgaradi: $k_2 = nk_1$, $\Delta l_2 = \frac{\Delta l_1}{n}$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_1$ (11.6). Agar yuk osilgan simni olib n ta teng bo'lakka bo'lsa va bo'laklarni yishib bitta o'ram hosil qilsak, so'ngra avvalgi yukni shu o'ramga ossak, bikrlik, absalyut uzayish va nisbiy uzayish quyidagicha o'zgaradi:

$$k_2 = n^2 k_1, \Delta l_2 = \frac{\Delta l_1}{n^2}, \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1}{n} \quad (11.7).$$



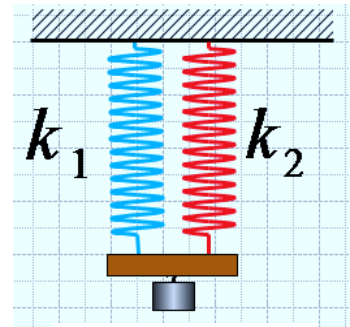
11.1-rasm

❖ Bikrliklari k_1 va k_2 bo‘lgan prujinalarni ketma-ket qilib ulaganda, umumiy bikrlik berilgan bikrliklar ichidagi eng kichik bikrlikdan ham kichik bo‘ladi:

$$\frac{1}{k_{um}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (11.8).$$

❖ Bikrliklari k_1 va k_2 bo‘lgan prujinalarni ketma-ket qilib ulaganda, umumiy bikrlik berilgan bikrliklar ichidagi eng katta bikrlikdan ham katta bo‘ladi:

$$k_{um} = k_1 + k_2 \quad (11.9).$$



11.2-rasm

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. 11.3- rasmdagi prujinalar jamlanmasining umumiy bikrligini toping.

Yechish.

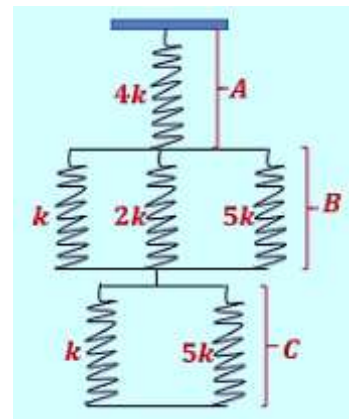
$$k_A = 4k;$$

$$k_B = k + 2k + 5k = 8k;$$

$$k_C = k + 5k = 6k;$$

$$\frac{1}{k_{um}} = \frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_B} + \frac{1}{k_C}$$

$$\frac{1}{k_{um}} = \frac{1}{4k} + \frac{1}{8k} + \frac{1}{6k} \text{ bundan: } k_{um} = \frac{12k}{7}$$



11.3-rasm

2-masala. Uzunligi 5 m va ko‘ndalang kesimining yuzasi 2 mm^2 bo‘lgan simga 5,1 kg massali yuk osildi. Natijada sim 0,6 mm ga uzaydi. Sim materiali uchun Yung moduli topilsin.

Yechish. Yuk osilish natijasida simga yuklanish tushadi va kuchlanish

$$\sigma = \frac{F}{S} \text{ formula yordamida aniqlanadi. } \sigma = \frac{mg}{S} = \varepsilon E, \quad \frac{mg}{S} = \varepsilon E = \frac{\Delta l}{l} E$$

$$E = \frac{mgl}{\Delta l S} = \frac{5,1 \cdot 10 \cdot 5}{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 212,5 \text{ GPa}$$

3-masala. Uzunligi 3 m va diametri 2 sm bo‘lgan po‘lat tayoqchaga massasi 2500 kg bo‘lgan yuk osilgan. Tayoqchadagi kuchlanish, hamda tayoqchanning nisbiy va absalyut cho‘zilishi aniqlansin. Po‘lat uchun yung moduli 200 Gpa.

Yechish. 1) Mexanik kuchlanish $\sigma = \frac{F}{S}$ formula yordamida aniqlanadi.

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4mg}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 2500 \cdot 10}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 80 \text{ MPa};$$

2) Nisbiy uzayishni guk qonunidan topamiz: $\sigma = \varepsilon \cdot E$

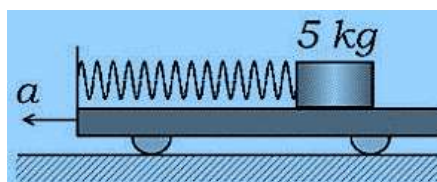
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{80 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^9} = 0,4 \cdot 10^{-3}$$

3) Absalyut uzayish $\Delta l = \varepsilon \cdot l$;

$$\Delta l = \varepsilon \cdot l = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = 1,2 \text{ mm}.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

11.1. Vagon platforma bilan to‘qnashgan-da, bikrligi 10 N/m bo‘lgan bufer prujinalari (2 ta prujina) 10 cm ga siqildi. Prujinalarning vagonga ta’sir etuvchi maksimal elastiklik kuchini aniqlang (N).



11.4-rasm

11.2. Rasmda ko‘rsatilgan, bikrligi 600 N/m bo‘lgan vaznsiz prujina 2 cm ga cho‘zilishi uchun aravacha necha m/s^2 tezlanish bilan harakat qilishi kerak? (Ishqalanish hisobga olinmasin.)

11.3. Bikrligi 250 N/m bo‘lgan prujina F kuch ta’sirida 3 cm ga cho‘zildi. Agar prujinaning 2/3 qismini kesib tashlab, qolgan qismiga yana shu kuch ta’sir etsa, uning cho‘zilishi qanchaga (cm) teng bo‘ladi?

11.4. 30 cm uzunlikdagi prujinaga 100 g massali jism mahkamlandi va bu sistema gorizontil silliq sirt ustida aylantirilmoqda. Jismning tezligi 2 m/s bo‘lganda prujina 10 cm cho‘zildi. Prujinaning bikrligini toping (N/m).

11.5. Uzunligi 1 m bo‘lgan po‘lat simning uchiga massasi 260 g bo‘lgan jism biriktirilgan. Bu sim 2 ayl/s chastota bilan aylantirilganda qancha uzayadi? Simning bikrligi $k=5000$ N/m.

11.6. Bikrliklari bir xil, lekin birining uzunligi ikkinchisidan 2 marta katta bo‘lgan ikkita prujina bir xil kuch ta’sirida cho‘zilsa, nisbiy uzayish ularning qaysi birida katta va necha marta katta bo‘ladi?

11.7. Agar normal mexanik kuchlanish $8 \cdot 10^6$ Pa bo‘lsa, betonni siqishdagi nisbiy deformatsiyani aniqlang. Beton uchun Yung moduli 40 GPa.

11.8. Uzunligi 2 m bo‘lgan po‘lat simni 1 mm ga cho‘zish uchun unga qanday kuch qo‘yish kerak? Simning ko‘ndalang kesim yuzasi 0,5 mm^2 . Po‘lat uchun yung moduli $2,2 \cdot 10^{11}$ N/m²

11.9. Uzunligi 5 m bo‘lgan mis sterjen 480 N kuch ta’sirida 1 mm dan ortiq cho‘zilmasligi uchun, uning ko‘ndalang kesim yuzasi kamida qancha bo‘lishi kerak? Mis uchun yung moduli $1,2 \cdot 10^{11}$ N/m²

11.10. Ko‘ndalang kesimi 1 sm² bo‘lgan po‘lat sterjenga massasi 2 t bo‘lgan yuk osilgan. Sterjenning nisbiy uzayishi qanday? Sterjenni massasini e’tiborga olmag. Po‘lat uchun yung moduli $2,2 \cdot 10^{11}$ Pa.

11.11. Uzunligi 1.8 m va diametri 0.5 mm bo‘lgan po‘lat sim 15 N kuch ta’sirida qanchaga cho‘ziladi? Po‘lat uchun yung moduli $2,2 \cdot 10^{11}$ Pa. Simning massasi e’tiborga olinmasin.

11.12. Uzunligi 1 m bo‘lgan po‘lat sim bir uchi bilan shunday maxkam-langanki, u vertikal tekislikda tebrana olishi mumkin. Simning erkin uchiga massasi 50 kg bo‘lgan yuk osildi. Yukni simning osilish nuqtasigacha bo‘lgan balandlika og‘dirib, qo‘yib yuborildi. Trayektoriyaning eng quyi nuqtasidagi absolyut uzayishni aniqlang. Simning ko‘ndalang kesimi 0,8 mm². Po‘lat uchun Yung moduli $2,3 \cdot 10^{11}$ Pa.

11.13. Bikrliklari 0,3 kN/m va 0,8 kN/m bo‘lgan ikki prujina ketma-ket ulangan. Agar ikkinchi prujina 1,5 sm ga deformatsiyalangan bo‘lsa, birinchi prujinaning absalyut deformatsiyasi aniqlansin.

11.14. Bikrliklari 6 kN/m va 2 kN/m bo‘lgan Ikkita prujinadan iborat tizimning ular ketma-ket va parallel ulanganlaridagi bikrligi aniqlansin.

11.15. Uzunligi 2 m va diametri 1 mm bo‘lgan sim amalda gorizontol tortilgan. Simning o‘rtasiga 1 kg massali yuk osganlarida sim yuk osilgan nuqta 4 sm gacha pasayadigan darajada cho‘zildi. Sim materialining Yung modulini aniqlansin.



$$\diamond \quad \text{Bajarilgan ish } A = \frac{1}{2} \frac{ES}{l_0} \Delta l^2 \quad (12.1)$$

❖ Elastik deformatsiyalangan sterjenning potensial energiyasi.

$$E_p = \frac{1}{2} \frac{ES}{l_0} \Delta l^2 \quad (12.2)$$

$$\diamond \quad \text{Energiya zichligi } \bar{\omega} = \frac{E\varepsilon^2}{2l_0} \quad (12.3)$$

$$\diamond \quad \text{Buralish potensial energiyasi. } W_p = \frac{1}{2} Dj^2 \quad (12.4)$$

$$\text{bu yerda D- buralish moduli } D = \frac{pNr^4}{2l_0} \quad (12.5)$$

j - buralish burchagi, N - siljish moduli.

$$\diamond \quad \text{Cho'zilgan sterjenning potensial energiyasi } W_p = \frac{\sigma\varepsilon}{2} Sl \quad (12.6)$$

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Uzunligi 5m, ko'ndalang kesimining yuzasi 4 sm² bo'lgan po'lat sterjenning yuqori uchi harakatsiz mahkamlangan, pastki uchiga esa 2t massali yuk osilgan. Po'lat sterjenning elastiklik moduli 200GPa. Cho'zilgan sterjenning potensial energiyasini aniqlang.

Yechish. Cho'zilgan sterjenning potensial energiyasi $W_p = \frac{\sigma\varepsilon}{2} Sl$ hisoblanadi. Cho'zilgan sterjen materialining normal kuchlanishi $\sigma = \frac{F}{S}$ formula orqali ifodalanadi (bunda F -sterjen o'qi bo'ylab ta'sir etuvchi kuch). Mazkur holda F kuch og'irlik kuchi mg ga teng va shuning uchun $\sigma = \frac{mg}{S}$ deb yozish mumkin.

Nisbiy uzayish $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ bu formulalardan foydalanib potensial enegiyani formulasini topamiz: $W_p = \frac{\sigma\varepsilon}{2} Sl = \left(\frac{mg}{S}\right)^2 \frac{Sl}{2E} = 12,1 J$

2-masala. Prujinali pistoletdan tik yuqoriga o'q otilgan. Agar prujinaning bikrligi 196 N/m bo'lib otishdan oldin u 10 sm ga siqilgan bo'lsa, 20 g massali o'q ko'tariladigan balandlik aniqlansin.

Yechish. Agar Yer tortishish maydonining potensial energiyasini uning sirtida nolga teng deb qabul qilsak, u holda tizimning

boshlang'ich holatdagi potensial energiyasi siqilgan prujinaning potensial energiyasiga teng, yani $W_p = \frac{kx^2}{2}$, oxirgi holatda esa- o'qning balandlikdagi potensial energiyasiga teng, yani $W_p = mgh$ teng bo'ladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan: $W_p = \frac{kx^2}{2} = mgh$

$$h = \frac{kx^2}{2mg} = \frac{196 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8} = 5m$$

3-masala. Uzunligi 1 m va ko'ndalang kesimining yuzasi 1 sm² bo'lgan po'lat tayoqchani 1 mm ga cho'zish uchun qanday ish bajarish kerak? Po'lat uchun yung moduli 200 GPa ga teng.

Yechish. Potensial energiyaning o'zgarishi bajarilgan ishga teng bo'ladi. $\Delta W = A \Delta W = \frac{kx^2}{2}$ (1), mexanik kuchlanish $\sigma = \frac{F}{S} = \varepsilon E \rightarrow$

$F = k \cdot x$, $k = \frac{\varepsilon S}{x} \cdot E$ (2) (2)- tenglamani (1)- tenglamaga keltirib

qo'yamiz: $A = \frac{kx^2}{2} = \frac{\varepsilon ES}{x} \cdot \frac{x^2}{2} = \frac{ESx^2}{2l}$.

$$A = \frac{ESx^2}{2l} = \frac{200 \cdot 10^9 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6}}{2} = 10J$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

12.1. Uzunligi 42 sm va radiusi 3 mm bo'lgan rezina shnurdan roгатka yasalgan. Bola roгатkadan otishda shnurni 20 sm ga cho'zdi. Agar roгатkadan otilgan toshning massasi 20 g bo'lib, u 20 m/s tezlik bilan otilgan bo'lsa, rezina uchun Yung modulini aniqlang. Rezina cho'zilishida kesimining o'zgarishini hisibga olmang.

12.2. Prujinani 1 sm ga siqish uchun 10 N kuch qo'yish kerak Agar kuch siqishga proporsional bo'lsa, 10 sm ga siqish uchun qancha ish bajarish kerak?

11.3. Bikrligi 10 kN/m bo'lgan prujina 200 N kuch bilan siqilgan. Shu prujinani yana qo'shimcha 1 sm ga siqishda tashqi kuchlar bajaradigan ish aniqlansin.

12.4. Bikrligi 1 kN/m bo'lgan prujina 4 sm ga siqilgan. Prujinaning siqilishi 18 sm gacha ortirish uchun qanday ish bajarish kerak?

12.5. Prujinaning yuqori uchida turgan taxtacha ustiga qo'yilgan qatoqtosh prujinani 2 mm ga siqadi. Prujina uchiga 5 sm balandlikdan tushgan shu qadoqtoshning o'zi prujinani qanchaga siqadi?

12.6. 10 g massali o'q zatvorining massasi 200 g bo'lgan avtomatik to'pponcha stvolining og'zidan 300 m/s tezlik bilan uchib chiqadi.

To'pponchanning zatvori stvolga bikrligi 25 kN/m bo'lgan prujina bilan siqiladi. Otishdan keyin zatvor qanday masofaga suriladi? To'pponcha qattiq mahkamlangan deb hisoblang.

12.7. Bikrligi 0,3 kN/m va 0,5 kN/m bo'lgan ikki prujina ketma-ket biriktirilgan va shunday cho'zilganki ikkinchi prujinaning absolyut deformatsiyasi 3 sm ga teng. Prujinalarni cho'zishda bajarilgan ishni aniqlang.

12.8. Bikrligi 100 kN/m bo'lgan prujina 4 sm ga cho'zilgan. Quyilgan kuch kamaytira borilib, prujinaga boshlang'ich holatiga qaytishiga imkoniyat berildi. So'ngra prujinani 6 sm ga siqildi. Bunda tashqi kuch bajargan ishni aniqlang.

12.9. 3,9 kg massali po'lat tayoqcha o'z boshlang'ich uzunligining 0,001 qismiga cho'zilgan. Cho'zilgan tayoqchanning potensial energiyasi topilsin. Po'lat uchun yung moduli 200 GPa va zichligi 7,8 g/sm³.

12.10. Uzunligi 2 m va ko'ndalang kesim yuzasi 2 sm² bo'lgan temir tayoqcha muayyan kuch bilan cho'zilmoqda va bunda cho'zilish 0,4 sm ga teng. Cho'zilgan tayoqchanning potensial energiyasini va energiyaning hajmiy zichligi hisoblansin.

12.11. Uzunligi 2 m va ko'ndalang kesimi yuzasi 2 sm² bo'lgan po'lat tayoqcha 10 kN kuch bilan cho'zilmoqda. Cho'zilgan tayoqchanning potensial energiyasini va energiyaning hajmiy zichligi topilsin.

12.12. Bikrliklari 1 kN/m va 3 kN/m bo'lgan ikki prujina parallel biriktirilgan. Shu tizimning absolyut deformatsiyasi 5sm bo'lgan holdagi potensial energiyasi aniqlansin.

12.13. 10 g massali sharcha prujinasi 5 sm ga siqilgan prujinali to'pponchadan qanday tezlik bilan uchib chiqadi? Prujinaning bikrligi 200 N/m.

12.14. Prujinali qurolning prujinasi 20 sm ga siqilgan. Tepki otish holatiga keltirilganda uni yana 20 sm ga siqdilar. Agar prujinaning bikrligi 120 N/m bo'lsa, massasi 50 g bo'lgan o'q quoldan qanday tezlik bilan uchib chiqadi.

12.15. 12 t massali vagon 1 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan edi. u prujinali buferga urilib, bufer prujinasini 10 sm ga siqib to'xtadi. Prujinaning bikrligi topilsin.



❖ Qovushqoq (yopishqoq) muhitdagi ishqalanish kuchlari Nyuton tomonidan o'rganilgan va bu kuchlar jismning shakliga, tezligiga, muhitning zichligi (ρ) ga va qovushqoqligi (μ) ga bog'liq ekan.

❖ Qovushqoq muhitning ishqalanish kuchi: $f = \mu S \frac{v}{h}$
(13.1)

Bu yerda h - sirtlar orasidagi masofa, μ esa sirtlar orasini to'ldiruvchi muhitning xossalari bog'liq bo'lgan doimiy koeffitsiyent (qovushqoqlik koeffitsiyenti)

❖ Stoks formulasi:

$$f = 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r \cdot v. \quad (13.2)$$

❖ Sharchaning qovushqoq muhitda tushishi:

$$m \frac{dv}{dt} = (\rho - \rho_s) V g - 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r \cdot v \quad (13.3)$$

❖ Qovushqoq muhitda harakatlanayotgan sharchaning tezligi:

$$v = v_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\beta}}\right), \text{ bu yerda } \beta = \frac{2r^2\rho}{9\mu}. \quad (13.4)$$

❖ Radiusi r va uzunligi l bo'lgan kapillyar trubadan t vaqt ichida laminar oqib o'tgan suyuqlikning (gazning) hajmi Puazeyl formulasidan aniqlanadi:

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta P}{8l\mu} \quad (13.5)$$

❖ μ – dinamik yopishqoqlik, $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ nisbatga kinematik yopishqoqlik deyiladi.

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Dinamik yopishqoqligi $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, ga teng havodagi $d=0,3\text{mm}$ diametrli yomg'ir tomchisi eng ko'pi bilan qanday tezlikka erishadi?

Yeshish: Masalani chizmasini chizib olamiz. Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan kuchlarning proeksiyalarini olamiz: $F_s = mg$, $3\pi\mu d\vartheta = mg$ (1)

Tomchining massasini quyudagicha yozamiz:

$$m = \rho V = \rho \frac{\pi d^3}{6} \quad (2)$$

(1)-formulaga (2)- formulani keltirib qo'yamiz:

$$3\pi\mu d\vartheta = \rho g \frac{\pi d^3}{6}; \text{ bu formuladan } \vartheta \text{ ni topib olamiz}$$

$$\vartheta = \rho g \frac{d^2}{18\mu} = 4,1 \text{ m/s.}$$

2-masala. 1mm diametrli po'lat sharcha katta idishda kanakunjut moyiga 0,185 sm/s o'zgaras tezlik bilan tusha boradi. Kanakunjut moyining dinamik yopish-qoqligi topilsin. Po'lat va kanakunjut moyining zichligi mos ravishda 7700 kg/m^3 , 900 kg/m^3 .

Yeshish: Masalani chizmasini chizib olamiz. Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan kuchlarning proeksiyalarini olamiz: $mg - F_A - F_s = 0$ (1) .

Sharchaning massasini quyudagicha yozamiz: $m = \rho V = \rho \frac{\pi d^3}{6}$;

Arximed kuchi $F_A = \rho_m \frac{\pi d^3}{6} g$ va qovushqoqlik kuchi $F_s = 3\pi\mu d\vartheta$, bu

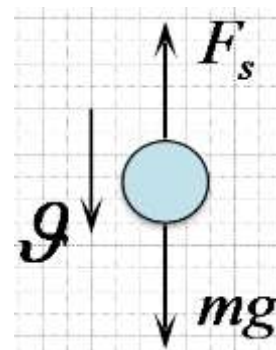
kuchlarni (1)- formulaga keltirib qo'yamiz: $\rho g \frac{\pi d^3}{6} - \rho_m g \frac{\pi d^3}{6} -$

$$3\pi\mu d\vartheta = 0$$

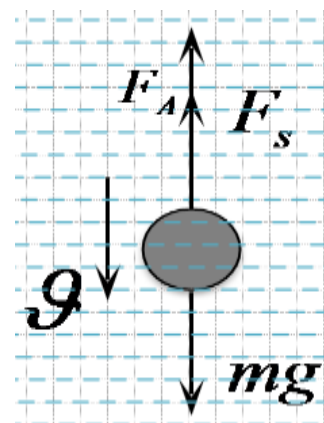
$$18\mu v = d^2 g(\rho - \rho_m) \quad (2)$$

$$\mu = \frac{d^2 g(\rho - \rho_m)}{18v} = 2Pa \cdot s$$

3-masala. 3 mm va 1 mm diametrli qo'rg'oshin pitralarining aralashmasi bakdagi 1 m chuqurlikdagi glitseringa tashlangan. Kichik diametrli pitralar katta diametrli pitralarga nisbatan bakning tubiga qancha keyin tushadi? Tajriba haroratidagi glitserinning dinamik



13.1-rasm



13.2-rasm

yopishqoqligi 1,47 Pa·s. Qo‘rg‘oshin va glitsirinning zichligi mos ravishda 11300 kg/m³, 1200 kg/m³.

Yeshish: Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan kuchlarning proeksiyalarini olamiz: $mg - F_A - F_s = 0$. 2-masaladagi (2)-formuladan foydalanib masalani ishlaymiz: $18\mu v = d^2 g(\rho - \rho_m)$. Tezlikni esa $v = \frac{h}{t}$ ko‘rinishda yozib olamiz.

$18\mu = d^2 t \cdot g(\rho - \rho_m)$ bu ishchi formuladan har bir shar uchun tushish vaqtlarini topib ayirmasini hisoblaymiz:

$$t = \frac{18h\mu}{d^2 g(\rho - \rho_m)}, \quad \Delta t = \frac{18h\mu}{g(\rho - \rho_m)} \left(\frac{1}{d_2^2} - \frac{1}{d_1^2} \right) = 4 \text{ min}$$

4-masala. Po‘kakdan yasalgan 5 mm radiusli sharcha kanakunjut moyi to‘ldirilgan idishning tubidan 3,5 sm/sek o‘zgarmas tezlik bilan chiqib

kelayotgan bo‘lsa, tajriba shartiga asosan kanakunjut moyining dinamik va kinematik yopishqoqligi topilsin. Po‘kak va kanakunjut moyining zichligi mos ravishda 200 kg/m³, 900 kg/m³.

Yeshish: Masalani chizmasini chizib olamiz. Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan kuchlarning proeksiyalarini olamiz:

$F_A - mg - F_s = 0$ (1) Sharchaning massasini quyidagicha yozamiz: $m = \rho V = \rho \frac{4\pi r^3}{3}$; Arximed kuchi

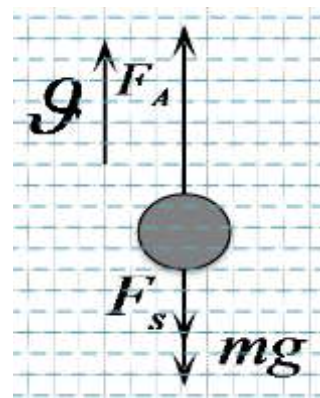
$F_A = \rho_m \frac{4\pi r^3}{3} g$ va qovushqoqlik kuchi $F_s = 6\pi\mu r v$, bu kuchlarni (1)-

formulaga keltirib qo‘yamiz: $\rho_m g \frac{4\pi r^3}{3} - \rho g \frac{4\pi r^3}{3} - 6\pi\mu r v = 0$

$18\mu v = 4r^2 g(\rho - \rho_m)$, (2) $\rightarrow \mu = \frac{2r^2 g(\rho - \rho_m)}{9v} = 1,09 \text{ Pa} \cdot \text{s}$.

Kinematik yopishqoqligi $v = \frac{\mu}{\rho_m} = \frac{1,09}{900} = 12,1 \text{ sm}^2/\text{s}$.

5-masala. 2 sm radiusli slindrik idishning yon sirtiga ichki radiusi 1 mm, va uzunligi 2 sm bo‘lgan gorizontallik kapillyar naycha o‘rnatilgan. Idishdagi dinamik yopishqoqligi 1,2 Pa·s ga teng kanakunjut moyi quyilgan. Slindrik idishdagi kanakunjut moyi sathining ϑ pasayish tezligini kapillyardan moy sathigacha bo‘lgan h balandlikka bog‘lanishi topilsin. h= 26 sm bo‘lganda, bu tezlikning son qiymati topilsin.



13.3-rasm

Yeshish: Radiusi r va uzunligi l bo‘lgan kapillyar trubadan t vaqt ichida laminar oqib o‘tgan suyuqlikning hajmi Puazeyl formulasi bilan aniqlanadi:

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta P}{8l\mu} \quad (1)$$

Kapilyardagi bosim $\Delta P = \rho gh$, hajmi vaqt birligida oqib o‘tgan moyning hajmini olamiz: $V = S_1 v_1 t$ (2).

(1) va (2)- tenglamalarni tenglashtirib kapilyardagi oqim tezligini topib olamiz:

$v_1 = \frac{r^2 \rho gh}{8l\mu}$. Uzluksizlik qonunidan foydalanib $S_1 v_1 = S v$, bu formuladan silindrik idishdagi kanakunjut moyi sathining v pasayish tezligini topamiz: $v = \frac{S_1 v_1}{S} = \frac{\pi r^2 v_1}{\pi R^2} = \frac{\rho g h r^4}{8l\mu R^2}$.

Agar balandlik 26 sm bo‘lsa $v = \frac{900 \cdot 10 \cdot 0,26 \cdot 10^{-12}}{8 \cdot 0,02 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

13.1. Idishning sirtiga kichik radiusi 1 mm va uzunligi 1,5 sm bo‘lgan kapillyar naycha o‘rnatilgan idishga tajriba sharoitida dinamik yopishqoqligi 1,0 Pa·s ga teng glitserin quyilgan. Idishdagi glitserinning sathi kapillyardan 0,18 m balandlikda o‘zgarmas holda saqlanadi. Kapillyardan 5 sm³ glitserin oqib chiqishi uchun qancha vaqt kerak bo‘lad?

13.2. Yon sirtiga tubidan 5 sm balandlikda gorizontallikda kapillyar naycha o‘rnatilgan idish stolning ustida turibdi. Kapillyarning ichki radiusi 1 mm, uzunligi 1 sm. Idishga zichligi 900 kg/m³ va dinamik yopishqoqlik 0,5 Pa·s bo‘lgan mashina moyi quyilgan. Idishdagi moyning sathi kapillyardan 50 sm balandlikda o‘zgarmas holda saqlanadi. Kapill-yarning uchidan moy jarayoni stolga (gorizontallik bo‘ylab) qanday oraliqda borib tushishi topilsin.

13.3. Dinamik yopishqoqligi 1,0 Pa·s ga teng glitserin quyilgan idishning yon sirtiga, radiusi 1,2 mm va uzunligi 18 sm bo‘lgan kapillyar naycha o‘rnatilgan. Idishdagi glitserinning sathi, kapillar naychadan 0,25 m balandlikda o‘zgarmas holda saqlanadi. Kapillar naychadan 10 sm³ glitserin oqib chiqishi uchun qancha vaqt kerak bo‘ladi?

13.4. Oqayotgan suyuqlik qatlamini yusasi 10 sm², suyuqlikning dinamik yopishqoqligi 10⁻³ Pa·s, bu qatlamlar orasidagi ishqalanish kuchi 0,1 mN bo‘lsa tezlik gradiyentini aniqlang.

13.5. 4 mm va 2 mm diametrli qo‘rg‘oshin pitralarining aralashmasi bakdagi 1,5 m chuqurlikdagi glitseringa tashlangan. Kichik diametrli pitralar katta diametrli pitralarga nisbatan bakning tubiga qancha keyin tushadi? Tajriba haroratidagi glitserinning dinamik yopishqoqligi 1,48 Pa·s. Qo‘rg‘oshin va glitsirinning zichligi mos ravishda 11300 kg/m^3 , 1260 kg/m^3 .

13.6. Po‘kakdan yasalgan 6 mm radiusli sharcha kanakunjut moyi to‘ldirilgan idishning tubidan 1,5 sm/sek o‘zgaras tezlik bilan chiqib kelayotgan bo‘lsa, tajriba shartiga asosan kanakunjut moyining dinamik va kinematik yopishqoqligi topilsin. Po‘kak va kanakunjut moyining zichligi mos ravishda 200 kg/m^3 , 960 kg/m^3 .

13.7. 2 mm diametrli qo‘rg‘oshin pitralarining aralashmasi bakdagi 1 m chuqurlikdagi glitseringa tashlangan. Pitra bakning tubiga qancha vaqtda tushadi? Tajriba haroratidagi glitserinning dinamik yopishqoqligi 1,47 Pa·s. Qo‘rg‘oshin va glitsirinning zichligi mos ravishda 11300 kg/m^3 , 1200 kg/m^3 .

13.8. Dinamik yopishqoqligi $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, ga teng havodagi 0,9 mm diametrli yomg‘ir tomchisi eng ko‘pi bilan qanday tezlikka erishadi?

13.9. 0,9 mm diametrli po‘lat sharcha katta idishda kanakunjut moyiga 0,18 sm/s o‘zgaras tezlik bilan tusha boradi. Kanakunjut moyining dinamik yopishqoqligi topilsin. Po‘lat va kanakunjut moyining zichligi mos ravishda 7700 kg/m^3 , 900 kg/m^3 .

13.10. 1 sm radiusli slindrik idishning yon sirtiga ichki radiusi 1 mm, va uzunligi 2 sm bo‘lgan gorizontaal kapillyar naycha o‘rnatilgan. Idishdagi dinamik yopishqoqligi 1,2 Pa·s ga teng kanakunjut moyi quyilgan. Slindrik idishdagi kanakunjut moyi sathining tezligining pasayishi 20 sm bo‘lganda, bu tezlikning son qiymati topilsin.



❖ Quruq ishqalanish uch xil bo‘ladi:

- 1) Tinch ishqalanish
- 2) Sirpanish ishqalanish
- 3) Dumalab ishqalanish

❖ Tinch ishqalanish

Tinch turgan jismlar orasida hosil bo‘luvchi tinch ishqalanish kuchini maksimal qiymati bosim kuchiga to‘g‘ri mutanosibdir.

$$\vec{F}_{ishqmax} = \mu \cdot N \quad (14.1)$$

❖ Sirpanish ishqalanish kuchi.

$$\vec{F}_{ishq.sirp} = \mu_{sirp} N \quad (14.2)$$

Ishqalanish koeffitsiyentini chegaraviy burchak usulidan foydalanib topish mumkin. Buning uchun qiya tekislik ustida joylashgan jism sirpana boshlagan paytdagi qiyalik burchagi α_0 o‘lchanadi.

Bunda ishqalanish kuchi og‘irlik kuchining tangentsial tashkil etuvchisiga teng bo‘ladi

$$\vec{F}_{ishq} = mg \sin \alpha_0 \quad (14.3)$$

Bu yerda α_0 - chegaraviy burchak; m – jism massasi.

$$\text{Normal bosim kuchi: } F_n = mg \cos \alpha_0 \quad (14.4)$$

$$(14.2) \text{ formulaga asosan: } \tau g \sin \alpha_0 = \mu mg \cos \alpha_0 \quad (14.5)$$

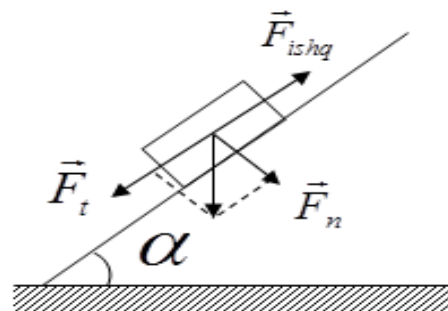
yoki $\mu = \tan \alpha_0$ (14.6) ko‘rinishga keladi, ya’ni tinchlikdagi ishqalanish koeffitsiyenti son jihatdan chegaraviy (jism sirpana boshlagan) burchakning tangensiga teng.

❖ Sirpanishdagi ishqalanish kuchini tribometr asbobi yordamida o‘lchanadi.

$$\text{❖ Dumalab ishqalanish: } F_{du.ishq} = \mu_d \frac{N}{R} \quad (14.7)$$

$$\text{❖ Qiya tekislikdan pastga harakat qilayotgan jism harakati:} \\ ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \quad (14.8)$$

$$\text{❖ Qiya tekislikdan pastga harakat qilayotgan jism tezlanishi:} \\ a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \quad (14.9)$$



14.1-rasm

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Avtomobilning massasi 1 t. Avtomobil harakatlanayotganda unga o'z og'irligining 0,1 qismiga teng bo'lgan ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Agar avtomobil o'zgarmas tezlik bilan:

1) qiyaligi har 25 m yo'lda 1 m balandlikka ko'tariladigan toqqa chiqayotsa,

2) xuddi shu qiyalikdagi toq'dan tushayotgan bo'lsa, avtomobil motorining tortish kuchi topilsin.

Yechish.

1) avtomobilning harakat tenglamasining vektor ko'rinishini yozib olamiz:

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

Agar harakat tezligi $\vartheta = const$ bo'lsa,

$\vec{a} = 0$ bo'ladi va x o'qi bo'yicha proyeksiyasini yozsak:

$0 = -mg \sin \alpha - F_{ishq} + F$, y o'qi bo'yicha proyeksiyasini olsak:

$$0 = N - mg \cos \alpha, \sin \alpha = \frac{h}{l}, \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} \text{ bo'lsa,}$$

$$N = mg \cos \alpha = mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} \text{ bo'ladi. } F_{ishq} = \mu N = \mu mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}}$$

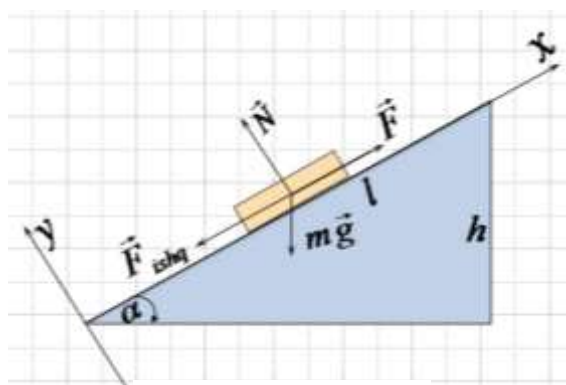
bo'ladi, demak motorning tortuvchi kuchi $F = mg \frac{h}{l} + \mu mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}}$ ga teng bo'ladi.

$$F = mg \frac{h}{l} + \mu mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} = 1,37 \text{ kN};$$

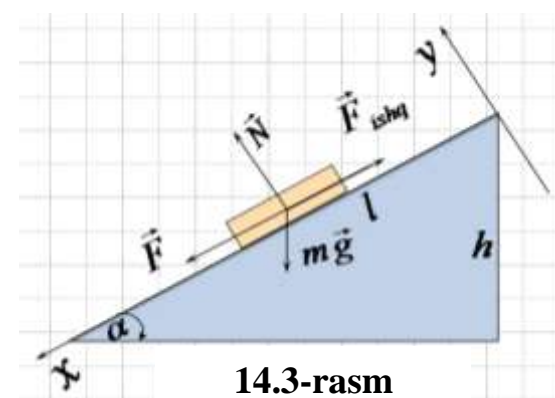
2) avtomobilning harakat tenglamasining vektor ko'rinishini yozib olamiz:

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

Agar harakat tezligi $\vartheta = const$ bo'lsa, $\vec{a} = 0$ bo'ladi va x o'qi bo'yicha proyeksiyasini yozsak:



14.2-rasm



14.3-rasm

$0 = mg \sin \alpha - F_{ishq} + F$, y o'qi bo'yicha proyeksiyasini olsak:

$$0 = N - mg \cos \alpha, \sin \alpha = \frac{h}{l}, \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} \text{ bo'lsa, } N =$$

$$mg \cos \alpha = mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} \text{ bo'ladi.}$$

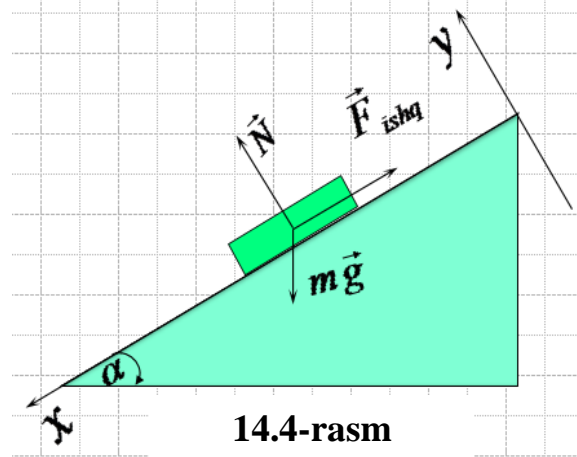
$F_{ishq} = \mu N = \mu mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}}$ bo'ladi, demak matorning tortuvchi kuchi

$$F = \mu mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} - mg \frac{h}{l} \text{ ga teng bo'ladi.}$$

$$F = \mu mg \sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} - mg \frac{h}{l} = 590N$$

2-masala: Jism gorizont bilan 45° burchak tashkil qilgan qiya tekislikdan sirpanib tushmoqda. Jism $36,4 \text{ m}$ masofani o'tganda 2 m/s tezlikka erishadi. Jismning tekislikka ishqa-lanish koeffitsiyenti topilsin.

Yechish. Masalani chizmasini chizib olamiz va Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan kuchlarni x va y o'qlaridagi proyeksiyalarini yozib olamiz:



$$ma = mg \sin \alpha - F_{ishq};$$

$$0 = N - mg \cos \alpha. ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

bu formuladan ishqalanish koeffitsiyentini aniqlab olamiz:

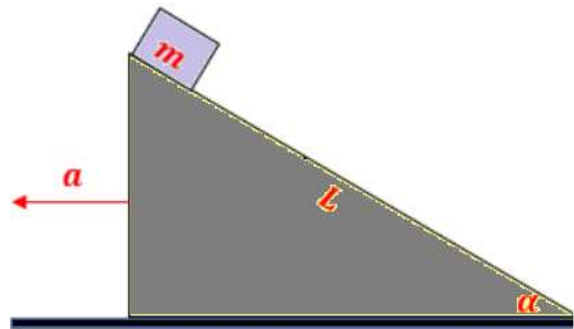
$$\mu = \frac{mg \sin \alpha - ma}{mg \cos \alpha} = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} \quad (1)$$

Endi tezlanishni tezlik va yo'l orqali belgilab olamiz:

$$S = \frac{v^2}{2a} \rightarrow a = \frac{v^2}{2S}. \text{ Bu formulani (1) ga qo'yamiz:}$$

$$\mu = \frac{g \sin \alpha - \frac{v^2}{2S}}{g \cos \alpha} = \text{tg} \alpha - \frac{v^2}{2Sg \cos \alpha}. \mu = \text{tg} \alpha - \frac{v^2}{2Sg \cos \alpha} = 0,2$$

3-masala: Qiyalik burchagi 30° va uzunligi $1m$ bo'lgan qiya tekislikning eng yuqori nuqtasidan m massali jism ishqalanish kuchi ta'sirida turubdi. Mazkur qiya tekislik gorizontali $1 m/s^2$ tezlanish bilan harakatlansa, uning ustidagi jism qancha vaqtda uning eng pastki nuqtasiga yetib boradi? (qiya tekislik va jism orasidagi ishqalanish koeffetseinti $0,6$ ga teng)



14.6-rasm

Yechish. chizmadan ko'rinib

turibdiki: $F_y = ma \sin \alpha$ (1)

$F_x = ma \cos \alpha$ (2)

$P_x = ma \sin \alpha$ (3)

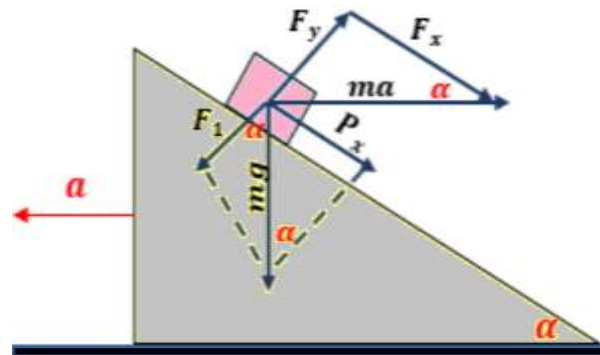
$F_1 = mg \cos \alpha$ (4)

$N = F_1 - F_y, N = m(g \cos \alpha - a \sin \alpha)$ (5) normal bosim kuchi ma'lum, demak ishqalanish kuchini topamiz:

$F_{ishq} = \mu m(g \cos \alpha - a \sin \alpha)$

x o'qi bo'ylab harakat tenglamasi quyidagicha: $F_x + P_x - F_{ishq} = ma_x \rightarrow a_x = a(\cos \alpha + g \sin \alpha) + g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 1,15 m/s^2$

$L = \frac{a_x t^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2L}{a_x}} \approx 1,4 s$



14.7-rasm

4-masala: Asfalt yo'lda tekis harakatlanayotgan 1200 kg massali avtomobil g'ildiragining birgalikdagi dumalanish ishqalanish kuchi $4kN$ teng bo'lsa. Dumalanish ishqalanish koeffitsiyentini toping. G'ildirakning radiusi 30 sm

Yechish. dumalanish ishqalanish kuchini formulasidan foydalanib masalani yechamiz: $F = \mu_d \frac{N}{R} \rightarrow \mu_d = \frac{FR}{N} = \frac{4000 \cdot 0,3}{12000} = 0,1$

5-masala: 10 kg massali g'ildirak gorizontali tekislikda dumalamoqda. Agar g'ildirak radiusi $0,5$ m, dumalanish ishqalanish koeffitsiyenti $0,01$ ga teng bo'lsa, dumalanish ishqalanish kuchini toping (N).

Yechish. dumalanish ishqalanish kuchini formulasidan foydalanib masalani yechamiz: $F = \mu_d \frac{N}{R} = 0,01 \cdot \frac{10 \cdot 10}{0,5} = 2 N$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

14.1. Muz ustida 2 m/sek tezlik bilan sirg‘antirib yuborilgan tosh $20,5\text{m}$ masofada to‘xtaydi. Toshning muzga ishqalanish koeffitsiyenti o‘zgarmas deb hisoblab, uning qiymati topilsin.

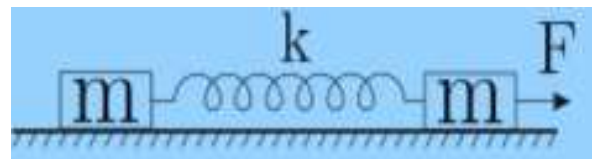
14.2. Tramvay joyidan qo‘zg‘algandan keyin $0,5 \text{ m/s}^2$ o‘zgarmas tezlanish bilan harakatlanadi. Harakat boshlangandan 12 s o‘tgach tramvayning motori o‘chiriladi va tramvay to‘xtash joyigacha tekis sekinlanuvchan harakatlanadi. Butun yo‘l davomida ishqalanish koeffitsiyenti $0,01$ ga teng. 1) Tramvayning eng katta tezligi, 2) tramvay to‘xtaguncha o‘tgan vaqt, 3) tekis sekinlanuvchan harakatda tramvayning manfiy tezlanishi, 4) tramvay to‘xtaguncha bosib o‘tilgan yo‘li topilsin.

14.3. Avtomobilning massasi 1 t . Avtomobil harakatlanayotganda unga o‘z ogirlikining $0,1$ qismiga teng bo‘lgan ishqalanish kuchi ta‘sir qiladi. 1) Avtomobil tekis harakatlanganda motorining tortish kuchi qancha bo‘lishi kerak? 2) Avtomobil 2 m/sek^2 tezlanish bilan harakat qilganda-chi?

14.4. Tekis harakatda bo‘lgan gorizontalarava keskin tormoz berib, -2 m/s^2 tezlanishga ega bo‘ldi. Bu paytda arava ustidagi 1 kg massali g‘isht aravadan sirpanib tushgan bo‘lsa, g‘isht va arava orasidagi ishqalanish koeffitsiyentini toping.

14.5. Rezinaning yo‘lga ishqalanish koeffitsiyenti $0,4$ ga teng bo‘lsa, mototsiklchi gorizontalar tekislikda 100 m radiusli yoy chizib, qanday maksimal tezlik bilan harakatlanadi?

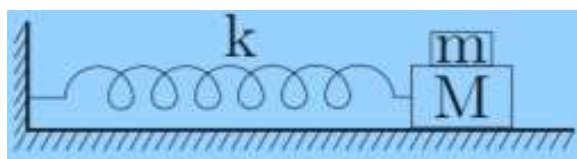
14.6. Bikrligi 500 N/m bo‘lgan prujina bilan bog‘langan m massali jismlar rasmda ko‘rsatilganidek 20 N kuch bilan tekis tortib ketilmoqda. Prujinaning cho‘zilishini aniqlang.



14.8-rasm

Jismlarning sirtga ishqalanish koeffitsiyentlari bir xil.

14.7. Massasi 4 kg bo‘lgan brusok siqilgan prujinaga bog‘langan holda ishqalanishsiz silliq gorizontalar sirt ustida turibdi. 1 kg massali taxta brusok ustida joylashgan. Agar brusok vataxta orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti $0,2$ ga, prujina bikrligi 1000 N/m ga teng bo‘lsa, prujina qo‘yib



14.9-rasm

yuborilgandan keyin taxta brusok ustidan tushib ketmaydigan prujinaning maksimal siqilishini toping .

14.8. Uzunligi 5 m, balandligi 3 m bo‘lgan qiya tekislikda yotgan 4 kg massali jismni ushlab turish uchun kamida qanday kuch qo‘yish kerak? Jism va sirt orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,5 ga teng.

14.9. Chana balandligi h , asosi 15 m bo‘lgan tepalikdan tushdi va tepalik asosidan 35 m gorizonttal yo‘l bosib o‘tib to‘xtadi. Ishqalanish koeffitsiyenti yo‘l davomida bir xil 0,4 deb hisoblab, chana tushgan h balandlikni toping.

14.10. 8 kg massali gorizontga 45° burchak ostida yuqoriga yo‘nalgan 100 N kuch bilan tortib ketilmoqda. Agar ishqalanish koeffitsiyenti 0,6 ga teng bo‘lsa, jism qanday tezlanish bilan harakatlanmoqda.

14.11. Qiyaligi 0,3 bo‘lgan tekislikdan 1 kg massali jismni qo‘yib yuborsak 2m/s^2 tezlanish bilan tushadi. Shu jismni tekislik bo‘ylab tekis tortib chiqarish uchun qanday kuch qo‘yish kerak?

14.12. Yuk gorizontga 30° burchak ostida yuqoriga yo‘nalgan 600 N kuch ta‘sirida gorizonttal yo‘nalishda tekis harakat qilmoqda, yuk va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,3 ga teng bo‘lsa yukning massasini toping.

14.13. Massasi 20 g bo‘lgan magnit temir devorga 16 N kuch bilan tortilib tinch turgan bo‘lsa, magnitga ta‘sir etuvchi ishqalanish kuchi qancha? Magnit bilan temir orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2. $g=10\text{ m/s}^2$ deb oling.

14.14. Massasi 5 kg bo‘lgan brusok vertikal devorga 100 N kuch ta‘sirida siqilmoqda. Iqalanish koeffitsiyentining qanday qiymatida brusokning yuqoriga tekis ko‘tarilishi uchun 80 N kuch kerak bo‘ladi?

14.15. 1 kg massali jism gorizontga nisbatan 37° burchak ostida pastga yo‘nalgan 10 N kuch bilan gorizonttal sirtida itarib ketilmoqda. Agar jism va sirt orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 bo‘lsa, jismning tezlanishini aniqlang. $g = 10\text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0,6$

14.16. Temir yo‘l vagoni tormozlanganda, uning tezligi 3,3 s vaqt oralig‘ida $47,5\text{ km/soat}$ dan 30 km/soat gacha bir tekisda o‘zgaradi. Vagon tormozlanganda, polkadagi chamadon siljiy boshlashi uchun, chamadon bilan polka orasidagi ishqalanish koeffitsiyentining chegaraviy qiymati qanday bo‘lishi kerak?

14.17. Stolda yotgan arqonning osilib turgan qismining uzunligi uning butun uzunligining 25% ini tashkil qilganda, u sirgʻanib tusha boshlaydi. Arqonning stolga ishqalanish koeffitsiyenti nimaga teng?

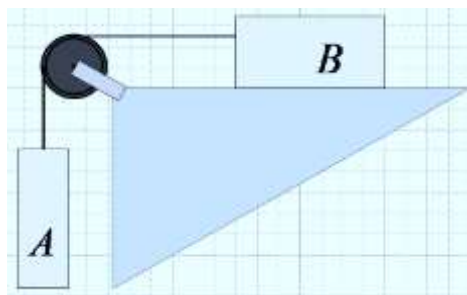
14.18. Qiyaligi har 25 m yoʻlda 1 m balandlikka koʻtariladigan toqqa 1 m/s^2 tezlanish bilan chiqayotgan avtomobil motorining tortish kuchi topilsin. Avtomobil massasi 1 t va unga oʻz ogʻirligining 0,1 qismiga teng boʻlgan ishqalanish kuchi taʼsir qiladi.

14.19. Jism qiyaligi gorizont bilan 40° boʻlgan tekislikda yotibdi.

1) Jismning qiya tekislikda sirpana boshlashi uchun ishqalanish koeffitsiyenti qanday chegaraviy qiymatga ega boʻlishi kerak? 2) Agar ishqalanish koeffitsiyenti 0,03 boʻlsa, jism qanday tezlanish bilan sirpanadi? 3) Shunday sharoitda jism 100 m yoʻlni qancha vaqtda oʻtadi? 4) Shu 100 m yoʻlning oxirida jism qanday tezlikka erishadi?

14.20. Jism gorizont bilan 45° burchak tashkil qilgan qiya tekislikda sirpanib tushmoqda. Jism oʻtgan s yoʻlning t vaqtga bogʻlanishi $s=Ct^2$ tenglama bilan berilgan, bunda $C=1,73\text{ m/s}^2$. Jismning tekislikka ishqalanish koeffitsiyenti topilsin.

14.21. Vaznsiz blok stolning qirrasiga mahkamlangan. Massalari 1kg dan boʻlgan A va B toshlar bir-biriga ip bilan birlashtirilib, blokka osilgan. B toshning stolga ishqalanish koeffitsiyenti 0,1 ga teng. 1) Toshlarining harakat tezlanishi, 2) ipning taranglik kuchi topilsin. Blokdagi ishqalanish hisobga olinmasin (14.10-rasm).

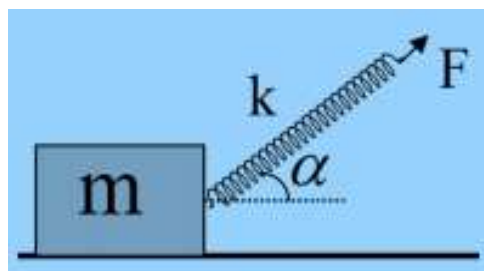


14.10-rasm

14.22. Silliqlash diskining diametri 30 cm boʻlib, 120 ayl/min chastota bilan aylanadi. Metal brusok diskning silindrik sirtiga 100 N kuch bilan bosiladi. Disk va brusok orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga teng. Diskni aylantiruvchi dvigtel quvvatini aniqlang.

14.23 Jism qiya tekislikda boshlangʻich tezliksiz tushyapti. Tekislikning gorizontdan qiyalik burchagi 30° , qiya tekislik uzunligi 2 m. Jism va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,1. Jismning tezlanishi qanday? Tushish qancha vaqt davom etadi?

14.24. Yoʻlning gorizontal qismida 36 km/h tezlik bilan harakatlanayotgan tram-vayga favqulodda holat tufayli tormoz berildi. U toʻxtaguncha qancha masofaga (m) sirpanib boradi? Ishqalanish koeffitsiyentini 0.2 deb oling. $g=9,8 \text{ m/s}^2$



14.11-rasm

14.25. Massasi 5 kg boʻlgan brusokka gorizontga nisbatan $\alpha=30^\circ$ burchak ostida pastga yoʻnalgan 10 N kuch taʻsir qilmoqda. Ishqalanish koeffitsiyenti qanchaga teng boʻlganida brusok tekis harakat qiladi?

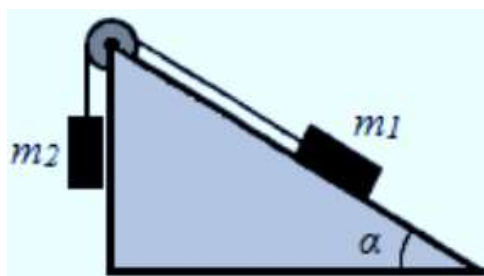
14.26. Massasi 5 kg boʻlgan brusok vertikal devorga 100 N kuch taʻsiri-da siqilmoqda. Iqalanish koeffitsiyentining qanday qiymatida brusokning yuqoriga tekis koʻtarilishi uchun 80 N kuch kerak boʻladi?

14.27. 4 kg massali yukni 37° li qiya tekislikda yuqoriga 2 m/s tezlikda tortib chiqish uchun qancha (N) kuch kerak? (yuk va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2).

14.28. Gorizontal tekislikda jim turgan 5 kg li jism 25 N kuch gorizont-ga 37° burchak ostida yoʻnalgan holda (yoʻnalish tuqoriga) taʻsir qilmoqda. Agar jism va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,1 boʻlsa, jismning tezlanishini toping.

14.29. Agar qiya tekislik asosi uzunligini uning balandligiga nisbati 2,5 ga, tekislik bilan tortib chiqarilayotgan jism orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0.15 ga teng boʻlsa, qiya tekislikning FIK qanday?

14.30. Rasmda koʻrsatilgan sistemada 20° , $m_1=2 \text{ kg}$, $m_2=1 \text{ kg}$; birinchi jism va qiya tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,1. Ip va blokni vaznsiz deb hisoblash mumkin, ip – choʻzilmas va blokda ishqalanish yoʻq. Jismlar boshlangʻich tezliksiz qoʻyib yuborildi. Jismlar sistemasining a tezlanishi va ipning T taranglik kuchi aniqlansin.

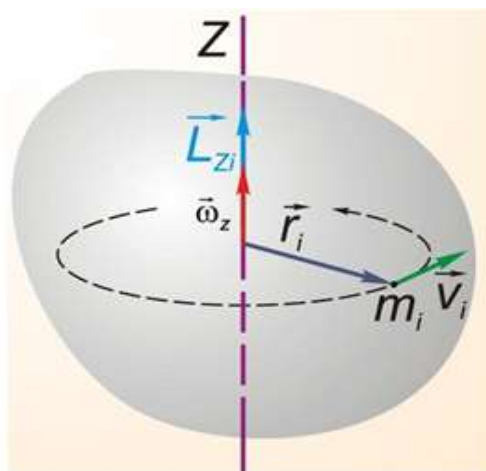


14.12-rasm



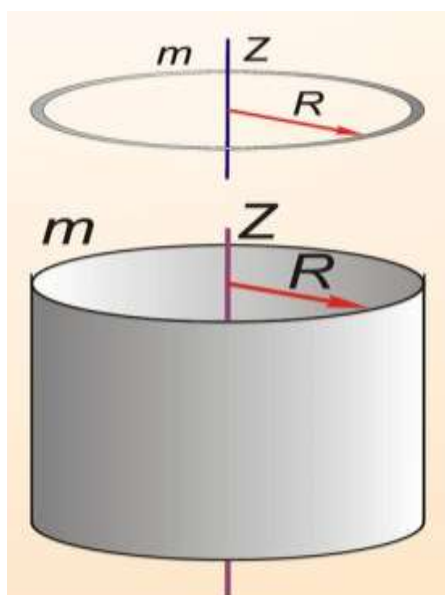
❖ Moddiy nuqtaning inersiya momenti. $I = mR^2$ (15.1)

❖ Jismning Z o'qiga nisbatan inersiya momenti $I_z = \sum m_i r_i^2$ (15.2)



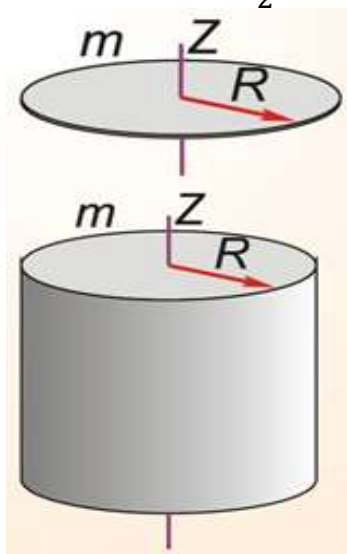
15.1-rasm

❖ Halqa va ichi bo'sh slindr markazidan o'tuvchi Z o'qiga nisbatan inersiya momenti $I_z = \int r^2 dm = mR^2$ (15.3)



15.2-rasm

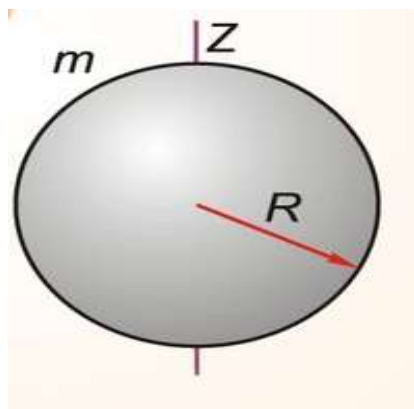
Disk va slindrning inersiya momenti $I_z = \frac{1}{2} mR^2$ (15.4)



15.3-rasm

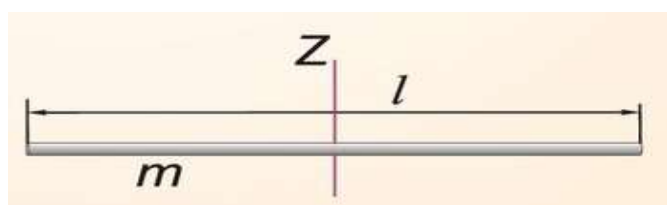
❖ Shar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti.

$$I_z = \frac{2}{5} mR^2 \quad (15.5)$$



15.4-rasm

❖ Sterjen massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti $I_z = \frac{1}{12} ml^2$ (15.6)



15.5-rasm

❖ Aylantiruvchi kuch momenti $M = I\varepsilon$ (15.7)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. $R=0,2$ m radiusli bir jinsli diskning gardishiga urunma ravishda $F=98,1$ N o'zgarmas kuch ta'sir qiladi. Aylanma harakat qilayotgan diskka $M_{ishq}=0,49$ Nm ishqalanish kuchining momenti ta'sir qiladi. Agar disk o'zgarmas 100 rad/s² burchak tezlanish bilan aylanayotgan bo'lsa, diskning massasi topilsin.

Yechish.

Diskning harakat tenglamasi

$I\vec{\varepsilon} = \vec{M}_F + \vec{M}_{ishq}$ bu yerda \vec{M}_F -kuch momenti, \vec{M}_{ishq} -ishqalanish kuchining momenti

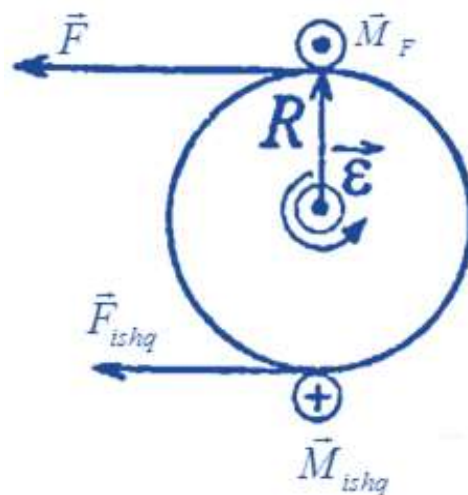
$$I\varepsilon = M_F - M_{ishq}$$

Disk uchun inersiya momenti

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

$$\frac{1}{2}mR^2\varepsilon = FR - M_{ishq} \rightarrow$$

$$m = \frac{2(FR - M_{ishq})}{R^2\varepsilon} = 7,36kg.$$



15.6-rasm

2-masala. 1 m uzunlikdagi va $0,5$ kg massali bir jinsli sterjen vertikal tekislikda o'z o'rtasidan o'tgan gorizontaal o'q atrofida aylanmoqda. Agar aylantiruvchi moment $98,1$ mN·m ga teng bo'lsa, sterjen qanday burchak tezlanish bilan aylanadi?

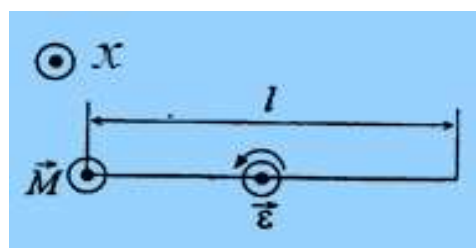
Yechish. Aylantiruvchi kuch momenti

$$M = I\varepsilon.$$

Sterjenning o'rtasidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya mimenti $I = \frac{1}{12}ml^2$ ga

$$\text{teng. } \varepsilon = \frac{M}{I} = \frac{12M}{ml^2} = 2,35 \text{ rad/s}^2$$

3-masala. Massasi 50 kg va radiusi 20 sm bo'lgan disk ko'rinishidagi g'ildirak 480 min⁻¹ chastotagacha aylantirilgan va so'ngra erkin qo'yilgan. Ishqalanish natijasida g'ildirak to'xtadi. Ishqalanish kuching momentini o'zgarmas deb hisoblab, g'ildirak 50 s dan keyin to'xtasa, ishqalanish kuching momentini aniqlang.



15.7-rasm

Yechish. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuniga binoan aylanma harakat qilayotgan jism impuls momentining o'zgarishi jismga ta'sir etayotgan kuch momenti bilan shu moment ta'sir vaqtining ko'paytmasiga teng:

$M \cdot \Delta t = I\omega_2 - I\omega_1$ bu yerda I g'ildirakning inersiya momenti; ω_1 va ω_2 - boshlang'ich va oxirgi burchak tezliklar. $\omega_2 = 0$ va $\Delta t = t$ bo'lganligidan $M \cdot t = -I\omega_1$ bundan

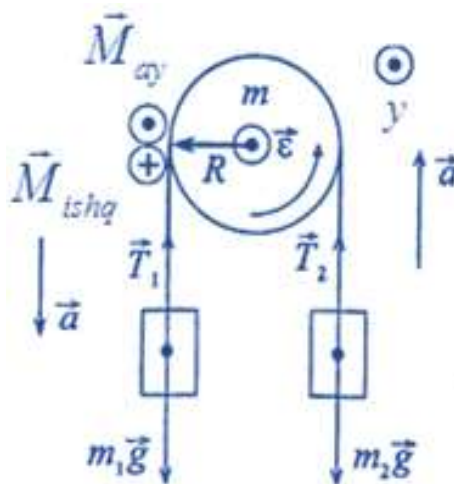
$$M = \frac{-I\omega_1}{t} \quad (1)$$

Diskning geometrik o'qiga nisbatan inersiya momenti

$$I = \frac{1}{2}mr^2 \text{ bu ifodani (1) formulaga qo'ysak,}$$

$$M = -\frac{mr^2\omega_1}{2t} = -1N \cdot m.$$

4-masala. Har xil og'irlikdagi ikkita tosh ip bilan tutashtirilgan va inersiya momenti $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, radiusi 20 sm bo'lgan blokka osilgan. Blok ishqalanish bilan aylanadi va ishqalanish kuchining momenti $98,1 \text{ N}\cdot\text{m}$ ga teng. Agar blokning $2,36 \text{ rad/s}^2$ o'zgarish burchak tezlanishi bilan aylanishi ma'lum bo'lsa, iplarning blokning ikki tomonidagi taranglik kuchlarining farqi topilsin.



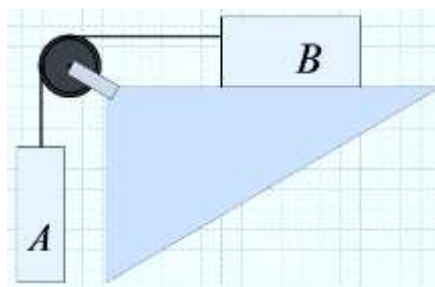
15.8-rasm

Yechish. Aylanma harakatning asosiy qonuniga muvofiq

$$I\varepsilon = M_{ay} - M_{ishq}, \quad I\varepsilon = (T_1 - T_2)R - M_{ishq}$$

$$(T_1 - T_2) = \frac{I\varepsilon + M_{ishq}}{R} = 1,08 \text{ kN}$$

5-masala. 1 kg massali blok stolning qirrasiga mahkamlangan. Massalari 1 kg ga teng bo'lgan A va B toshlar ip bilan tutashtirilgan (15.9-rasm) va blokka osilgan. B jismning stolga ishqalanish koeffitsienti $0,1$ ga teng. Bloknı bir jinsli



15.9-rasm

disk deb hisoblansin. Blokdagi ishqalanish hisobga olinmasin. 1) Yuklar harakatining tezlanishi, 2) iplarning taranglik kuchlari topilsin.

Yechish. Nyutonning ikkinchi qonuniga binioan x va y o'qlardagi proyeksiyasini yozib olamiz:

$$\begin{cases} m_1 a = m_1 g - T_1 \\ m_2 a = T_2 - F_{ishq} \end{cases} \quad (1) \quad F_{ishq} = \mu m_2 g,$$

aylanma harakatning asosiy qonuniga muvofiq

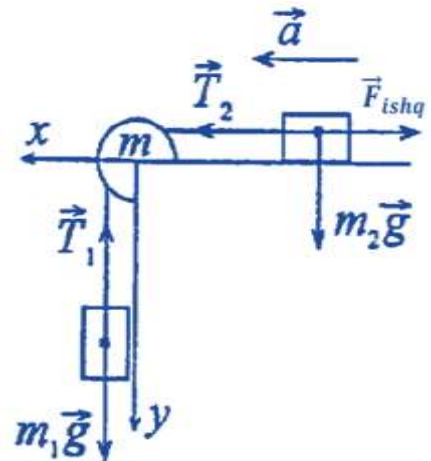
$$I\varepsilon = (T_1 - T_2)R, \quad \varepsilon = \frac{a}{R}, \quad I = \frac{mR^2}{2};$$

$$(T_1 - T_2)R = \frac{a}{R} \cdot \frac{mR^2}{2} \rightarrow (T_1 - T_2) = \frac{ma}{2}.$$

$T_1 = m_1(g - a)$, $T_2 = m_2(a + \mu g)$. Agar $m_1 = m_2 = m'$ ekanligini inobatga olsak $T_1 - T_2 = m'(g - 2a - \mu g) = m'g(1 - \mu) - 2m'a$

$$m'g(1 - \mu) = \frac{ma}{2} + 2m'a \rightarrow a = \frac{2m'g(1 - \mu)}{m + 4m'} = 3,5m/s^2.$$

Tezlanishning qiymatini (1) ga keltirib qo'yib taranglik kuchlarini topamiz: $T_1 = 6,3N$; $T_2 = 4,5N$.



15.10-rasm

Mustaqil ishlash uchun masalalar

15.1. 0,3 kg massali moddiy nuqtaning nuqtadan 20 sm uzoqlikdan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

15.2. Yer sharining o'z aylanish o'qiga nisbatan inersiya topilsin.

15.3. 0,2 m radiusli 0,5 kg massali disk o'z og'irlik markazidan o'tgan o'q atrofida aylanmoqda. Disk aylanish burchak tezligining vaqtiga bog'lanishi $\varepsilon = A + Bt$ tenglama orqali berilgan, bunda $B = 8 \text{ rad/s}^2$. Disk gardishiga qo'yilgan urunma kuchning kattaligi topilsin. Ishqalanish nazarda olinmasin.

15.4. Inersiya momenti $63,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ teng bo'lgan maxovik $31,4 \text{ rad/sek}$ o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanmoqda. Maxovik tormozlovchi moment ta'sirida 20s dan keyin to'xtasa tormozlovchi moment topilsin.

15.5. 0,5 m radiusli va 50 kg massali disksimon g'ildirakning gardishiga 98.1 N urunma kuch ta'sir qiladi. 1) G'ildirakning burchak tezlanishi topilsin. 2) Kuch ta'sir qila boshlagandan qancha vaqt o'tgach g'ildirakning tezligi 100 ayl/s ga mos keladi.

15.6. 0,2 m radiusli va 10 kg massali maxovik aylantiruvchi qayish bilan motorga ulangan. Sirg'alishsiz harakatlanayotgan qayishning taranglik kuchi o'zgarmas bo'lib, 14,7 N ga teng. Harakat boshlanishidan 10 s o'tgandan keyin maxovik sekundiga necha marta aylanadi? Maxovik bir jinsli disk deb hisoblansin. Ishqalanish nazarga olinmasin.

15.7. Inersiya momenti $245 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ga teng bo'lgan maxovik g'ildirak 20 ayl/sek bilan aylanadi. Aylantiruvchi momentni ta'siri to'xtatilgandan bir minut o'tgach g'ildirak to'xtaydi. 1) Ishqalanish kuchining momenti, 2) aylantiruvchi moment ta'siri to'xtatilgandan boshlab to g'ildirak to'xtaguncha uning aylanishlar soni topilsin.

15.8. Massalari 2 kg va 1 kg bo'lgan ikkita tosh ip bilan tutashtirilgan va blokka osilgan. Blokning radiusi 10 sm va uning massasi 1 kg. 1) Toshlar harakatining tezlanishi; 2) Toshlar osilgan iplarning taranglik kuchlari topilsin. Blok bir jinsli disk deb hisoblansin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

15.9. 0,5 m radiusli barabanga ip o'ralgan, uning uchiga 10 kg yuk osilgan. Agar yukning pastga $2,04 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tushayotgani ma'lum bo'lsa, barabanning inersiya momenti topilsin.

15.10. Massasi 0,2 kg bo'lgan qo'zg'almas chig'ir orqali oshirib tashlangan chilvirning uchlariga massalari 0,3 kg va 0,5 kg bo'lgan yuklar osilgan. Agar chig'irning massasi gardish bo'ylab tekis taqsimlangan bo'lsa, yuklar harakatlanayotgan paytda chig'irning har ikkala tomonidagi chilvirning taranglik kuchlari aniqlansin.

15.11. Massasi 8 kg bo'lgan, o'z og'irlik markazidan o'tgan, o'q atrofiga aylanayotgan bir jinsli diskning radiusi, 0,3 m va uning aylanish burchak tezligining vaqtga bog'lanishi, $\omega = A + Bt$ tenglama orqali berilgan. Bunda $B = 10 \text{ rad/s}^2$. Disk gardishiga qo'yilgan urinma kuchning kattaligi topilsin. Ishqalanish kuchini hisobga olmag.

15.12. Disksimon g'ildirakning radiusi 0,6 m va massasi 25 kg ga teng. Uning gardishiga 800 N urinma kuch ta'sir qilsa, burchak tezlanishi qanchaga teng bo'ladi? G'ildirakning aylanish chastotasi qancha vaqt o'tgach, 120 ayl/s ga mos keladi?

15.13. 15 ayl/s chastota bilan aylanayotgan g'ildirakning inersiya momenti, $150 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ga teng. Aylantiruvchi momentning ta'siri to'xtatilgandan so'ng, u 30 sekunddan keyin to'xtaydi. 1) Ishqalanish kuchining momenti, 2) g'ildirak to'xtaguncha necha marta aylanadi?

15.14. Uchiga massasi 8 kg bo'lgan yuk osilgan ip, 0,3 m radiusli barabanga o'ralgan. Agar, yuk pastga $1,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inersiya momenti topilsin.

15.15. Minutiga 1200 marta aylanayotgan ventilator, manbadan uzilgandan keyin, tekis sekinlanuvchan harakatlanib, to'xtaguncha 90 marta aylanadi. Tormozlanish ishi 80 J ga teng. Ventilatorning inersiya momenti va tormozlanish kuchining momenti topilsin.

16-MAVZU**Qattiq jismning ilgarilanma va aylanma harakati**

❖ Harakat egri chiziqli bo'lgani uchun M nuqtaning tezligi quyidagi formula bo'yicha topiladi:

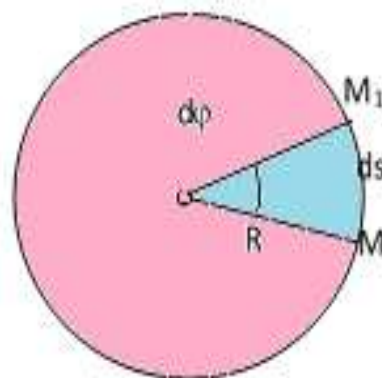
$$v = \frac{ds}{dt} = R \frac{d\phi}{dt} = R\omega \quad (16.1)$$

❖ M nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlardan tashkil topadi. $a_n = \frac{v^2}{R}$ (16.2);

$a_\tau = \frac{dv}{dt}$. Bu tengliklarga (16.1) dan v ning qiymatini qo'yamiz: $a_n = \frac{(\omega R)^2}{R} = \omega^2 R$; $a_\tau = \frac{d}{dt}(\omega R) = \varepsilon R$ (16.3)

❖ M nuqtaning to'liq tezlanishining miqdori: $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$
 $a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$ (16.4)

❖ Yo'nalishi $tg\alpha = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$ (16.5)

**16.1-rasm****Masalalarni yechishga doir namunalar.**

1-masala. Bug' turbinasi diskini ishga tushirish davridagi aylanish tenglamasi yozilsin; aylanish burchagi vaqt kubiga proporsional va $t=3$ s bo'lganda, diskning burchak tezligi $\omega=27\pi$ rad/s ga to'g'ri keladi.

Yechish. Masala shartiga asosan $\phi = kt^3$; $\omega = \dot{\phi} = 3kt^2$ bo'lib, masala shartiga asosan $t=3$ s da $\omega=27\pi$ va $t=3$ s da $\omega=3kt^2=27k$ bo'lgani uchun $27k=27\pi$ yoki $k=\pi$ bo'ladi. Demak, bug' turbinasining aylanma harakat tenglamasi $\phi=\pi t^3$ rad ekan.

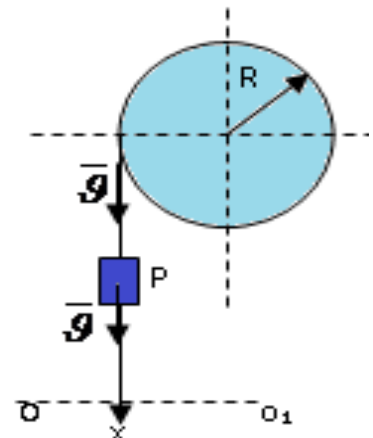
2 - masala. Tinch holatda bo'lgan jism tekis tezlanish bilan aylana boshlab, birinchi 2 minutda 3600 marta aylanadi. Burchak tezlanish va burchak tezligi aniqlansin.

Yechish. Tekis o'zgaruvchan aylanma harakat tenglamasini yozamiz: $\phi = \phi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$; $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$

Bu yerda $\omega_0=0$; $\varphi_0=0$ va $t=2\cdot 60=120$ s bo'lgani uchun $\varphi = 2\pi N = 7200\pi$ rad $7200\pi = \frac{\varepsilon}{2}(120)^2$ bo'ladi; $\varepsilon = \pi \frac{rad}{s^2}$ va $\omega = \varepsilon t = 120\pi \frac{rad}{s}$.

3-masala. Radiusi 10 sm bo'lgan A val unga ipda osilgan P tosh bilan aylantiriladi. Toshning harakati $x=100t^2$ tenglama bilan ifodalanadi. Bunda x toshdan qo'zg'almas OO_1 gorizontalgacha bo'lgan, santimetrlar hisobida ifodalangan masofa, t -vaqt (sekund hisobida). t paytda valning burchak tezligi ω va burchak tezlanishi ε , shuningdek val sirtidagi nuqtaning to'la tezlanishi a aniqlansin.

Yechish. P tosh ilgariharakatda bo'lgani uchun uning tezligi $\vartheta = \dot{x} = 200t$ sm/s formula bilan aniqlanadi. Val to'g'igidagi nuqta ham shu ϑ tezlikka ega, chunki tosh bilan val cho'zilmaydigan arqon bilan bog'langan (16.2-rasm).

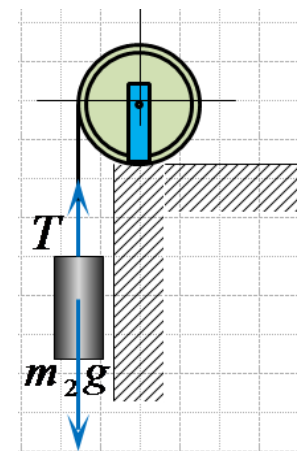


16.2-rasm

$$\vartheta = \omega R \text{ bo'lgani uchun, } \omega = \frac{\vartheta}{R} = 20t \text{ rad/s; } \varepsilon = \dot{\omega} = 20 \text{ rad/s}^2$$

$$a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} = 10\sqrt{400 + 160000t^4} \text{ sm/s}^2$$

4-masala. Massasi 10 kg yaxlit slindr shaklidagi val gorizont tekislikdagi o'qqa o'rnatilgan. Slindrga erkin uchiga massasi 2 kg li tosh osilgan chilvir o'ralgan (16.3-rasm). Agar tosh erkin qo'yilsa, qanday tezlanish bilan tushadi ?



16.3-rasm

Yechish : Toshning chiziqli tezlanishi a valning slindrik sirtida yotuvchi nuqtalarning tangensial tezlanishiga teng va valning burchak tezlanishi ε bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan $a = \varepsilon R$, bu yerda R - val radiusi.

Valning burchak tezlanishi aylanayotgan jism dinamikasining asosiy tenglamasi orqali ifodalanadi: $\varepsilon = \frac{M}{I}$ (1), bu yerda M - valga ta'sir etayotgan aylanishish momenti. I -valning inersiya momenti. Valni bir jinsli slindr sifatida qaraymiz. U holda , uning geometrik o'qqa nisbatan inersiya momenti $I = \frac{1}{2} m_1 R^2$; $M = TR$.

Taranglikni Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan :
 $m_2 g - T = m_2 a$; $T = m_2 (g - a)$.

Endi valni burchak tezlanishini topamiz: $\varepsilon = \frac{m_2(g-a)R}{0,5m_1R^2}$ bu formulani (1) ga qo'ysak $a = \frac{2m_2(g-a)}{m_1}$ ni olamiz, bundan $a = \frac{2m_2}{m_1+2m_2}g = 2,8m/s^2$.

5-masala. Massasi 80 g bo'lgan disk shaklidagi chig'ir orqali uchlariga massalari 100 g va 200 g bo'lgan yuklar bog'langan ingichka qayishqoq ip tashlangan (16.4-rasm). Agar yuklar erkin qo'yilsa qanday tezlanish bilan harakatlana-dilar.

Yechish. Masalani yechishga ilgari lanma va aylanma harakatning asosiy qonunlarini qo'llaymiz.

$$T_1 - m_1g = m_1a; m_2g - T_2 = m_2a \text{ bundan}$$

$$T_2 = m_2g - m_2a. (1)$$

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuniga binoan $M = I\varepsilon$.

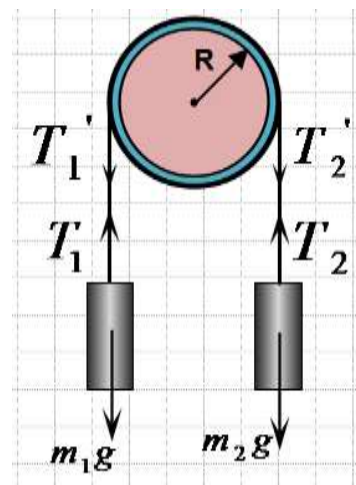
Diskning inersiya momenti $I = \frac{1}{2}mR^2$ bo'lsa, tarangliklar farqi hisobiga aylantiruvchi moment hosil bo'lsa, demak $(T_2 - T_1)R = \frac{1}{2}mR^2 \frac{a}{R}$; $(T_2 - T_1) = \frac{1}{2}ma$ (2).

(1) formuladan $T_2 - T_1$ topamiz va (2) ga qo'yamiz:

$$m_2g - m_2a - m_1g - m_1a = \frac{1}{2}ma \text{ yoki}$$

$$(m_2 - m_1)g = (m_2 + m_1 + \frac{1}{2}m)a; a = \frac{(m_2 - m_1)g}{(m_2 + m_1 + \frac{1}{2}m)}$$

$$a = \frac{(0,2 - 0,1) \cdot 9,81}{(0,2 + 0,1 + 0,04)} = 2,88m/s^2$$



16.4-rasm

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

16.1. Radiusi 2m bo'lgan maxovik tinch holatdan boshlab tekis tezlanish bilan aylanadi; tog'inda yotuvchi nuqtalar 10 s dan keyin 100 m/s chiziqli tezlikka ega bo'ladi. G'ildirak to'g'inidagi nuqtaning 15 s bo'lgan vaqtdagi tezligi, urinma va normal tezlanishi topilsin.

16.2. Shkivning gardishidagi A nuqta 50 sm/s tezlik bilan harakat qiladi, A nuqta bilan bir radiusda yotuvchi boshqa B nuqta esa 10 m/s tezlik bilan harakatlanadi: AB masofa 20 sm ga teng. Shkivning burchak tezligi ω hamda diametri aniqlansin.

16.3. Motor o‘chirilgan paytda $\omega\pi \text{ rad/s}$ ga to‘g‘ri keladigan burchak tezligi bilan aylanayotgan samolyot propelleri to‘xtaguncha 80 marta aylanadi. Propeller aylanishini tekis sekinlanuvchan deb hisoblab, motor o‘chirilganidan propeller to‘xtaguncha qancha vaqt o‘tishi topilsin.

16.4. Tich holatda bo‘lgan val tekis tezlanish bilan aylana boshlaydi; birinchi 5 sekunda u 12,5 marta aylanadi. Shu 5 s o‘tgandan so‘ng uning burchak tezligi qancha bo‘ladi?

16.5. Jism $\varphi = 2t^3$ burchak tezlik bilan aylanayotgan bo‘lsa, uning aylanish o‘qidan 0,2 m masofadagi nuqtasi urinma tezlanishining 2 s paytdagi qiymatini aniqlang.

16.6. Diametri 0,6 m bo‘lgan baraban $\varphi = 5 + 2t^3$ qonun bo‘yicha aylanib? yukni yuqoriga tortadi. 1 s paytdagi baraban tezligini toping.

16.7. Maxovik 90 ayl/min o‘zgarmas chastota bilan aylanadi. Uning aylanish o‘qidan 0,043 m uzoqlikda bo‘lgan nuqtasining tezlanishini aniqlang.

16.8. Radiuslari 0,4 m, 0,8 m va 1 m bo‘lgan tishli g‘ildiraklar o‘zaro bog‘langan bo‘lib, 1-g‘ildirak $\varphi = 4t^2$ qonun bo‘yicha harakat qilsa, 2s paytda 3- g‘ildirak qanday tezlikka erishadi?

16.9. Jism $\varphi = 1 + 4t$ qonun bo‘yicha aylanadi. Uning aylanish o‘qidan 0,2 m masofadagi nuqtasining tezlanishini hisoblang.

16.10. Agar jismning burchak tezligi $\omega = 2 - 8t^2$ qonun bo‘yicha o‘zgarsa, u to‘xtaguncha qancha vaqt o‘tadi?

16.11. Uchiga 0,5 kg massali yuk osilgan ip radiusi 10 sm bo‘lgan barabanga o‘rab qo‘yilgan. Yuk 1 m/s^2 tezlanish bilan tushayotgan bo‘lsa, barabanning inersiya momentini toping.

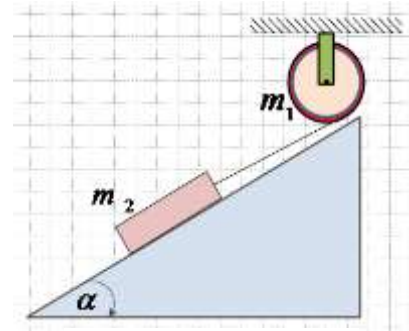
16.12. Massasi 100 g bo‘lgan blokdan o‘tqazilgan ingichka egiluvchan cho‘zilmaydigan ip uchlariga massalari 200 g va 300 g bo‘lgan ikkita yuk osilgan. Yuklar qo‘zg‘almas holatda tutib turilibdi. Yuklar o‘z holiga qo‘yilsa ular qanday tezlanish bilan harakat qiladi? Blokning radiusi 10 sm bo‘lsa, u qanday burchak tezlanishga ega bo‘ladi? Ishqalanishni hisobga olmag.

16.13. Massasi 1 kg bo‘lgan maxovik radiusi 5 sm, massasi esa 200 g bo‘lgan shkivga unga o‘ralgan ipning uchiga osilgan 500 g massali yuk yordamida harakatga keltiriladi. Qancha vaqtdan keyin maxovik 5 ayl/s tezlikka erishadi? Maxovikning barcha massasi uning aylanish

o'qidan 40 sm masofada joylashgan gardishi bo'ylab taqsimlangan deb hisoblang.

16.14. Uchiga 1 kg massali yuk osilgan ip radiusi 10 sm bo'lgan barabanga o'rab qo'yilgan. Yuk 2 m/s^2 tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inersiya momentini toping.

16.15. Massasi 200 g bo'lgan silindrsimon yaxlit qo'zg'almas blokka o'ralgan ingichka cho'zilmas ipning uchiga qilalik burchagi 45° bo'lgan qiya tekislikda yotgan 500 g massali jism bog'lab qo'yilgan (16.5-rasm). Jismni tortib turgan ip qiya tekislikka parallel. Agar qiya yekislikda sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,1 bo'lsa, 1 s da jism qiya tekislik bo'ylab qancha yo'lni o'tadi? Blokdagi ishqalanish hisobga olmang.



16.5-rasm

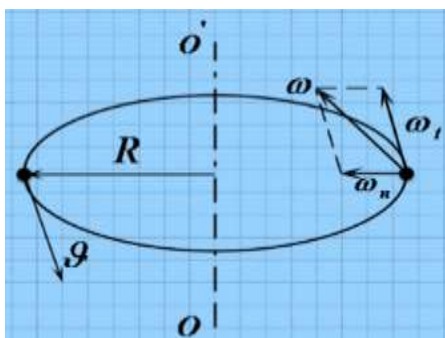
17-MAVZU



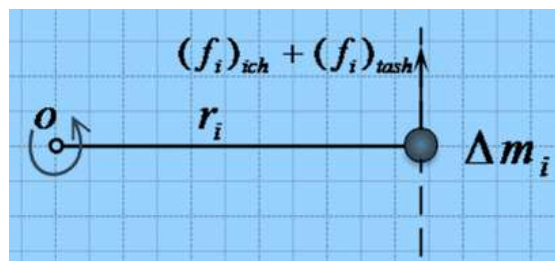
Jismning qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakat qonuni va uning tenglamasi

❖ Aylanayotgan jism bitta zarrasining harakatini qaraymiz:

Massasi Δm_i bo'lgan zarra o'qdan R masofada joylashgan bo'lsin (harakat soat strelkasiga qarama – qarshi yo'nalishda) bu zarraga ichki va tashqi kuchlar ta'sir qilayapti deylik bu kuchlarni r_i ga perpendikulyar bo'lgan o'qqa proyeksiyalaymiz .



17.1-rasm



17.2-rasm

U holda $f_{ichki} + f_{tashqi}$ sifatida qaraymiz.

F_{ichki} – ichki kuchlar aylantiruvchi tashkil etuvchisi

F_{tashqi} – tashqi aylantiruvchi kuchlarning tashkil etuvchisi

Jismlarning i -zarrachasi uchun dinamikaning ikkinchi qonunini qo'llaymiz.

$$\Delta m_i \frac{d\vartheta}{dt} = \Delta m_i r_i \frac{d\omega}{dt} = f_{ich} + f_{tash} \quad (17.1)$$

bu tenglikning har ikkala tomoniga r_i ni ko'paytiramiz:

$$\Delta m_i r_i^2 \frac{d\omega}{dt} = (f_{ich} + f_{tash}) \cdot r_i \quad (17.2)$$

$$\frac{d\omega}{dt} \sum \Delta m_i r_i^2 = \sum f_{i(ich)} r_i + \sum f_{i(tashqi)} r_i \quad (17.3)$$

avvalo $\sum f_{i(ich)} r_i = 0$ ekanligini, yani ichki kuchlarning momenti nolga tengligini qayd qilamiz.

$$\sum f_{tash} r_i = M \quad (17.4)$$

$$\frac{d\omega}{dt} \sum \Delta m_i r_i^2 = M \quad (17.5)$$

$$\text{❖ } I = \sum \Delta m_i r_i^2 \quad (17.6)$$

bu ifoda aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deyiladi.

$$M = I \frac{d\omega}{dt} = I\varepsilon \quad (17.7)$$

Bu tenglama aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi deyiladi.

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Uzunligi 50 sm va massasi 400 g bo‘lgan ingichka bir jinsli tayoqcha o‘rtasidan tayoqchaga tik ravishda o‘tadigan o‘q atrofida 3 rad/s^2 burchak tezlanish bilan aylanadi. Aylantiruvchi moment aniqlansin.

Yechish. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasiga muvofiq $M = I\varepsilon$ tenglamani yozamiz. Sterjen uchun inersiya momenti $I = \frac{1}{12} ml^2$ ga teng. $M = \frac{1}{12} ml^2 \varepsilon = \frac{1}{12} \cdot 0,4 \cdot 0,25 \cdot 3 = 0,025 \text{ N} \cdot \text{m}$

2-masala. G‘ildirak va radiusi 5 sm bo‘lgan yengil shkiv gorizontol o‘qqa o‘rnatilgan. Shkivga massasi 0,4 kg bo‘lgan yuk bog‘langan chilvir o‘ralgan. Yuk tekis tezlanuvchan harakat qilib tushushda 3 s vaqtda 1,8 m yo‘lni o‘tdi. G‘ildirakning inersiya momenti aniqlansin. Shkiv massasi hisobga olinmaydigan darajada kichuk deb hisoblansin.

Yechish. masala shartiga binoan chizmasini chizib olamiz.

Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasiga muvofiq $M = I\varepsilon$ tenglamani yozamiz. Agar aylantiruvchi moment $M = T'R$ bo‘lsa bu yerda $T' = T$ teng ekanligidan $M = TR$ yozib olsak bo‘ladi.

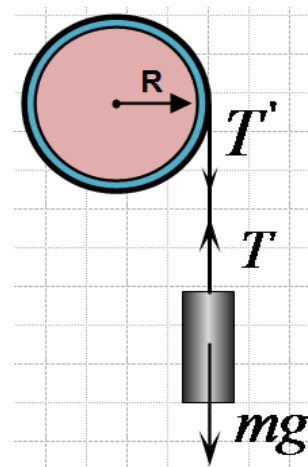
Kuchlarning proyeksiyasini yozim olamiz: $mg - T = ma$; $T = m(g - a)$; $M = m(g - a)R$. Jism tezlanuvchan harakat qilayotganligi sabab bosib o‘tgan masofasi $S = a_\tau \frac{t^2}{2}$ ga teng. Bu

formuladan tezlanishni topamiz: $a_\tau = \frac{2S}{t^2}$; $\varepsilon = \frac{a_\tau}{R} = \frac{2S}{t^2 R}$.

$$M = m(g - \frac{2S}{t^2})R; I = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{m(g - \frac{2S}{t^2})R}{\frac{2S}{t^2 R}} = mR^2(\frac{gt^2}{2S} - 1)$$

$$I = mR^2 \left(\frac{gt^2}{2S} - 1 \right) = 0,4 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \left(\frac{10 \cdot 9}{2 \cdot 1,8} - 1 \right) = 24 \text{ mN} \cdot \text{m}$$

3-masala. Massasi 100 kg va radiusi 5 sm bo‘lgan val 8 Hz chastota bilan aylanayotgan edi. Silindrik sirtiga 40 N kuchga ega



17.3-rasm

tormoz dastasining bosilishi natijasida 10 s dan keyin val to'xtadi. Ishqalanish koeffitsiyenti aniqlansin.

Yechish. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasiga muvofiq $M = I\varepsilon$ tenglamani yozamiz. Silindr uchun inersiya momenti $I = \frac{1}{2}mR^2$ ga teng. $M = I\varepsilon = I\frac{\omega}{t} = I\frac{2\pi v}{t}$, ishqalanish kuchini momenti

$$M = F_{ishq}R = \mu FR \text{ bu ikkala momentlarni tenglashtirib } I\frac{2\pi v}{t} = \mu FR;$$

$$\mu = \frac{2\pi v m R^2}{2FRt} = \frac{\pi m R v}{Ft} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 0,05 \cdot 8}{40 \cdot 10} = 0,314$$

4-masala. Disk shaklidagi chig'ir orqali chilvir tashlangan. Chilvirning uchlariga massalari 100 g va 110 g bo'lgan yukchalar bog'langan. Agar chig'irning massasi 400 g bo'lsa, yukchalar qanday tezlanish bilan harakat qiladi? Chig'irning aylanishdagi ishqalanish ahamiyatsiz darajada kichik.

Yechish. Masalani yechishga ilgariylanma va aylanma harakatning asosiy qonunlarini qo'llaymiz. $T_1 - m_1g = m_1a$; $m_2g - T_2 = m_2a$ bundan $T_2 = m_2g - m_2a$. (1)

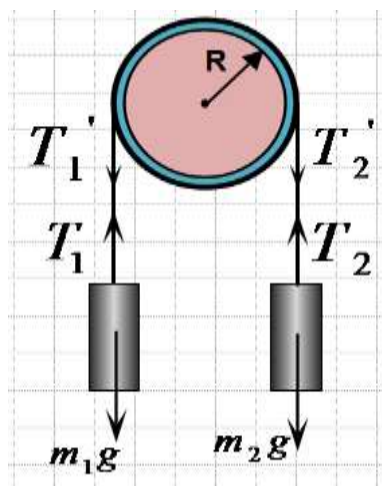
Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuniga binoan $M = I\varepsilon$. Diskning inersiya momenti $I = \frac{1}{2}mR^2$ bo'lsa, tarangliklar farqi hiso-biga aylantiruvchi moment hosil bo'lsa, demak $(T_2 - T_1)R = \frac{1}{2}mR^2\frac{a}{R}$; $(T_2 - T_1) = \frac{1}{2}ma$ (2).

(1) formuladan $T_2 - T_1$ topamiz va (2) formulaga qo'yamiz: $m_2g - m_2a - m_1g - m_1a = \frac{1}{2}ma$ yoki

$$(m_2 - m_1)g = (m_2 + m_1 + \frac{1}{2}m)a; \quad a = \frac{(m_2 - m_1)g}{(m_2 + m_1 + \frac{1}{2}m)}$$

$$a = \frac{(0,11 - 0,1) \cdot 9,81}{(0,11 + 0,1 + 0,2)} = 0,24 \text{ m/s}^2$$

5-masala. Massasi 10 kg va radiusi 20 sm bo'lgan shar o'z markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanadi. Sharining aylanish tenglamasi $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ ko'rinishiga ega. Bunda $B=4 \text{ rad/s}^2$,



17.4-rasm

$C = -I\alpha/s^3$. Sharga ta'sir etayotgan kuch momentining o'zgarish qonuni topilsin. Vaqtning 2 s onidagi kuch momenti aniqlansin.

Yechish. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuniga binoan $M = I\varepsilon$. Sharning inersiya momenti $I = \frac{2}{5}mR^2$ ga teng. Sharning aylanish tenglamasidan ikkinchi tartibli hosila olinsa burchak tezlik hosil bo'ladi. $\varepsilon = \ddot{\varphi} = 2B + 6Ct = 2(B + 3Ct)$;

$$M = \frac{2}{5}mR^2 2(B + 3Ct) = \frac{4}{5}mR^2(B + 3Ct);$$

$$M = \frac{4}{5}mR^2(B + 3Ct). M = \frac{4}{5} \cdot 10 \cdot 0,04(4 - 3 \cdot 2) = -0,64 N \cdot m$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

17.1. Silindrga massasi silindr massasiga nisbatan hisobga olinmaydigan darajada ingichga qayishqoq cho'zilmaydigan ip o'ralgan. Ipnining erkin uchini tayanchga mahkamlanadi va silindrga og'irlik kuchi ta'sirida tushishga imkon beradilar. Agar silindr: 1) yaxlit; 2) devorlari yupqa kovak bo'lsa, silindr o'qining chiziqli tezlanishi aniqlansin.

17.2. Massalari 0,25 kg va 0,15 kg bo'lgan ikkita jism chig'ir orqali tashlangan ingichka ip bilan bog'langan. Chig'ir sirti bo'ylab birinchi jism sirpanadigan gorizontol stolning chekkasiga mahkamlangan. Jismlar qanday tezlanish bilan harakat qiladilar va ipning har ikkala tomonidagi tarangliklari aniqlansin. Jismning stol sirti bilan ishqalanish koeffitsiyenti 0,2. Chig'irning massasi 0,1 kg va uni gardish bo'ylab taqsimlangan deb hisoblash mumkin. Ipnining massasi va chig'ir o'qidagi ishqalanish hisobga olinmasin.

17.3. $M=9$ kg massali barabanga ip o'ralgan bo'lib, uning uchiga $m=2$ kg massali yuk osilsin. Yukning tezlanishi topilsin. Baraban bir jinsli silindr deb hisoblansin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

17.4. Inersiya momenti $0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ga teng bo'lgan, 20 sm radiusli barabanga ip o'ralib, uning uchiga $0,5 \text{ kg}$ yuk osilgan. Yuk baraban aylanguncha poldan 1 m balandlikda bo'lgan. 1) Qancha vaqtdan keyin yukning polga tushishi, 2) ipning taranglik kuchi topilsin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

17.5. Gorizontol o'qqa radiusi R bo'lgan shkiv o'rnatilgan. Shkivga shnur o'rnatilgan bo'lib, uning bo'sh uchiga 2 kg massali tosh osilgan. Shkiv massasi 10 kg va uni gardish bo'ylab tekis taqsimlangan

deb hisoblab toshni tushish tezlanishini, shurning taranglik taranglik kuchini va shkivning o'qqa ko'rsatadigan bosim kuchini aniqlang.

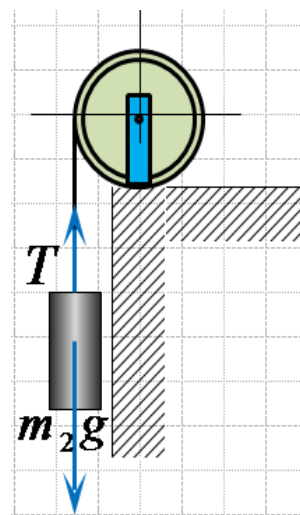
17.6. Gorizont bilan α burchak hosil qilgan qiya tekislik boshiga ω_0 burchak tezlik bilan aylanayotgan r radiusli silindr qo'yilgan. Boshlang'ich ilgarilanma tezligi nolga teng. Silindr yuqoriga qarab chiqib boshlaydi. Silindr qancha vaqt ichida eng yuqori holatiga erishadi?

17.7. $R=0,2$ m radiusli bir jinsli diskning gardishiga urunma ravishda $F=98,1$ N o'zgarmas kuch ta'sir qiladi. Aylanma harakat qilayotgan diskka $M_{ishq}=0,49$ N·m ishqalanish kuchining momenti ta'sir qiladi. Disk massasi 7,36 kg va disk o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanayotgan bo'lsa, diskning burchak tezlanishi topilsin.

17.8. Uchiga 1 kg massali yuk osilgan ip radiusi 10 sm bo'lgan barabanga o'rab qo'yilgan. Yuk 1 m/s² tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inersiya momentini toping.

17.9. Massasi 3 kg yaxlit silindr shaklidagi val gorizont tekislikdagi o'qqa o'rnatilgan. Silindrga erkin uchiga massasi 1 kg li tosh osilgan chilvir o'ralgan (17.5-rasm). Agar tosh erkin qo'yilsa, qanday tezlanish bilan tushadi?

17.10. Massasi 1 kg bo'lgan maxovik radiusi 5 sm, massasi esa 200 g bo'lgan shkivga unga o'ralgan ipning uchiga osilgan 500 g massali yuk yordamida harakatga keltiriladi. Qancha vaqtdan keyin maxovik 2,5 ayl/s tezlikka erishadi? Maxavikning barcha massasi uning aylanish o'qidan 40 sm masofada joylashgan gardishi bo'ylab taqsimlangan deb hisoblang.



17.5-rasm



❖ Biror moddiy nuqta r radiusli aylana bo‘ylab qandaydir burchak tezlik bilan harakatlanayotgan bo‘lsa, uning chiziqli tezligi: $v = \omega \cdot r$. Bu yerda, r - aylana radiusi.

❖ Ma‘lumki, jismning massasi bilan tezligining ko‘paytmasiga teng fizikaviy kattalik ($m\vec{v}$) uning impulsini ifodalaydi. Agar jism impulsini aylana radiusi r ga ko‘paytirilsa, hosil bo‘luvchi kattalik moddiy nuqta impulsining momenti deyiladi. $\vec{L} = m\vec{v} \cdot \vec{r}$ (18.1).

❖ Qattiq jismni esa i dona alohida moddiy nuqtalar to‘plamidan iborat deb qarash mumkin. Shu sababli ham uning impuls momenti L ni quyidagicha yozish mumkin:

$\vec{L} = \sum_i m_i \vec{v} \cdot \vec{r} = \sum_i m_i \vec{\omega} \cdot \vec{r}_i \cdot \vec{r} = \vec{\omega} \sum_i m_i r_i^2 = I\vec{\omega}$. Bu yerda m_i qattiq jism tarkibidagi i -bo‘lakchanning massasi, r -aylanish markazidan (o‘qidan) i -bo‘lakchagacha radius-vektor va ω -burchakli tezlik.

❖ Demak, har qanday jismning impuls momenti uning inertsiya momenti bilan burchak tezligining ko‘paytmasiga teng.

$$\vec{L} = I\vec{\omega} \quad (18.2)$$

❖ Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi:

$$\vec{M} = \frac{d}{dt}(I\vec{\omega}) \quad (18.3)$$

Agar aylanuvchi jismga tashqi kuchlar ta‘sir etmasa, yoki ta‘sir etuvchi tashqi kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi nolga teng bo‘lsa, u vaqtda (17.3) tenglamadan impuls momentining o‘zgarmas bo‘lishi to‘g‘risida xulosaga kelish mumkin:

$$F=0; M=0; \frac{d}{dt}(I\vec{\omega}) = 0 \quad \vec{L} = I\vec{\omega} = const \quad (18.4)$$

❖ (18.4) tenglama aylanma harakat qilayotgan qattiq jismning impuls momentining saqlanish qonunini ifodalaydi. $I_0\omega_0 = I_t\omega_t$ (18.5)

(18.5) dan xulosaga kelish mumkinki, aylanayotgan tizimda inertsiya momentining kamayishi uning burchakli tezligini mos ravishda ortishiga va aksincha inertsiamomentining ortishi uning burchakli tezligini mos ravishda kamayishiga sabab bo‘ladi.

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Radiusi 1,5 m va massasi 180 kg bo'lgan disk ko'rinishidagi platforma tik o'qi atrofida nersiya bo'yicha 10 min^{-1} chastota bilan aylanadi. Platforma markazida 60 kg massali odam turibdi. Agar odam platformaning chekkasiga o'tsa, unda odamning bino poliga nisbatan chiziqli tezligi qanday bo'ladi?

Yechish. Impuls momentining saqlanish qonuniga binoan

$(I_1 + I_2)\omega = (I_1 + I_2')\omega'$ (1) bu yerda I_1 - platformaning inersiya momenti; I_2 - platforma markazida turgan odamning inersiya momenti; ω - odam markazda turgan paytidagi platformaning burchak tezligi;

I_2' - platforma chekkasida turgan odamning inersiya momenti; ω' - odam chekkasida turgan paytidagi platformaning burchak tezligi.

Platformaning chekkasida turgan odamning chiziqli tezligi burchak tezligi bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan: $v = \omega'R$ (2).

(1) tenglamadan ω' ni aniqlab va olingan ifodani (2) formulaga qo'yib quyidagini olamiz $v = \frac{(I_1 + I_2)\omega R}{I_1 + I_2'}$ (3)

Platformaning inersiya momentini diskniki kabi hisoblaymiz, $I_1 = \frac{1}{2}m_1R^2$. Odamning inersiya momentini esa moddiy nuqtanikidek hisoblaymiz. Shuning uchun $I_2=0$, $I_2' = m_2R^2$. Odam chetiga o'tguncha platformaning burchak tezligi $\omega = 2\pi\nu$.

(3) formuladagi I_1 , I_2 , I_2' va ω kattaliklarni o'z ifodalari bilan almashtirib, quyidagini olamiz:

$$v = \frac{\frac{1}{2}m_1R^2}{\frac{1}{2}m_1R^2 + m_2R^2} \cdot 2\pi\nu R = \frac{m_1}{m_1 + 2m_2} \cdot 2\pi\nu R \quad \text{berilganlardan}$$

foydalanib tezlikning qiymatini topamiz: $v = \frac{180}{180+120} \cdot 2 \cdot 3,14 \frac{10}{60} \cdot 1,5 = 0,942 \text{ m/s}$

2-masala. Odam Jukovskiy kuisining o'rtasida turibdi va inersiya bo'yicha u bilan birgalikda aylanmoqda. Aylanish chastotasi $0,5 \text{ s}^{-1}$. Odam jismining aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti $1,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Odam yon tomonga cho'zilgan qo'llarida har birining massasi 2 kg dan bo'lgan toshlarni tutib turibdi. Toshlar orasidagi masofa 1,6 m. Odam qo'llarini tushirganda va toshlar orasidagi masofa 0,4 m bo'lib qolganda kursining odam bilan birgalikdagi aylanish chastotasi aniqlansin. Kursining inersiya momenti hisobga olinmasin.

Yechish. Toslarni tutib turgan odam kursi bilan bilan birgalikda yopiq mexanik tizimni tashkil etadi, shuning uchun ham bu tizimning impuls momenti o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi.

$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ bu yerda I_1 va ω_1 -odamning inersiya momenti va kursi hamda qo'llari cho'zilgan odamning burchak tezligi; I_2 va ω_2 -odamning inersiya momenti va kursi hamda qo'llari tushirilgan odamning burchak tezligi. Bundan $\omega_2 = \frac{I_1}{I_2}\omega_1$; $v_2 = \frac{I_1}{I_2}v_1$ (1)

$$I_1 = I_0 + 2m\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 \text{ va } I_2 = I_0 + 2m\left(\frac{l_2}{2}\right)^2 \text{ (2).}$$

(2) tenglamani (1) tenglamaga keltirib qo'ysak

$$v_2 = \frac{I_0 + 2m\left(\frac{l_1}{2}\right)^2}{I_0 + 2m\left(\frac{l_2}{2}\right)^2} v_1 = 1,18 \text{ s}^{-1}$$

3-masala. Disk shakliga ega bo'lgan platforma tik o'q atrofida aylana oladi. Platformaning chekkasida 60 kg massali odam turibdi. Agar odam platforma chekkasidan yurib uni aylanib, dastlabgi turgan nuqtasiga qaytib kelsa, platforma qanday burchakka buriladi? Platformaning massasi 240 kg. Odamning inersiya momentini moddiy nuqtanikidek deb hisoblansin.

Yechish. Impuls momentining saqlanish qonuniga binoan:

$L_1 = L_2$, $L_1 = m_1\vartheta R$, $L_2 = \left(\frac{1}{2}m_2R^2 + m_1R^2\right)\omega$; $m_1\vartheta R = \left(\frac{1}{2}m_2R^2 + m_1R^2\right)\omega$; burchak telik va buralish burchagining bog'liqlik formulasidan foydalanib: $\omega = \frac{\varphi}{t}$, chiziqli tezlik formulasidan foydalangah holda $\vartheta = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{t}$ yozib olamiz.

$$m_1 \frac{2\pi R^2}{t} = \left(\frac{1}{2}m_2R^2 + m_1R^2\right) \cdot \frac{\varphi}{t};$$

$$\varphi = \frac{4\pi m_1}{m_1 + 2m_2} = \frac{2\pi}{3}.$$

4-masala. Radiusi 1 m bo'lgan disk ko'rinishidagi platforma inersiya bo'yicha 6 min^{-1} chatota bilan aylanadi. Platformaning chekkasida massasi 80 kg bo'lgan odam turibdi. Agar odam platformaning markaziga o'tsa, u qanday chistota bilan aylanadi? Platformaning inersiya momenti $120 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. Odamning inersiya momenti moddiy nuqtanikidek deb hisoblansin.

Yechish. Impuls momentining saqlanish qonuniga binoan:

$L_1 = L_2$, $(I_1 + I_2)\omega_1 = I_1\omega_2$; $\omega = 2\pi\nu$ bu yerda I_1 -platformaning inersiya momenti, I_2 -odamning inersiya momenti.

$$(I_1 + mR^2) \cdot 2\pi\nu_1 = I_1 \cdot 2\pi\nu_2; \nu_2 = \frac{(I_1 + mR^2) \cdot \nu_1}{I_1} = \frac{120 + 80}{120} \cdot 6 = 10 \text{ min}^{-1}.$$

5-masala. Radiusi 2 m bo‘lgan disk shakliga ega gorizontalk tekislikdagi platformaning chekkasida 80 kg massali odam turibdi. Platformaning massasi 240 kg. Platforma o‘zining markazidan o‘tuvchi tik o‘q atrofida aylana oladi. Agar odam uning chekkasi platformaga nisbatan 2 m/s tezlik bilan yursa, platforma qanday burchak tezlik bilan aylanishi topilsin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

Yechish. Impuls momentining saqlanish qonuniga binoan:

$$L_1 = L_2, L_1 = m_1 v R, L_2 = \left(\frac{1}{2} m_2 R^2 + m_1 R^2\right) \omega;$$

$$m_1 v R = \left(\frac{1}{2} m_2 R^2 + m_1 R^2\right) \omega$$

$$\omega = \frac{2m_1 v}{(2m_1 + m_2)R} = 0,4 \text{ rad/s}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

18.1. Massasi m , uzunligi l bo‘lgan ingichka sterjen markazidan o‘tuvchi vertikal o‘q atrofida 10s^{-1} chastota bilan aylanmoqda. Aylanish davomida sterjen gorizontalk yo‘nalishda asta-sekin suriladi. Sterjenning bir uchi aylanish o‘qiga yetib borganda uning aylanish chastotasi nimaga teng bo‘ladi?

18.2. Radiusi 1,5 m, massasi 180 kg bo‘lgan disk ko‘rinishidagi platforma markazidan o‘tuvchi vertikal o‘q atrofida inersiyasi bo‘yicha $0,5\text{s}^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Platforma markazida massasi 60 kg bo‘lgan odam (moddiy nuqta) turibdi. Odam platforma chegarasiga o‘tganda uning chiziqli tezligi nimaga teng bo‘ladi?

18.3. Radiusi 3 m va massasi 180 kg bo‘lgan disk ko‘rinishidagi platforma tik o‘qi atrofida inersiya bo‘yicha 5min^{-1} chastota bilan aylanadi. Platforma markazida 60 kg massali odam turibdi. Agar odam platformaning chekkasiga o‘tsa, unda odamning bino poliga nisbatan chiziqli tezligi qanday bo‘ladi?

18.4. Odam Jukovskiyl kusisining o‘rtasida turibdi va inersiya bo‘yicha u bilan birgalikda aylanmoqda. Aylanish chastotasi 1s^{-1} . Odam jismining aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti $2\text{kg}\cdot\text{m}^2$. Odam yon tomonga cho‘zilgan qo‘llarida har birining massasi 1 kg dan

bo‘lgan toshlarni tutib turibdi. Toshlar orasidagi masofa 1,5 m. Odam qo‘llarini tushirganda va toshlar orasidagi masofa 0,5 m bo‘lib qolganda kursining odam bilan birgalikdagi aylanish chastotasi aniqlansin. Kursining enersiya momenti hisobga olinmasin.

18.5. Disk shakliga ega bo‘lgan platforma tik o‘q atrofida aylana oladi. Platformaning chekkasida 80 kg massali odam turibdi. Agar odam platforma chekkasidan yurib uni aylanib, dastlabgi turgan nuqtasiga qaytib kelsa, platforma qanday burchakka buriladi? Platformaning massasi 120 kg. Odamning inersiya momentini moddiy nuqtanikidek deb hisoblansin.

18.6. Radiusi 2 m bo‘lgan disk ko‘rinishidagi platforma inersiya bo‘yicha 8 min^{-1} chastota bilan aylanadi. Platformaning chekkasida massasi 75 kg bo‘lgan odam turibdi. Agar odam platformaning markaziga o‘tsa, u qanday chastota bilan aylanadi? Platformaning inersiya momenti $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. Odamning inersiya momenti moddiy nuqta-nikidek deb hisoblansin.

18.7. Radiusi 1 m bo‘lgan disk shakliga ega gorizontalk tekislikdagi platformaning chekkasida 75 kg massali odam turibdi. Platformaning massasi 250 kg. Platforma o‘zining markazidan o‘tuvchi tik o‘q atrofida aylana oladi. Agar odam uning chekkasi platformaga nisbatan 4 m/s tezlik bilan yursa, platforma qanday burchak tezlik bilan aylanishi topilsin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

18.8. Jukovski kursining markazida uzunligi 2,4 m va massasi 8 kg bo‘lgan, kursining aylanish o‘qi bo‘ylab tik joylashgan tayoqcha qo‘lida tutgan odam turibdi. Kursi odam bilan birgalikda 1 s^{-1} chastota bilan aylanmoqda. Agar odam tayoqchani gorizontalk holatga bursin, kursi odam bilan birgalikda qanday chastota bilan aylanadi? Odam va kursining birgalikdagi inersiya momenti $6 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

18.9. Jukovski kursida turgan odam kursining aylanish o‘qi bo‘ylab tik joylashgan tayoqchani qo‘lida tutib turibdi. Tayoqcha yuqori qismida joylashgan g‘ildirakning aylanish o‘qi bo‘lib xizmat qiladi. Kursi harakatsiz, g‘ildirak esa 10 s^{-1} chastota bilan aylanmoqda. G‘ildirakning radiusi 20 sm, massasi 3 kg. Odam tayoqchani 180° ga burganda kursining aylanish chastotasi qanday bo‘lishini aniqlang. Odam va kursining yig‘indi inersiya momenti $6 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. G‘ildirakning massasi gardish bo‘ylab tekis taqsimlangan deb hisoblash mumkin.

18.10. 100 massali gorizontalk platforma o‘z og‘irlik markazidan o‘tuvchi vertikal o‘q atrofida 10 ayl/min bilan aylanadi. Bunda 60 kg

massali odam platformaning chekkasiga turadi. Agar odam platformaning chetidan markaziga o'tib olsa, platforma qanday tezlik bilan aylanadi? Platformani bir jinsli disk deb, odamni moddiy nuqta deb hisoblansin.

18.11. Massasi 80 kg va radiusi 1 m bo'lgan gorizontal platforma 20 *ayl/min* ga mos burchak tezlik bilan aylanadi. Platformaning markazidan qo'llarini yoyib, toshlarni ushlagan holda odam turibdi. Agar odam qo'lini tushirib o'zining inersiya momentini $2,94 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ dan $0,98 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ gacha kamaytirs, platformaning 1 minutdagi aylanishlar soni qancha bo'ladi? Platformani bir jinsli doiraviy disk deb hisoblansin.

18.12. 100 kg massali harakatsiz platformaning ustida 60 kg massali odam turibdi. Agar odam aylanish o'qining atrofida 5 m radiusli aylana bo'ylab platformaga nisbatan 4 km/h tezlik bilan harakatlansa, platforma minutiga necha martadan aylana boshlaydi? Platformaning radiusi 10 m. Platformani bir jinsli doiraviy disk deb, odamni moddiy nuqta deb hisoblansin.

18.13. Tormozlanish natijasida tekiz sekinlanib aylanayotgan, inersiya momenti $2 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ bo'lgan ildirakning aylanish tezligi 1 min vaqt davomida 300 *ayl/min* dan 180 *ayl/min* gacha kamayadi.

1) g'altakning burchak tezlanishi; 2) tormozlanish kuch momentini aniqlang.

18.14. Massasi 25 kg va radiusi 0,8 m bo'lgan gorizontal platforma 18 min^{-1} chastotasi bilan aylanadi. Platformaning markazidan qo'llarini yoyib, toshlarni ushlagan holda odam turibdi. Agar odam qo'lini tushirib o'zining inersiya momentini $3,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ dan $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ gacha kamaytirs, chastotasi qancha bo'ladi? Platformani bir jinsli doiraviy disk deb hisoblansin.

18.15. Jukovski kursisining markazida uzunligi 2,5 m va massasi 8 kg bo'lgan, kursining aylanish o'qi bo'ylab tik joylashgan tayoqcha qo'lida tutgan odam turibdi. Kursi odam bilan birgalikda 12 min^{-1} chastota bilan aylanmoqda. Agar odam tayoqchani gorizontal holatga burs, kursi odam bilan birgalikda qanday chastota bilan aylanadi? Odam va kursining birgalikdagi inersiya momenti $10 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

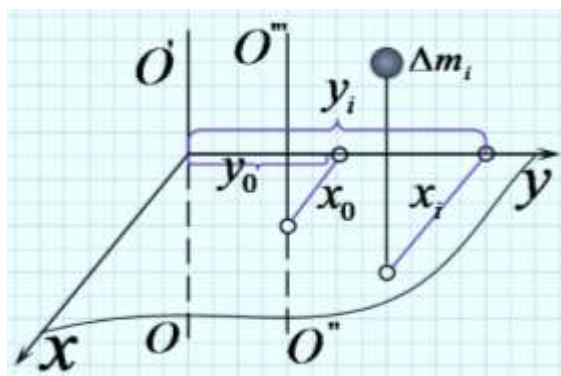
19-MAVZU



Shteyner teoremasi va uning tadbiqu. Qattiq jism inersiya markazining harakat qonuni

❖ Moddiy nuqtaning inersiya momenti $O'O''$ o'qqa nisbatan $\Delta I_i = \Delta m_i r_i^2$, $I = \sum m_i r_i^2$ desak, nuqtaviy jismning inersiya momenti $I = mr^2$ bo'ladi.

❖ Jismning massalar markazi-dan o'tmaydigan o'qqa nisbatan inersiya momenti. Massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan parallel istalgan o'qqa nisbatan inersiya momenti $I = I_0 + md^2$, bu yerda I_0 - massalar markazidan o'tuvchi inersiya momenti, m - jism massasi, d - o'qlar orasidagi masofa $d^2 = x_0^2 + y_0^2$ (19.1-rasm).



19.1-rasm

❖ Gyugens-Shteyner teoremasi $I = I_0 + md^2$.

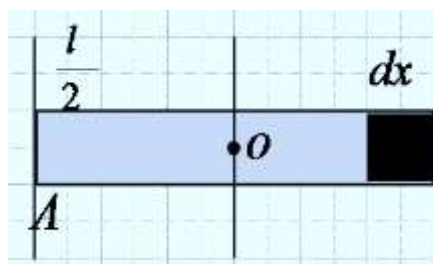
❖ Z o'qiga nisbatan inersiya momenti $I_z = I_x + I_y$.

Shteyner – Gyuygens teoremasining tadbiqu.

❖ Bir jinsli sterjen uchun O nuqtadan o'tgan o'qqa nisbatan $I_0 = \frac{1}{12} ml^2$.

A nuqtadan o'tgan o'qqa nisbatan

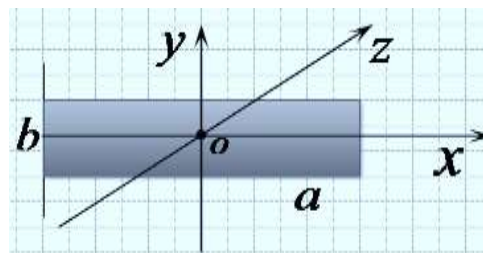
$$I_A = I_0 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{12} ml^2 + \frac{1}{4} ml^2 = \frac{1}{3} ml^2$$



19.2-rasm

❖ Tomonlari a va b bo'lgani uchun bir jinsli plastinka uchun $I_z = I_x + I_y =$

$$= \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$



19.3-rasm

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Uzunligi 30 cm va massasi 100 g bo'lgan ingichka bir jinsli tayogchanning tik va uning: 1) uchlaridan; 2) o'rtasidan; 3) tayogchanning uchidan hisoblaganda uzunligining 1/3 qismiga teng masofadagi nuqtadan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

Yechish: Shteyner teoremasiga asosan $I = I_0 + md^2$

$$1) I = \frac{1}{12} ml^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} ml^2 = \frac{1}{3} \cdot 0,1 \cdot 0,09 = 3 \cdot 10^{-3} kg \cdot m^2$$

$$2) I = \frac{1}{12} ml^2 = \frac{1}{12} \cdot 0,1 \cdot 0,09 = 0,75 \cdot 10^{-3} kg \cdot m^2$$

$$3) I = \frac{1}{12} ml^2 + m\left(\frac{l}{6}\right)^2 = \frac{1}{9} ml^2 = \frac{1}{9} \cdot 0,1 \cdot 0,09 = 10^{-3} kg \cdot m^2$$

2-masala. Uzunligi 60 cm va massasi 100 g bo'lgan ingichka bir jinsli tayogchanning unga tik va tayogchanning uchlaridan biridan 20 cm masofadagi nuqtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

Yechish: Shteyner teoremasiga asosan $I = I_0 + md^2$

$$I = \frac{1}{12} ml^2 + m\left(\frac{l}{2} - d\right)^2 = \frac{1}{12} \cdot 0,1 \cdot 0,36 + 0,1 \cdot 0,01 = 4 \cdot 10^{-3} kg \cdot m^2$$

3-masala. Tomonlari 12 sm va 16 sm bo'lgan, simdan yasalgan to'g'ri to'rtburchakning to'g'ri to'rtburchak tekisligida yotuvchi va kichik tomonning o'rtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti hisoblansin. Massa sim uzunligi bo'ylab 0,1 kg/m chiziqli zichligi bilan bir tekis taqsimlangan.

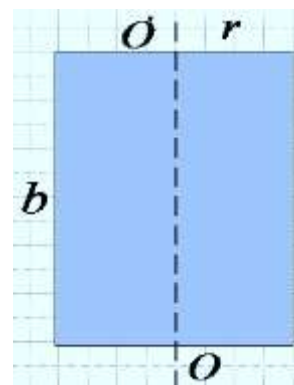
Yechish: $I = mr^2$ bu yerda $r = \frac{a}{2}$; $I = \frac{ma^2}{4}$;

$$m = \tau \cdot l, dm = \tau \cdot dl$$

$$I_1 = \int_0^b dl = \int_0^b \tau \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^2 dl = \frac{a^2}{4} \int_0^b \tau \cdot dl = \frac{a^2}{4} \tau \cdot b$$

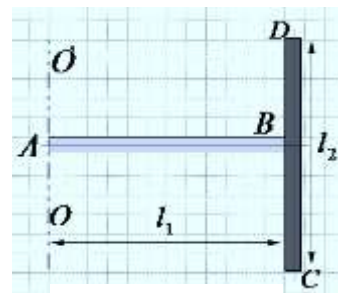
$$I_2 = \frac{1}{12} ma^2 = \frac{1}{12} \tau \cdot a^3, m = \tau \cdot a$$

$$I = 2(I_1 + I_2) = 2\left(\frac{1}{4} a^2 \tau \cdot b + \frac{1}{12} \tau \cdot a^3\right) = 1,44 \cdot 10^{-3} kg \cdot m^2$$



19.4-rasm

4-masala. Ikkita bir jinsli: uzunligi 40 sm va massasi 900 g bo‘lgan AB hamda uzunligi 40 sm va massasi 400 g bo‘lgan CD ingichka tayoqcha to‘g‘ri burchak ostida o‘zaro mahkamlangan (19.5-rasm). Tayoqchalar tizimining AB tayoqchani uchidan o‘tuvchi, CD tayoqchaga parallel bo‘lgan OO' o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.



19.5-rasm

Yechish: Shteyner teoremasiga asosan

$$I = I_1 + I_2, I_1 = \frac{1}{12} m_1 l_1^2 + m_1 \left(\frac{l_1}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} m_1 l_1^2 = 0,048 \text{ kg} \cdot \text{m}^2;$$

$$I_2 = \int_0^{m_2} dI = \int_0^{m_2} l_2^2 dm = m_2 l_2^2 = 0,064 \text{ kg} \cdot \text{m}^2; I = I_1 + I_2 = 0,112 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

5-masala. Massasi 50 g va radiusi 10 sm bo‘lgan halqaning halqaga urinma bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

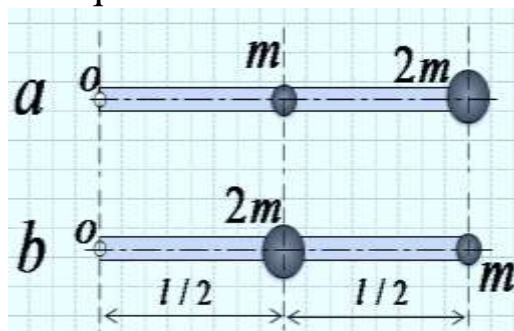
Yechish: Shteyner teoremasiga asosan $I = I_0 + md^2$;

$$I_0 = \frac{1}{2} mr^2. I = \frac{1}{2} mr^2 + mr^2 = \frac{3}{2} mr^2; \quad I = \frac{3}{2} mr^2 = \frac{3}{2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

19.1. Har birining massasi 10 g dan bo‘lgan ikkita kichik sharcha uzunligi 20 sm bo‘lgan ingichka, vaznsiz tayoqcha yordamida mahkamlangan. Tizimning tayoqchaga tik va massalar markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansi.

19.2. Massalari m va $2m$ bo‘lgan ($m=10$ g) ikkita shar uzunligi 40 sm bo‘lgan ingichka vaznsiz tayoqcha 19.6-a, b rasmda ko‘rsatilgandek qilib mahkamlangan. har ikkita hol uchun tizimning tayoqchaga tik va uning O uchidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Sharlarning o‘lchamlari inobatga olinmasin.



19.6-a, b rasm

19.3. Massalari 10 g bo‘lgan uchta kichkina sharcha tomonlari 20 sm bo‘lgan teng tomonli uchburchakning uchlarida joylashgan va o‘zaro mahkamlangan. Tizimning inersiya momenti quyidagi o‘qlarga nisbatan aniqlansin: 1) uchburchak tekisligiga tik ravishda uning tashqi aylanasining markazidan o‘tuvchi; 2) uchburchak tekisligida yotuvchi

va uning tashqi aylanasining markazi hamda uchburchak uchlarining biridan o'tuvchi. Sharlarni tutashtiruvchi tayoqchalarning massasini hisobga olminmasin.

19.4. Ikkita bir jinsli: uzunligi 40 sm va massasi 900 g bo'lgan AB hamda uzunligi 40 sm va massasi 400 g bo'lgan CD ingichka tayoqcha to'g'ri burchak ostida o'zaro mahkamlangan (19.5-rasm). OO' o'q A nuqtadan chizma tekisligiga tik hol uchun inersiya momenti aniqlansin.

19.5. Diskning diametri 20 sm, massasi 800 g. Diskning radiuslaridan birining markazidan disk tekisligiga tik ravishda o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

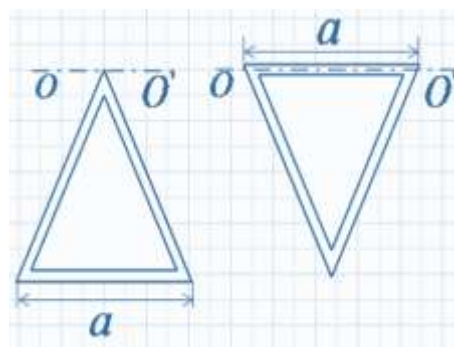
19.6. Massasi 800 g bo'lgan yassi bir jinsli to'g'ri burchakli plastinaning tomonlaridan biri bilan mos tushuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin. Plastinaning boshqa tomonining uzunligi 40 sm deb olinsin.

19.7. Tomonlari 10 sm va 20 sm bo'lgan yupqa yassi plastinaning katta tomoniga parallel ravishda uning markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Plastina massasi yuza bo'ylab $1,2 \text{ kg/m}^2$ sirt zichligi bilan bir tekis taqsimlangan.

19.8. Radiuslari 5sm dan bo'lgan ikkita bir xil shar og'irligi sharlarning og'irligiga nisbatan juda kichik bo'lgan sterjen uchiga maxkamlangan. Sharlar markazlari orasidagi masofa 0,5 m. Har bir sharning massasini 1kg. 1) Sterjenning o'rtasidan uzunligiga tik ravishda o'tgan o'qqa nisbatan bu sistemaning inertsiya momenti; 2) sharlarni massalar markazlarida mujassamlashgan moddiy nuqtalar deb o'sha o'qqa nisbatan bu sistemaning inersiya momenti topilsin.

19.9. Uzunligi 60 sm va massasi 100 g bo'lgan ingichka bir jinsli tayoqchaning tik va uning uchlaridan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

19.10. Tomoni 10 sm bo'lgan teng tomonli sim uchburchakning inersiya momenti: 1) uchburchak tekisligida yotuvchi va uning uchidan qarama-qarshi tomonga parallel bo'lib o'tuvchi o'qqa nisbatan (19.7-a rasm); 2) uchburchak tomonlaridan biri bilan mos tushuvchi o'qqa nisbatan (19.7-b rasm) aniqlansin. Uchburchakning massasi 12 g va sim uzunligi bo'ylab tekis taqsimlangan.



19.7-a va b rasm



❖ Aylanayotgan jismning kinetik energiyasi jism alohida zarralarning kinetik energiyasi yig'indisidan iborat.

❖ Aylanish o'qidan r_i masofada turgan zarraning kinetik energiyasi

$$\text{quyidagicha: } E_{ki} = \frac{\Delta m_i v_i^2}{2} \quad (20.1)$$

$$v_i = \omega \cdot r_i \quad (20.2)$$

$$E_{ki} = \frac{\Delta m_i \omega^2 r_i^2}{2}$$

$$E_k = \sum_i E_{ki} = \frac{\omega^2}{2} \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \frac{I \omega^2}{2} \quad (20.3)$$

❖ Aylanayotgan jismning kinetik energiyasi inersiya momenti va burchak tezlikka proporsional .

❖ Aylanma harakatda F kuchning qo'yilish nuqtasi r radiusli aylana bo'yicha aniqlanadi. Agar kuchning qo'yilish nuqtasini aylana urunmasiga proyeksiyasini olsak va uni F_2 deb belgilasak u holda kuch momenti quyidagi formuladan topiladi:

$$M = F_\alpha R \quad (20.4)$$

dt vaqt ichida kuchning qo'yilish nuqtasi $R d\alpha$ ga siljiydi demak, kuch momentini ish bilan quyidagicha bog'lash mumkin:

$$dA = M d\alpha \quad (19.5), \quad A = \int_0^t M d\alpha \quad (20.6)$$

20.5-tenglama jism $d\alpha$ burchakka siljiganda momentlarning bajargan ishi.

20.6-tenglama butun ish hisoblanadi.

❖ Aylanma harakatda ish kuchlar momentining burilish burchagiga ko'paytmasiga teng.

$$\text{Ma'lumki: } M = I \frac{d\omega}{dt} \quad (20.7)$$

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} \quad (20.8)$$

$$M d\alpha = I \frac{d\omega}{dt} d\alpha; \quad M d\alpha = I d \cdot \left(\frac{\omega^2}{2}\right); \quad M d\alpha = I \frac{d\omega}{dt} \omega dt = I d \cdot \left(\frac{\omega^2}{2}\right)$$

$$\int_0^t M d\alpha = \int_0^t I d \cdot \left(\frac{\omega^2}{2}\right) \quad (20.9)$$

$$A = \frac{I \omega^2}{2} - \frac{I \omega_0^2}{2} \quad (20.10)$$

❖ Aylanma harakatda ish kinetik energiyaning o'zgarishiga teng.

20.9-20.10 tenglamalar $I=const$ bo'lgan hol uchun o'rinli.

❖ Jismning i -zarrachasining ϑ chiziqli tezligi massalar markazi tezligi ϑ_0 va koordinatalar sistemasiga nisbatan ilgarlanma harakat qiluvchi va og'irlik markazi bilan bog'langan tezlilar yig'indisidan iborat.

$$\vartheta_i = \vartheta_0 + u_i \quad E_k = \sum_i \frac{\Delta m_i \vartheta_i^2}{2} = \frac{1}{2} \sum_i \Delta m_i (\vartheta_0 + u_i)^2 = \frac{1}{2} \vartheta_0^2 \sum_i \Delta m_i + \sum_i \Delta m_i \vartheta_0 u_i + \frac{1}{2} \sum_i \Delta m_i u_i^2; \quad E_k = \frac{1}{2} \vartheta_0^2 \sum_i \Delta m_i + \frac{1}{2} \sum \Delta m_i u_i^2 \quad (20.11)$$

20.11-tenglama ilgarlanma va aylanma harakat qilayotgan sistemaning to'la kinetik energiyaning ifodalaydi.

❖ Jismning to'liq kinetik energiyasi ilgarlanma harakat kinetik energiyaning va massalar markazi bilan harakatlanayotgan sistemaga nisbatan kinetik energiyaning yig'indisidan iborat ekan.

Agar butun harakatni 2 ga bo'lib o'rganadigan bo'lsak:

- 1) massalar markazi bilan ilgarlanma;
- 2) massalar markazidan o'tuvchi doimiy yo'nalishga ega bo'lgan o'q atrofidagi aylanma harakat;

❖ U holda to'liq kinetik energiya, ilgarlanma va aylanma harakat kinetik energiyaning iborat bo'ladi.

$$E_k = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \quad (20.12)$$

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. 6 sm diametri shar gorizont tekislikda sekundiga 4 ayl/s bilan sirg'anishsiz dumalaydi. Sharning massasi 0,25 kg. Sharning kinetik energiyaning topilsin.

Yechish. ilgarlanma va aylanma harakat qilayotgan sistemaning to'la kinetik energiyaning:

$$E_k = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}; \text{ sharning inersiya momenti } I = \frac{2mR^2}{5}; \omega = 2\pi\nu.$$

$$E_k = \frac{4\pi^2 m R^2 \nu^2}{2} + \frac{2mR^2 4\pi^2 \nu^2}{5 \cdot 2} = \frac{7\pi^2 D^2 m \nu^2}{10} = 0,1J$$

2-masala. 9 kg massali barabanga ip o‘ralgan bo‘lib, uning uchiga 2 kg massali yuk osilsin. Yukning tezlanishi topilsin. Baraban bir jinsli silindr deb hisoblansin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

Yechish. Yuk dastlab mgh potensial energiyaga ega bo‘lib, u yukni tushurganda kamayadi. Bu energiya yukni ilgarilanma harakati natijasida olgan kinetik energiyasiga va barabanning aylanma harakat kinetik energiyasiga sarflanadi.

$$m_2gh = \frac{m_2v^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

Barabanning inersiya momenti: $I = \frac{1}{2}m_1R^2$; $\omega = \frac{v}{R}$

$$m_2gh = \frac{m_2v^2}{2} + \frac{m_1R^2}{4} \left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{m_2v^2}{2} + \frac{m_1v^2}{4} = \frac{v^2}{2} \left(m_2 + \frac{m_1}{2}\right)$$

bu yerda tushish balandligi $h = \frac{v^2}{2a}$ bo‘lsa;

$$m_2g \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2} \left(m_2 + \frac{m_1}{2}\right); a = \frac{2m_2g}{m_1 + 2m_2}; a = 3 \text{ m/s}^2$$

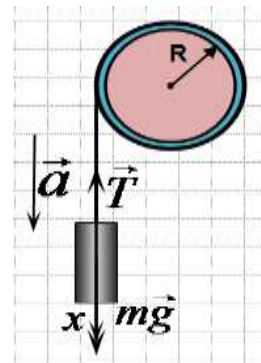
3-masala. Massasi 50 kg va radiusi 20 sm bo‘lgan disk ko‘rinishidagi g‘ildirak 480 min^{-1} chastotagacha aylantirilgan va so‘ngra erkin qo‘yilgan. Ishqalanish natijasida g‘ildirak to‘xtadi. Ishqalanish kuching momentini o‘zgarimas deb hisoblab, g‘ildirak to‘la to‘xtaguncha 200 marta aylansa, ishqalanish kuching momentini aniqlang.

Yechish. Masalaning shartida g‘ildirakning to‘xtaguncha qilgan aylanishlar soni, yani uning burchak siljishi berilgan. Shuning uchun ham ish bilan kinetik energiyaning o‘zgarishining o‘zaro bog‘lanishini ifodalovchi formulani qo‘llaymiz: $A = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2}$ yoki $\omega_2=0$ ekanligini hisobga olsak $A = -\frac{I\omega_1^2}{2}$ hosil bo‘ladi.

Aylanma harakatda ish $A = M\varphi$ formula yordamida aniqlanadi. Ishning va inersiya momentining ifodalaridan foydalanib quyidagini hosil qilamiz $M\varphi = -mr^2 \frac{\omega_1^2}{4}$ bundan ishqalanish kuchining momenti

$$M = -mr^2 \frac{\omega_1^2}{4\varphi}$$

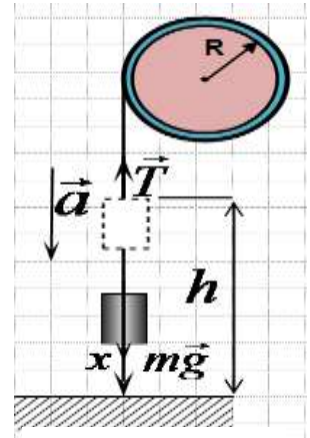
Buralish burchagi $\varphi = 2\pi N = 2 \cdot 3,14 \cdot 200 = 1256 \text{ rad}$



20.1- rasm

$$M = -50 \cdot 0,04 \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 64}{4 \cdot 1256} = -1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4-masala. Inersiya momenti $0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ga teng bo'lgan, 20 sm radiusli barabanga ip o'ralib, uning uchiga $0,5 \text{ kg}$ yuk osilgan. Yuk baraban aylanguncha poldan 1 m balandlikda bo'lgan. 1) Qancha vaqtdan keyin yukning polga tushishi, 2) yuk polga urilgan paytdagi kinetik energiyasi, 3) ipning taranglik kuchi topilsin. Ishqalanish hisobga olinmasin.



20.2- rasm

Yechish. Yuk dastlab mgh potensial energiyaga ega bo'lib, u yukni tushurganda kamayadi. Bu energiya yukni ilgarilanma harakati natijasida olgan kinetik energiyasiga va barabanning aylanma harakat kinetik energiyasiga sarflanadi.

$m_2gh = \frac{m_2\vartheta^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$ (1) Aylanma harakat qilayotgan barabanning burchak tezligi $\omega = \frac{\vartheta}{R}$ bo'lsa (1) tenglamaga keltirib qo'ysak

$$mgh = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I\vartheta^2}{2R^2} = \frac{R^2\vartheta^2m + I\vartheta^2}{2R^2} = \frac{\vartheta^2(mR^2 + I)}{2R^2} \quad (2).$$

Bu tenglamadan ϑ ning ifodasini topib olamiz: $\vartheta = \sqrt{\frac{2R^2mgh}{mR^2 + I}}$.

Tezlanuvchan harakatda bosib o'tilgan masofa

$$h = \frac{at^2}{2}; a = \varepsilon R; \varepsilon = \frac{\omega}{t}; h = \frac{\omega Rt^2}{2t} = \frac{\vartheta t}{2} \text{ bu tenglamadan harakatla-}$$

nish vaqtini topamiz: $t = \frac{2h}{\vartheta} = \sqrt{\frac{4h(mR^2 + I)}{2R^2mgh}} = \sqrt{\frac{2(mR^2 + I)}{R^2mg}} = 1,1 \text{ s.}$

$$\text{Kinetik energiya } E_k = \frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{m2R^2mgh}{2(mR^2 + I)} = \frac{m^2R^2gh}{mR^2 + I} = 0,82 \text{ J.}$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan $mg - T = ma$;

$$T = m(g - a); a = \frac{2h}{t^2}; T = m\left(g - \frac{2h}{t^2}\right) = 4,1 \text{ N}$$

5-masala. Radiusi r bo'lgan bir jinsli shar R radiusli sferaning yuqori nuqtasidan sirpanishsiz tusha boshladi. Sharining sfera sirtidan ajralgan vaqtdagi burchak tezligi nimaga teng bo'ladi?

Yechish. Sfera sirtidan shar ajralgandan so'ng uning burchak tezligi o'zgar-maydi. Shu sababli masada so'ralayotgan burchak tezlikni topish sharning ajralgan momentidagi tezlikni topishga aylanadi.

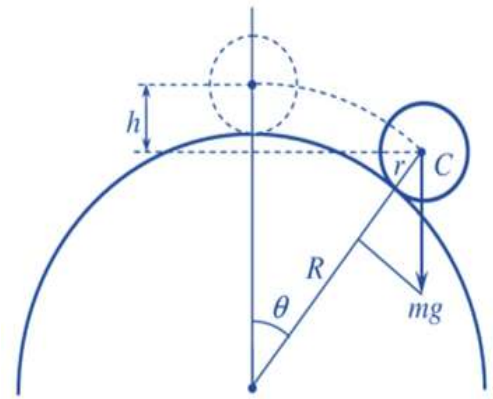
Shar markazining harakat tenglama-sini sferadan ajralish vaqti uchun yozamiz: $\frac{m\vartheta^2}{R+r} = mg \cos \theta$ bu yerda ϑ -ajralish momentidagi tezligi, θ - shu vaqtdagi burchak (rasmga q.). Energiyaning saqlanish qonunidan tezlikni topish mumkin;

$mgh = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$ bu yerda I- sharning markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti.

Bundan tashqari $\vartheta = \omega r$, $h = (R + r)(1 - \cos \theta)$.

Yuqorida yozilgan to'rtta tenglamadan foydalanib masalada so'ralayotgan burchak tezlikni topib olamiz:

$$\omega = \sqrt{\frac{10(R+r)}{17r^2} g}.$$



20.3- rasm

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

20.1. Minutiga 1200 marta aylanayotgan ventilator, manbadan uzilgan-dan keyin, tekis sekinlanuvchan harakatlanib, to'xtaguncha 90 marta aylanadi. Tormozlanish ishi 80 J ga teng. Ventilatorning inersiya momenti va tormozlanish kuchining momenti topilsin.

20.2. Diametri 10 sm va massasi 0,3 kg bo'lgan shar, gorizontallikda, 5 ayl/s chastota bilan sirganishsiz dumalaydi. Sharning kinetik energiyasi topilsin.

20.3. Massasi 4 kg bo'lgan disk, gorizontallikda, 5 m/s tezlik bilan sirg'anishsiz dumalaydi. Diskning kinetik energiyasi topilsin.

20.4. Radiusi 25 sm va massasi 2 kg bo'lgan disk, o'z markazidan tekis-likka tik ravishda o'tgan o'q atrofida, 10 ayl/s bilan aylanadi. Diskni to'xtatish uchun qancha ish bajarish kerak?

20.5. 10 sm radiusli mis shar, o'z og'irlik markazidan o'tuvchi o'q atrofida, 2 ayl/s ga mos tezlik bilan aylanadi. Sharning burchak tezligini ikki marta orttirish uchun, qanday ish bajarish kerak?

20.6. Inersiya momenti $4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ bo'lgan g'ildirak, tormozlanish natija-sida, tekis sekinlanuvchi aylanma harakat qilib, 1 minut davomida, o'z tezligini 240 ayl/min dan 120 ayl/min gacha kamaytiradi. 1) G'ildirakning burchak tezlanishi; 2) Tormozlovchi momenti; 3) Tormozlanish ishi; 4) G'ildirakning shu minut davomidagi aylanishlari soni topilsin.

20.7. Massasi 2 kg bo'lgan disk gorizonta tekislikda 4 m/s tezlik bilan sirg'anishsiz dumalaydi. Diskning kinetik energiyasi topilsin.

20.8. Massalari bir xil bo'lgan gardish va disk sirg'anishsiz bir xil 9 m/s tezlik bilan dumalaydi. Gardishning kinetik energiyasi $39,2 \text{ J}$ bo'lsa, diskning kinetik energiyasi topilsin.

20.9. 10 m/s tezlik bilan sirg'anishsiz dumalayotgan 1 kg massali shar devorga urilib undan 8 m/s tezlik bilan qaytadi. Urilish vaqtida ajralgan issiqlik miqdori topilsin.

20.10. Massasi 1 kg va diametri 60 sm bo'lgan disk o'z markaziy tekisligiga tik ravishda o'tgan o'q atrofida 20 ayl/s bilan aylanadi. Diskni to'xtatish uchun qancha ish bajarish kerak.

20.11. 5 ayl/s mos kelgan o'zgarmas tezlik bilan aylanayotgan valning kinetik energiyasi 60 j ga teng. Shu valning harakat miqdori momenti topilsin.

20.12. 9 km/h tezlik bilan ketayotgan velosipedchining kinetik energy-yasi topilsin. Velosiped bilan velosipedchining birgalikda massasi 78 kg , ikkala g'ildirakning massasi 3 kg ga teng. Velosiped g'ildiraklar gardish deb hisoblansin.

20.13. Bola gorizonta yo'lda chambarakni $7,2 \text{ km/h}$ tezlik bilan g'ildi-ratadi. Chambarak o'zining kinetik energiyasi hisobiga, har 100 m yo'lda 10 m ko'tariladigan qirga qancha masofagacha dumalab chiqadi.

20.14. Velosipedchi o'z inersiyasi bilan (ishqalanishsiz) 3 m radiusli o'lim sirtmog'i shaklidagi yo'l bo'ylab harakatlanayotganda sirtmoqning eng yuqori nuqtasidan tushib ketmasligi uchun, u eng kamida qanday balandlikdan tushishi kerak? Velosipedchi bilan velosipedning birgalikda massasi 75 kg bo'lib, ikkala g'ildirakning massasi 3 kg ga teng.

20.15. 10 m radiusli mis shar o'z og'irlik markazidan o'tuvchi o'q atrofida 3 ayl/s ga mos tezlik bilan aylanadi. Sharning burchak tezligini ikki marta orttirish uchun qanday ish bajarish kerak?

20.16. Qiya tekislikdan sirgʻanmasdan dumalab tushayotgan 1) shar 2) disk va 3) gardish ogʻirlik markazlarining chiziqli tezlanishlari topilsin. Qiya tekislikning qiyaligi 30° , hamma jismlarning boshlangʻich tezligi nolga teng. 4) topilgan tezlanishlarni shu qiya tekislikdan ishqalanishsiz sirgʻanib tushayotgan jismning tezlanishi bilan solishtirilsin.

20.17. Qiya tekislikdan sirgʻanishsiz dumalab tushgan 1) shar, 2) disk va 3) gardish ogʻirlik markazlarining chiziqli tezliklari topilsin. Qiya tekislikning balandligi $h=0,5$ m, jismlarning boshlangʻich tezliklari 0ga teng. 4) Topilgan tezliklarning shu qiya tekislikda ishqalanishsiz tushayotgan jismning tezligi bilan solishtirilsin.

20.18. Gʻildirak tormozlanishi natijasida tekis sekinlanuvchan aylanma harakat qilib, bir minut davomida oʻz tezligini 300 ayl/min dan 180 ayl/min gacha kamaytiradi. Gildirakning inersiya momenti $2\text{kg}\cdot\text{m}^2$. 1) Gʻildirakning burchak tezlanishi, 2) tormozlovchi moment 3) tormozlanish ishi 4) gʻildirakning shu minut davomidagi aylanishlari soni topilsin.

20.19. Ventilator 900 ayl/min mos tezlik bilan aylanadi. Ventilator oʻchirilgandan keyin, tekis sekinlanuvchan harakatlanib toʻxtaguncha 75 marta aylanadi. Tormozlanish ishi 44,4 J ga teng. 1) ventilatorning inersiya momenti 2) tormozlanish kuchining momenti topilsin.

20.20. Maxovik bilan birga umumiy oʻqqa oʻrnatilgan shkivning gardi-shiga ip oʻralgan, ipning uchiga 1kg yuk osilgan. Shkiv bilan maxovik 60 ayl/min mos tezlikka erishish uchun yuk qancha pastga tushishi kerak? Shkiv bilan maxovik inersiya momenti $0,42\text{kg}\cdot\text{m}^2$ shkiv radiusi esa 10sm ga teng.

20.21. $0,5\text{rad/s}^2$ oʻzgarmas burchak tezlanish bilan aylanayotgan maxovik gʻildirash boshlanishidan 15 s oʻtgandan keyin $73,5\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ ga teng harakat miqdori momentiga ega boʻladi. Harakat boshlanishidan 20 s oʻtgandan keyin gʻildirakning kinetik energiyasi topilsin.

20.22. Maxovik 10 ayl/s ga mos oʻzgarmas tezlik bilan aylanadi, uning kinetik energiyasi 7,85kJ. Maxovikni aylantiruvchi $M=50\text{N}\cdot\text{m}$ kuch momenti uning burchak tezligini qancha vaqtdan keyin ikki marta oshiradi?

20.23. 5 kg massali diskning gardishiga urinma 19,6 N oʻzgarmas kuch qoʻyilgan. Kuchning taʼsiri boshlangandan keyin 5 s oʻtgach disk qanday kinetik energiyaga ega boʻladi?

20.24. Yuqori uchidan o'tuvchi o'qqa gorizontaal osilgan ljinli sterjenning pastki uchi muvozanat vaziyatidan 5 m/s tezlik bilan o'tadigan bo'lishi uchun, sterjenni qanday burchakka og'dirish kerak? Sterjenning uzunligi 1 m .

20.25. Uzunligi 85 sm bo'lgan bir jinsli sterjen yuqori uchidan o'tuvchi o'qqa gorizontaal osilgan. Sterjen o'q atrofida to'liq aylanishi uchun unning pastki uchiga eng kamida qanday tezlik berish kerak?

20.26. Vertikal o'rnatilgan qalam stolga qulaydi. Qalam qulab stolga tekkan paytdagi uning 1) o'rtasi, 2) yuqori uchi qanday burchak va chiziqli tezlikga ega bo'ladi. Qalamning uzunligi 15 sm .

20.27. 100 kg massali gorizontaal platforma o'z og'irlik markazidan o'tuvchi vertikal o'q atrofida 10 ayl/min bilan aylanadi. Bunda massasi 60 kg bo'lgan odam platformaning chekkasiga turadi. Odam platformaning chekkasidan uning markaziga o'tganda qanday ish bajaradi? Platformaning radiusi $1,5 \text{ m}$ ga teng. Platformani bir jinsli doiraviy disk deb, odamni esa moddiy nuqta deb hisoblansin.

20.28. Morning quvvatini aniqlash uchun 20 sm diametrli shkiviga tasma tashladilar. Tasmaning bir uchiga dinamometr maxkamlangan, boshqasiga esa P yuk ostidadir. Agar motor 24 sm^{-1} chastota bilan aylanayotgan, yukning massasi 1 kg va dinamometrning ko'rsatishi 24 H bo'lsa, matorning quvvati topilsin.

20.29. Massasi 80 kg va radiusi 30 cm bo'lgan disk ko'rinishidagi g'il-dirak tinch holatda turibdi. G'ildirakka 10 s^{-1} chastota berish uchun qanday ish bajarish kerak? Agar disk shu massasi bilan kichikroq qalinlikka ega bo'lib, radiusi ikki marta katta bo'lganda, qanday ish bajarish lozim bo'lar edi?

20.30. Aylanayotgan g'ildirakning kinetik energiyasi 1 kJ . O'zgarmas tormozlovchi moment ta'sirida g'ildirak tekis sekinlanuvchan aylana boshlandi va 80 martaga aylanib to'xtadi. Tormozlovchi kuch momenti aniqlansin.



❖ Butun olam tortishish qonuni $F_{1,2} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$ (21.1)

Bu yerda γ - tortishish doimiysi yoki gravitasion doimiydir.

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

❖ Tortishish maydoni (gravitatsion maydon) kuchlanganligi

$g = \frac{F}{m}$ (21.2), bu yerda F -maydonning biror nuqtasida joylashgan m massali moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan tortishish kuchi.

❖ Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi $g = \gamma \frac{M}{R^2}$ (21.3)

Bu yerda M - Yer massasi; R - Yer radiusi.

❖ Yer sirtidan h balandlikdagi erkin tushish tezlanishi $g_h = \frac{g}{(1+h/R)^2}$

(21.4), bu yerda R -Yer radiusi; g -Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi.

❖ Bir-biridan r masofada joylashgan m_1 va m_2 massali ikki moddiy nuqtaning (massalari sferik jihatdan simmetrik joylashgan sharlarning) gravitatsion ta'sir potentsial energiyasi:

$$W = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r} \quad (21.4)$$

❖ Tortish maydonining potentsiali $\varphi = \frac{W}{m}$ (21.5)

❖ Massasi M ni sferik jihatdan simmetrik taqsimlangan deb hisoblash mumkin bo'lgan sayyora hosil qiladigan tortishish maydon potentsiali $\varphi = -\gamma \frac{M}{r}$ (21.6), bu yerda r - sayyora markazidan maydonning sayyoradan tashqarida joylashgan nuqttagacha bo'lgan masofa.

❖ Jismni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirishda bajarilgan ish:

$$A = W_2 - W_1 = -\left(\gamma \frac{m_1 m_2}{r_2} - \gamma \frac{m_1 m_2}{r_1}\right) \quad (21.7)$$

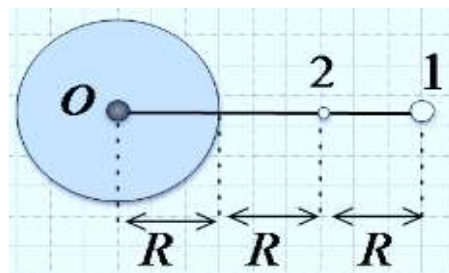
Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Ikkita bir xil bir jinsli sharlarning massa markazlari bir-biridan 1 m masofada joylashgan. Har bir sharning massasi 1 kg dan. Sharlarning tortishish ta'sir kuchi aniqlansin.

Yeshish. Butun olam tortishish qonuniga ko'ra ularning o'zaro tortish kuchlari $F_{1,2} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$ formula yordamida topiladi:

$$F_{1,2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{1 \cdot 1}{1^2} = 66,7 \text{ pN}$$

2-masala. 10 kg massali jismning 1-nuqtadan 2-nuqtaga ko'chirilishida Yerning tortishish maydoni kuchlari bajargan ish hisoblansin (21.1-rasm). Yerning radiusi R va Yer sirti yaqinidagi erkin tushish tezlanishi g ma'lum deb hisoblansin.



21.1- rasm

Yechish. Masalani yechish uchun ish va potensial enegiyaning o'zgarishi orasidagi munosabatdan foydalanamiz. Tizim kuchlari-tortishish kuchlari-konservativ kuchlar turiga kirganligi uchun ham maydon kuchlarining ishi potensial enegiyaning kamayishi hisobiga bajariladi, yani $A = -\Delta W = W_1 - W_2$ (1) bu yerda W_1 va W_2 - jism-Yer tizimining mos ravishda boshlang'ich va oxirgi holatlaridagi potensial enegiyalari.

Jism Yerdan cheksiz katta masofada bo'lganida jism bilan Yerning o'zaro ta'sir potensial enegiyasi nolga teng deb shartlashamiz. U holda r masofadagi potensial enegiya ushbu tenglik orqali ifodalanadi $W = -\gamma \frac{Mm}{r}$, bu yerda M-Yerning massasi. Masala shartlarida berilgan $r_1=3R$ va $r_2=2R$ masofalar uchun potensial enegiyaning quyidagi ikki ifodasini topamiz:

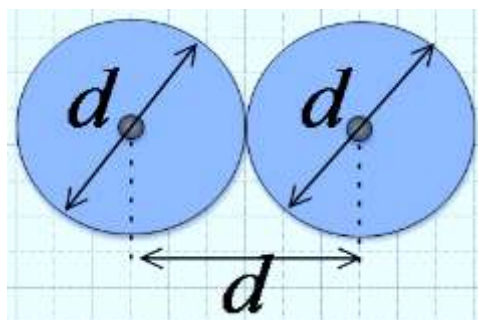
$$W_1 = -\gamma \frac{Mm}{3R}; W_2 = -\gamma \frac{Mm}{2R}.$$

W_1 va W_2 larning bu ifodalarini (1) formulaga qo'yib, quyidagilarni olamiz $A = -\gamma \frac{Mm}{3R} - \gamma \frac{Mm}{2R} = \frac{1}{6} \gamma \frac{Mm}{R}$.

$\gamma \frac{M}{R^2} = g$ ekanligini nazarda tutsak, oxirgi ifodani quyidagi ko'rinishga keltiramiz $A = \frac{1}{6} mgR$.

m, g, R larning qiymatini bu ifodaga qo'yib, hisoblashlarni bajaramiz: $A = \frac{1}{6} 10 \cdot 9,81 \cdot 6,37 \cdot 10^6 = 104 \text{ MJ}$.

3-masala. Har birining diametri 20 sm dan boʻlgan, bir-biriga tegib turgan ikkita temir sharning oʻzaro tortishish kuchi aniqlansin. Temirning zichligi 7800 kg/m³.



21.2- rasm

Yeshish. Butun olam tortishish qonuniga koʻra ularning oʻzaro tortish kuchlari $F_{1,2} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$ formula yordamida topiladi:

massalari teng: $m_1 = m_2$, sharning massa markazlari orasidagi masofa esa d ga teng.

Sharning massasi: $m = \rho V$.

Sharning hajmi: $V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \pi \frac{d^3}{6}$.

$$m = \rho V = \rho \frac{\pi d^3}{6}; F_{1,2} = \gamma \frac{m^2}{d^2} = \gamma \frac{\rho^2 \pi^2 d^6}{36 d^2} = \gamma \frac{\rho^2 \pi^2 d^4}{36}.$$

Berilgan qiymatini bu ifodaga qoʻyib, hisoblashlarni bajaramiz:

$$F_{1,2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7800^2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,2^4}{36} = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ N} = 1,78 \mu\text{N}$$

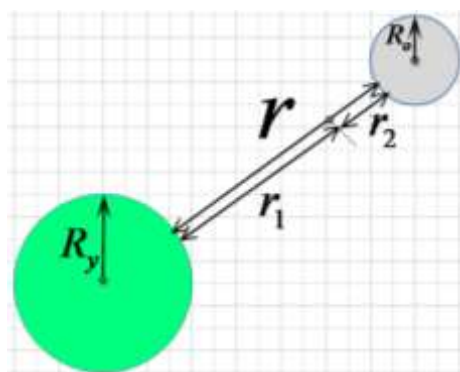
4-masala. Kosmik raketa Oyga tomon uchmoqda. Oy va Yer markazlarini tutashtiruvchi toʻgʻri chiziqning qaysi nuqtasida raketa Yerga ham, Oyga ham bir xil kuch bilan tortiladi? Yer va Oyning massalari mos ravishda $5,976 \cdot 10^{24}$ kg, $7,35 \cdot 10^{22}$ kg. Yer va Oyning radiuslari mos ravishda $6,38 \cdot 10^6$ m, $1,737 \cdot 10^6$ m. Yer va Oy orasidagi masofa $3,844 \cdot 10^6$ m.

Yechish. Dastavval masala shartiga binoan chizma chizib olamiz va chizmaga binoan raketaga taʼsir qiluvchi kuchlarni yozib tenglashtiramiz:

$$F_{yr} = \gamma \frac{M_y m}{(R_y + r_1)^2}; F_{or} = \gamma \frac{M_o m}{(R_o + r_2)^2}; r = r_1 + r_2;$$

$$\gamma \frac{M_y m}{(R_y + r_1)^2} = \gamma \frac{M_o m}{(R_o + r_2)^2}; r_2 = r - r_1; \frac{M_y}{(R_y + r_1)^2} =$$

$$\frac{M_o}{(R_o + r - r_1)^2}; \text{ tenglikning har ikkala}$$



21.3- rasm

tomonidan kvadrat ildiz chiqoramiz: $\frac{\sqrt{M_y}}{R_y+r_1} = \frac{\sqrt{M_o}}{(R_o+r-r)}$; $r_1 = \frac{\sqrt{M_y} \cdot (R_o+r) - \sqrt{M_o} \cdot R_y}{\sqrt{M_o} + \sqrt{M_y}}$. Berilgan qiymatlarini o'z joylariga qo'yib masalani javobini topamiz: $r_1 = 3,43 \cdot 10^5 km$

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

21.1. Har birining massasi 10 t dan bo'lgan ikkita fazoviy kema bir-biriga 100 m masofagacha yaqinlashsa, ularning o'zaro tortishish kuchining kattaligi topilsin.

21.2. Yer sirtidan qanday balandlikda tortishish maydoni kuchlanganligi 1 N/kg bo'ladi? Yerning radiusi 6400 km deb hisoblang.

21.3. Tik yuqoriga qarab otilgan raketa 3200 km balandlikka ko'tarildi va qaytib tusha boshladi. Tushishning birinchi sekundida kema qanday yo'l yuradi?

21.4. Mars sayyorasining radiusi $3,4 \cdot 10^6$ m, uning massasi $6,4 \cdot 10^{23}$ kg. Mars sirtidagi tortishish maydoni kuchlanganligi aniqlansin.

21.5. Yerning radiusi Oyning radiusidan 3,66 marta katta, Yerning o'rtacha zichligi Oyning o'rtachacha zichligidan 1,66 marta katta. Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi g ni ma'lum deb hisoblab, Oy sirtidagi erkin tushish tezlanishi aniqlansin.

21.6. Kichik bir sayyoraning radiusi 250 km, o'rtacha zichligi 3 g/sm³. Sayyora sirtidagi erkin tushish tezlanishi aniqlansin.

21.7. Yerning massasi Oy massasidan 81,6 marta katta. Yer va Oyning massa markazlari orasidagi masofa 60,3R (R- Yer radiusi), Yer va Oy tortishish maydonlari kuchlanganliklarining yig'indisi nolga teng bo'lgan nuqta Yer markazidan qanday (R larda hisoblaganda) masofada bo'ladi?

21.8. Bir-biridan 10^{-10} m masofada turgan ikkita protonning o'zaro tortishish kuchi topilsin. Protonning massasi $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg. Protonlarni nuqtaviy massalar deb olinsin.

21.9. Diametrlari 4 sm va 6 sm bo'lgan ikkita mis sharlari bir-biriga tegib turibdi. Bu sistemaning gravitatsion potensial energiyasi topilsin. Misning zichligi 8600 kg/m³.

21.10. Yer sharining radiusi $6,38 \cdot 10^6$ m, uning o'rtacha zichligi $\square\square\square\square\square\square kg/m^3$ va yer sirti yaqinidagi og'irlik kuchining g tezlanishini 9,81 m/s² bilgan holda tortishish doimiyligi hisoblansin.

21.11. Oy sirtidagi og'irlik kuchining tezlanishini yer sirtidagi og'irlik kuchining tezlanishi bilan taqqoslang.

21.12. Agar ikki jism orasidagi tortishish kuchi 6 marta oshgan va jismlardan birining massasi shuncha marta kamaytirilgan bo'lsa, ular orasidagi masofa qanday o'zgartirilgan?

21.13. 4 Yer radiusiga teng balandlikda, erkin tushish tezlanishi, Yer sirtidagiga nisbatan qanday?

21.14. Kosmik vaznsizlikda muallaq turgan aylana kosmik stansiyada sun'iy gravitatsiya hosil qilish uchun uning dvigatellari ishga tushib stansiya o'z o'qi atrofida bir tekisda aylana boshladi. Stansiya radiusi 40 m bo'lsa, stansiyada yerdagidek gravitatsiya yuzaga kelishi uchun u o'z o'qi atrofida qanday burchak tezlikda aylanishi kerak (rad/s)? Yerdagi erkin tushish tezlanishi 10 N/kg .

21.15. Qandaydir sayyoraning radiusi Yer radiusining 0,5 qismiga, massasi esa Yer massasining 0,1 qismiga teng. Shu sayyoradagi erkin tushish tezlanishi qanday (m/s^2)? Yerdagi $g=10 \text{ m/s}^2$ deb hisoblang.

21.16. Quyosh radiusi Yer radiusidan 108 marta katta. Quyosh zichligi esa Yer zichligining 0,25 qismiga teng. Quyosh sirtidagi og'irlik kuchi tezlanishi Yerdagidan necha marta katta?

21.17. Yer sirtidan Yer radiusining yarmiga teng balandlikda erkin tushish tezlanishi nimaga teng? Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi g ga teng.

21.18. Yer sirtidan qanday balandlikda jismning og'irligi Yer sirtidagi og'irlikidan 4 marta kichik bo'ladi? R - Yerning radiusi.

21.19. Yerning tortishish kuchi 9 marta kamayishi uchun kosmik kema Yerdan qanday balandlikda bo'lishi kerak? Yerning radiusi R ga teng.

21.20. Yer sirtidan necha km balandlikda Yerning tortishish kuchi 36% kamayadi? Yerning radiusi $R=6400\text{km}$.

21.21. Prujinali tarozi jism og'irligini planeta ekvatorida qutbdagiga qaraganda 10 foiz kam ko'rsatsa, planetaning o'rtacha zichligi qanday bo'ladi? Sutkaning davomiyligi T ga, bufun olam tortishish doimiysi γ ga teng.

21.22. Agar Yer radiusining o'rtacha qiymati R va erkin tushish tezlanishining o'rtacha qiymati g bo'lsa, Yerning o'rtacha zichligi qanday hisoblanadi? (γ - gravitatsiya doimiysi).

21.23. 5000 km radiusli sferik sayyorada sutkaning davomiyligi 10 soatga teng. Uning ekvatorida joylashgan nuqtalar sayyoraning sutkalik aylanishi hisobiga qanday tezlikka ega bo'ladilar (m/s)?

21.24. Yer sirtidan $\frac{R}{4}$ chuqurlikdagi erkin tushish tezlanishini toping. R– Yer radiusi va g_0 – Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi.

21.25. Hajmi Yer hajmidan 8 marta kichik, massasi esa 2 marta katta bo'lgan sayyora sirtidagi erkin tushish tezlanishi qanday (m/s^2) bo'ladi.



- ❖ Barcha planetalarning orbitalari ellipsoiddan iborat bo‘lib, ularning fokuslardagi birida Quyosh yotadi.
- ❖ Planetalar harakati shunday sodir bo‘ladiki, Quyosh markazidan planetaga o‘tkazilgan radius-vektor teng vaqtlar ichida teng yuzalar chizadi.
- ❖ Planetalarning Quyosh atrofidagi aylanish davrlarining kvadratlari nisbati, orbita ellipslari katta o‘qlarining kublarini nisbatiga teng:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3} \quad (22.1)$$

- ❖ Planeta traektoriyasi aylanadan iborat bo‘lsa tezlik

$$\vartheta_0 = \sqrt{\gamma \frac{M}{R}} \quad (22.2)$$

- ❖ Yer uchun birinchi kosmik tezlik

$$\vartheta_I = \sqrt{\gamma \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}}} = \sqrt{g_{Yer} R_{Yer}} \approx 7,93 \text{ km/s}$$

- ❖ Agar $\vartheta_0 < \sqrt{2\gamma \frac{M}{R}}$ bo‘lsa harakat trayektoriyasi ellipsoiddan iborat bo‘ladi.

- ❖ Agar $\vartheta = \sqrt{2\gamma \frac{M}{R}}$ bo‘lsa harakat trayektoriyasi paraboladan iborat bo‘ladi.

- ❖ Ikkinchi kosmik tezlik $\vartheta_{II} = \sqrt{2\gamma \frac{M}{R}}$ (22.3)

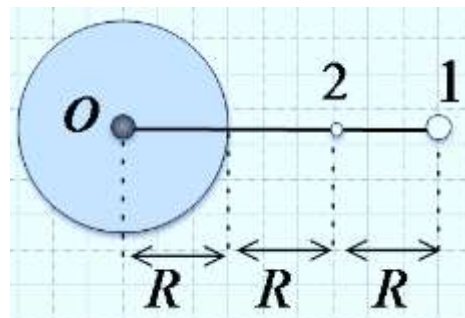
- ❖ Kritik tezlik $\vartheta_k = \sqrt{\gamma \frac{M}{R+h}} = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$ (22.4)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala. Yer sirtidan uchirilgan fazoviy kemaning ikkinchi kosmik tezligi aniqlansin.

Yechish. m massali jism cheksizlikkacha uzoqlashganda uning potensial energiyasi kamayayotgan kinetik energiyasi hisobiga orta

boradi va cheksizlikda nolga teng bo'lmish maksimal qiymatiga erishadi. Ikkinchi kosmik tezlikning ta'rifiga binoan cheksizlikda jismning kinetik energiyasi ham nolga teng bo'ladi. Shunday qilib, cheksizlikda $W_{k\infty}=0$ va $W_{p\infty}=0$. Mexanikada energiyaning saqlanish qonuniga binoan:



22.1- rasm

$$W_k + W_p = W_{k\infty} + W_{p\infty} \text{ yoki } \frac{m\vartheta_2^2}{2} -$$

$\gamma \frac{mM}{R} = 0$ bu yerda M- Yerning massasi. Bundan $\vartheta_2 = \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}}$ ni topib olamiz. Ildiz ostidagi ifodani R ga ko'paytirib va bo'lib, bu formulani o'zgartiramiz:

$\vartheta_2 = \sqrt{\frac{2\gamma M}{R^2}} R$. $g = \sqrt{\frac{\gamma M}{R^2}}$ ekanligidan (g- Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi) $\vartheta_2 = \sqrt{2gR}$. Bu formulaga g va R larning qiymatlarini qo'yib va hisoblab quyidagini olamiz: $\vartheta_2 = 11,2 \text{ km/s}$.

2-masala. Fazoviy kema tik yo'nalishda uchirish maqsadida Yer sirtida o'rnatilgan. Kema Yer sirtidan uning radiusiga teng ($R=6,37 \cdot 10^6$ m) masofaga uzoqlashishi uchun uchirishda kemaga qanday eng kichik tezlik berilishi kerak? Fazoviy kema va Yerning o'zaro tortishish ta'sir kuchidan boshqa kuch inobatga olinmasin.

Yechish. Fazoviy kemaning eng kichik tezligini aniqlash uchun uning eng kichik kinetik energiyasini topish kerak. Buning uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunidan foydalanamiz.

$W_{k_1} + W_{p_1} = W_{k_2} + W_{p_2}$ bu yerda W_{k_1} va W_{p_1} - kema-Yer tizimining boshlang'ich holatdagi (Yer sirtida) kinetik va potensial energiyasi; W_{k_2} va W_{p_2} oxirgi holatdagi (Yer radiusiga teng masofadagi) kinetik va potensial energiyasi.

$\frac{1}{2} m\vartheta_1^2 - \gamma \frac{mM}{R} = \gamma \frac{mM}{2R}$ buni m ga qisqartirsak, $\vartheta_1 = \sqrt{\frac{gM}{R}} = \sqrt{gR}$ kattaliklarni qiymatlarini qo'yib hisoblasak, $\vartheta_1 = 7,9 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

3-masala. Yerning tortishish maydonida joy-lashgan m massali jism 1-nuqtadan 2-nuqtaga ko'chadi (22.1-rasm). Agar jismning 1-nuqtadagi tezligi 7,9 km/s bo'lsa, jismning 2-nuqtadagi tezligi aniqlansin. Erkin tushish tezlanishi ma'lum deb hisoblansin.

Yechish. Jism-Yer tizimi yopiq tizim bo‘lib, unda konservativ kuch-tortishish kuchi ta’sir qiladi. Shuning uchun ham energiyaning saqlanish qonunidan foydalanish mumkin. U holda quyidagini yozish mumkin $W_{k_1} + W_{p_1} = W_{k_2} + W_{p_2}$ (1) bunda W_{k_1} va W_{p_1} -Jism-Yer tizimining boshlang‘ich holatdagi kinetik va potensial energiyasi; W_{k_2} va W_{p_2} oxirgi holatdagi kinetik va potensial energiyasi.

Shuni takidlaymizki, jism-Yer tizimining massa markazi amalda Yerning massa markazi bilan mos keladi ($m \ll M$) va shuning uchun ham Yerning boshlang‘ich hamda oxirgi holatdagi kinetik energiyalari nolga teng. U holda $W_{k_1} = \frac{m\vartheta_1^2}{2}$; $W_{p_1} = -\gamma \frac{Mm}{3R}$; $W_{k_2} = \frac{m\vartheta_2^2}{2}$; $W_{p_2} = -\gamma \frac{Mm}{2R}$ bu ifodalarni (1) ga qo‘yib quyidagini hosil qilamiz

$$\frac{m\vartheta_1^2}{2} - \gamma \frac{Mm}{3R} = \frac{m\vartheta_2^2}{2} - \gamma \frac{Mm}{2R}; \quad \gamma \cdot M \text{ ni } gR^2 \text{ bilan alamshtirib}$$

($\gamma \cdot M = gR^2$) va qisqartirish o‘tqazib, $\vartheta_2^2 = \vartheta_1^2 + \frac{1}{3}gR$ ni topamiz,

$$\text{bundan } \vartheta_2 = \sqrt{\vartheta_1^2 + \frac{1}{3}gR}.$$

$\vartheta_1^2 = gR$ ekanligidan $\vartheta_2 = \sqrt{\frac{4}{3}gR} = \vartheta_1 \sqrt{\frac{4}{3}}$ hisoblashlarni amalga

$$\text{oshirsak } \vartheta_2 = 7,9 \cdot \sqrt{\frac{4}{3}} = 9,12 \text{ km/s}.$$

4-masala. Sun’iy yo‘ldosh Yer atrofida 3,6 Mm balandlikda aylanma orbita bo‘ylab aylanadi. Yo‘ldoshning chiziqli tezligi aniqlansin. Yerning radiusi ($R=6400$ km) va Yer sirtidagi ekin tushish tezlanishi ($g=9,8$ m/s²) ma’lum deb hisoblansin.

Yechish. Yo‘ldoshga ta’sir qilayotgan maqkazdan qochma kuch va Yer bilan o‘zaro ta’sirlashuv kuchlarni tenglashtirib masalani

$$\text{yechamiz. } \gamma \frac{mM}{(R+h)^2} = m \frac{\vartheta^2}{R+h}; \quad \vartheta = \sqrt{\gamma \frac{M}{R+h}}; \quad \gamma \cdot M = gR^2 \text{ ekanligidan}$$

$$\text{foydalanib} \quad \vartheta = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}} = R \sqrt{\frac{g}{R+h}} \text{ hosil qilamiz. Hisoblashlarni}$$

$$\text{amalga oshirsak} \quad \vartheta = 6,335 \text{ km/s}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

22.1. Yer sun'iy yo'ldoshning aylanish davri 2 soat. Yo'ldosh orbitasini aylana deb hisoblab, uning Yer sirtidan qanday balandlikda harakatlanayotgani topilsin.

22.2. Sun'iy yo'ldosh aylanma orbita bo'ylab Yer ekvatori tekisligida harakatlanadi va hamma vaqt Yer sirtidagi bitta joy ustida qoladi. Yo'ldoshning burchak tezligi va orbitasining radiusi aniqlansin.

22.3. Kosmik kema planeta atrofida unchalik katta bo'lmagan balandlikda r radiusli trayektoriya bo'ylab aylanmoqda. Planeta massasi M bo'lsa, kemaning davri qanday? Gravitatsiya doimiysi γ .

22.4. Planeta zichligi ρ va radiusi R . Uning uchun ikkinchi kosmik tezlik nimaga teng? Gravitatsiya doimiysi γ , $\pi \approx 3$.

22.5. Biror noma'lum sayyoradan quyoshgacha bo'lgan masofa 4 a.b ga teng bo'lsa, uning quyosh atrofida aylanish davrini toping (yil)? Yerning Quyosh atrofida aylanish davri 1 yil va Yerdan quyoshgacha o'rtacha masofa 1 a.b ga teng.

22.6. Yer sirtidan 19200 km balandlikda harakatlanayotgan sun'iy yo'l-dosh yer atrofini qancha vaqtda 1 marta to'liq aylanib chiqadi?

22.7. Agar kosmik raketaning orbita bo'ylab aylanish davri 8 marta ortsa, uning orbita radiusi necha marta ortadi?

22.8. Sun'iy yo'ldosh orbitasining diametri 2 marta kamayganda yo'ldoshning orbita bo'ylab harakat tezligi qanday o'zgaradi?

22.9. Neptun sayyorasi Quyoshdan Yerga nisbatan 30 marta uzoqda. Neptunning Quyosh atrofida aylanish davri aniqlansin.

22.10. Oy Yer atrofida 1,02 km/s tezlik bilan harakatlanadi. Yerdan Oygacha bo'lgan o'rtacha masofa $60,3 R$ (R -Yer radiusi). Shu ma'lumotlar bo'yicha Yer sirtidan uncha katta bo'lmagan balandlikda Yer atrofida aylanadigan sun'iy yo'ldosh qanday tezlik bilan harakatlanishi kerakligi aniqlansin.

22.11. Yerning Quyosh atrofidagi harakatining o'rtacha tezligi 30 km/s, orbitasining radiusi Yer radiusidan 4 marta katta bo'lgan kichik sayyora qanday o'rtacha tezlik bilan harakatlanishi aniqlansin.

22.12. Marsning eng yaqin yo'ldoshi sayyora markazidan 9,4 Mm masofada bo'lib, uning atrofida 2,1 km/s tezlik bilan harakatlanadi. Marsning massasi aniqlansin.

22.13. 1 kg massali jism Yer sirtida turibdi. Quyidagi ikki hol uchun og'ir-lik kuchining o'zgarishi aniqlansin: 1) Jismni 5 km balandlikka ko'tarilganda; 2) jismni chuqurligi 5 km bo'lgan shaxtaga

tushirilganda. Yerni radiusi $6,37 \text{ Mm}$ va zichligi $5,5 \text{ g/sm}^3$ bo'lgan br jinsli shar deb hisoblansin.

22.14. Oy markazidan Yer markazigacha bo'lgan masofa $3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$ va oying Yer atrofida aylanish davri $27,3$ sutka bo'lsa yer massasi aniqlansin.

22.15. Kichik sayyoraning radiusi 100 km , sayyoradagi moddalarning zichligi 3 g/sm^3 . Shu sayyora sirtidagi parabolik tezlik aniqlansin.

22.16. Agar fazoviy kema Yerdan 10 km/s boshlang'ich tezlik bilan uchi-rilgan bo'lsa, kemaning Yer radiusiga teng balandlikdagi tezligi qanday bo'ladi? Havoning qarshiligi hisobga olinmasin. Yerning radiusi va Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi ma'lum deb hisoblansin.

22.17. Fazoviy kema Yerdan 15 km/s boshlang'ich tezlik bilan uchirilgan. Agar Yerdan kemagacha bo'lgan masofa cheksiz ortib borsa, kemaning tezligi qanday chegaraviy qiymatga intiladi? Havoning qarshiligi va Yerdan boshqa osmon jismlarning tortishishi hisobga olinmasin.

22.18. Meteorit amalda cheksiz deb hisoblash mumkin bo'lgan juda katta masofadan quyoshga qulab tushmoqda. Meteoritning boshlang'ich tezligi hisobga olinmaydigan darajada kichik. Meteorit bilan Quyosh orasidagi masofa Yer va Quyosh o'rtasidagi o'rtasha masofaga teng bo'lgan paytda meteoritning tezligi qanday bo'ladi?

22.19. Kometa parabola deb hisoblash mumkin bo'lgan orbita bo'ylab harakatlanib Quyoshni aylanib o'tmoqda. Kometa o'z orbitasining Quyoshga yaqin nuqsidan o'tayotgan paytida Quyoshdan kometagacha bo'lgan masofa 50 Gm bo'lsa, kometa shu nuqtada qanday tezlik bilan harakatlanadi?

22.20. Jism yerning tortishini yengib, undan har doim uzoqlab bora olishi uchun Yer sirtidan jismga berilgan tezlik, ya'ni ikkinchi kosmik tezlik topilsin.

22.21. Yerning orbita bo'ylab harakatdagi chiziqli tezligi topilsin. Yerning orbitasi aylana shaklida deb hisoblansin.

22.22. Yerning sun'iy yo'ldoshi aylana orbita bo'ylab 1) Yer sirtida (havo-ning qarshiligi hisobga olinmasin), 2) Yer sirtidan 200 km va 7000 km balandliklardan qanday chiziqli tezlik bilan harakatlanadi? Shunday shartlarda yerning sun'iy yo'ldoshining aylanish davri topilsin.

22.23. Yer sirtidan 200 *km* balandlikda aylana orbita bo‘ylab harakatlanayotgan yerning sun‘iy yo‘ldoshiga ta‘sir qiluvchi markazga intilma tezlanish topilsin.

22.24. Mars planetasining Fobos va Deymos deb ataluvchi ikkita yo‘ldoshi bor. Bulardan biri Marsning markazidan 9500 *km* ikkinchisi esa 24000 *km* oraliqda joylashgan. Bu yo‘ldoshlarning mars atrofida aylanish davri topilsin.

22.25. Yerning sun‘iy yo‘ldoshi ekvator tekisligida aylana orbita bo‘ylab g‘arbdan sharqqa tomon harakatlanadi. Yo‘ldosh kuzatuvchiga qo‘zg‘almas turgandek ko‘rinishi uchun, u yer sirtidan qanday balandlikda bo‘lishi kerak?

22.26. Oynning sun‘iy yo‘ldoshi Oy sirtidan 20 *km* masofada aylana orbita bo‘ylab harakatlanadi. Bu yo‘ldosh harakatining chiziqli tezligi hamda uning Oy atrofida aylanish davri topilsin.

22.27. Jism og‘irlik kuchining tezlanishi bilan uning yer sirtidan balandligi o‘rtasidagi bog‘lanish topilsin. Qanday balandlikda og‘irlik kuchining tezlanishi yer sirtidagi og‘irlik kuchi tezlanishining 25% ini tashkil qiladi?

22.28. Yer sirtidan qanday masofada og‘irlik kuchining tezlanishi $1m/sec^2$ ga teng bo‘ladi?

22.29. Yer atrofida aylana traektoriya bo‘ylab harakatlanayotgan yer sun‘iy yo‘ldoshining kinetik energiyasi uning gravitatsion potensial energiyasidan necha marta kichik?

22.30. Jismni yer sirtidan *h* chuqurlikka tushurilgandagi og‘irlik kuchi tezlanishning o‘zgarishi topilsin. Qanday chuqurlikda og‘irlik kuchining tezlanishi yer sirtidagi og‘irlik kuchi tezlanishining 25% ini tashkil qiladi? Yerning zichligi o‘zgarmas deb hisoblansin.

Ko‘rsatma. Yer sirtidan *h* chuqurlikdagi jism o‘zidan yuqorida yotgan *h* qalinlikdagi shar qatlamiga hech tortilmaydi, chunki shu qatlam ayrim qismlarining tortishish kuchlari o‘zaro kompensatsiyalashadi.



❖ Oqim nayining S kesimlaridan t vaqt davomida statsionar ravishda oqib o'tayotgan suyuqlik massasi:

$$m = \rho S \vartheta t \quad (23.1)$$

Siqilmas suyuqliklar uchun $\rho_1 = \rho_2$ bo'ladi va $S_1 \vartheta_1 = S_2 \vartheta_2$ (23.2)

Demak, siqilmas suyuqlik uchun oqim nayi ko'ndalang kesimining yuzini shu kesim-dan o'tayotgan suyuqlikning oqim tezligiga ko'paytmasi mazkur oqim nayi uchun doimiy kattalikdir

❖ $S \cdot \vartheta = const$ oqimning uzluksizlik tenglamasi.

❖ Hidravlik press diametrlari har xil bo'lgan, o'zaro tutashgan ikki silindr va ular ichida harakatlana oladigan porshenlardan iborat qurulma bo'lib Paskal qonuni asosida tushuntirish mumkin.

$$P = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad (23.3)$$

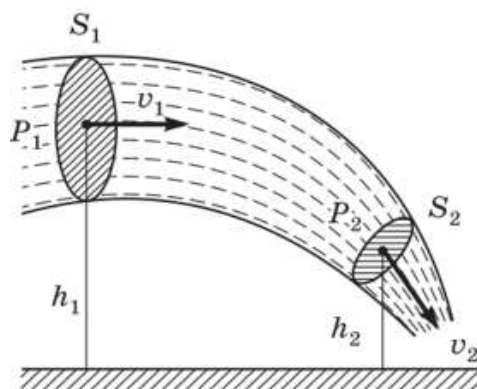
❖ Suyuqlikning idish tubiga beradigan bosimi:

$$P = \frac{F}{S} = \rho gh \quad (23.4)$$

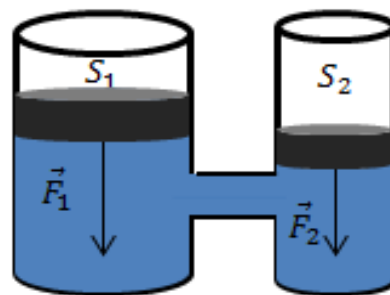
❖ Suyuqlikning idish yon devoriga beradigan bosimi: $P = \frac{1}{2} \rho gh$ (23.5)

❖ Tutash idishning ishlashini Paskal qonuni bilan tushuntirish mumkin.

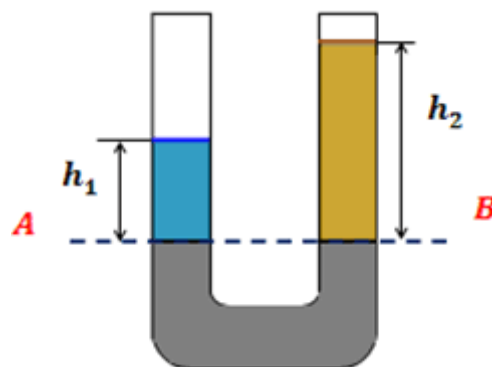
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (23.6)$$



23.1- rasm



23.2- rasm

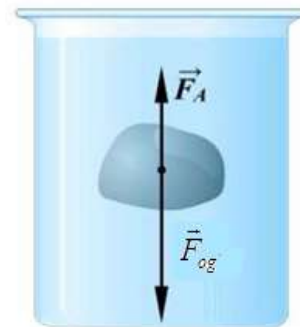


23.3- rasm

$$F_A = \rho_s V_{jb} g \quad (23.7)$$

❖ Jismning suyuqlikdagi og'irligi

$$P = (\rho_j - \rho_s) V g \quad (23.8)$$



23.4- rasm

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-Masala. Asosining yuzi 500 sm^2 ga teng bo'lgan silindir shaklidagi po'kak suvda suzib yuribdi. Uni yana 8 sm chuqurlikka botirish uchun ustiga qancha yuk qo'yish kerak? (kg). Po'kakning zichligi 2 g/sm^3

Yechish. Yuksiz holatdagi po'kakning botish chuqurligini topib olamiz.

$$F_A = mg; \quad \rho_s V_{b1} g = \rho V g;$$

$$\rho_s S h_{b1} g = \rho S h g; \quad h_{b1} = \frac{\rho h}{\rho_s} = \frac{0,2h}{1} = \frac{h}{5} \text{ bu}$$

yerda ρ va ρ_s mos ravishda po'kak va suvning zichligi. Ma'lumot uchun suvning zichligi 1 g/sm^3 .

Endi po'kakning ustiga yuk qo'yilgan hol uchun uning botish chuqurligini topamiz.

$$F_A = mg + m_x g; \quad \rho_s V_{b2} g = \rho V g + m_x g;$$

$$h_{b2} = \frac{m_x + \rho S h}{\rho_s S} = \frac{m_x}{50} + \frac{h}{5}. \text{ Masala shartiga ko'ra}$$

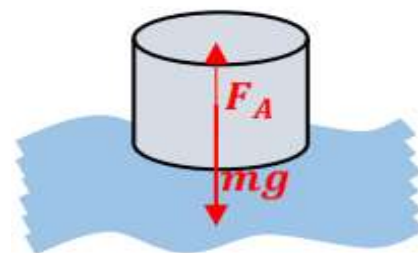
po'kakning botish chuqurliklari farqi 8 sm ga teng.

$$\text{Demak } h_{b2} - h_{b1} = 0,08;$$

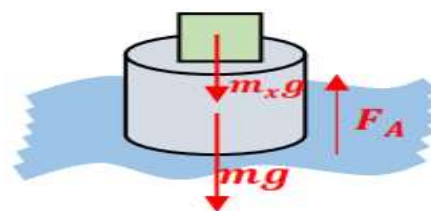
$$\frac{m_x}{50} + \frac{h}{5} - \frac{h}{5} = 0,08 \quad m_x = 4 \text{ kg}.$$

2- masala: Agar suv ichidagi jism moddasining zichligi 6 g/sm^3 bo'lsa, 6 ta teng bo'lakka bo'lingan bir jinsli balkaning massasini toping.

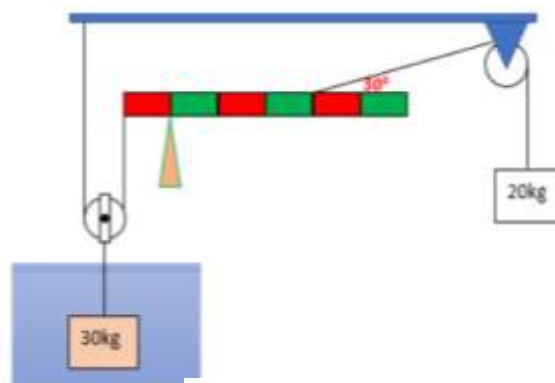
Yechish. Birinchi navbatda chizmaga kuchlarning yo'nalishlarini chizib olamiz.



23.5- rasm



23.5- rasm



23.6- rasm

Demak chismaga asosan:

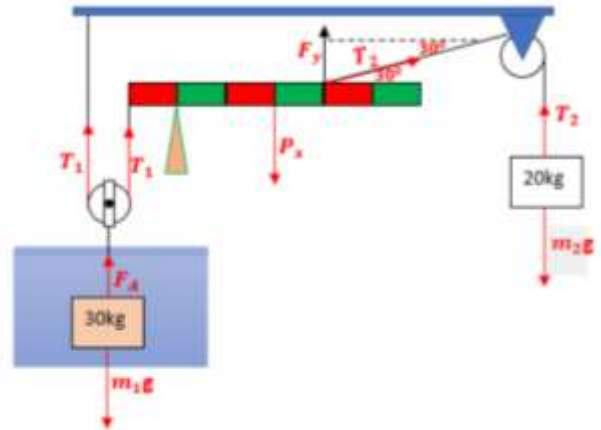
$$T_2 = m_2 g = 20 \cdot 10 = 200 \text{ N}$$

$$2T_1 = m_1 g - F_A = m_1 g - \rho_s V g; \quad 2T_1 = m_1 g - \rho_s \frac{m_1}{\rho} g =$$

$$m_1 g \frac{\rho - \rho_s}{\rho}; \quad T_1 = m_1 g \frac{\rho - \rho_s}{2\rho};$$

$$T_1 = 3000 \frac{6000 - 1000}{12000} = 1250 \text{ N};$$

$$\frac{F_y}{T_2} = \sin 30^\circ; \quad F_y = 1000 \text{ N}$$



23.7- rasm

Momentlar qoidasiga asosan:

$$M_1 = M_2 - M_3; \quad T_1 \cdot l = P_x \cdot 2 - F_y \cdot 3;$$

$$125 = 2P_x - 300; \quad P_x = 212,5 \text{ N}.$$

3-masala: Asosining yuzi 1 m^2 va qalinligi $0,4 \text{ m}$ bo'lgan muz bo'lagi suvda suzmoqda. Muz bo'lagini suvga to'liq botirish uchun qanday ish bajarish kerak?

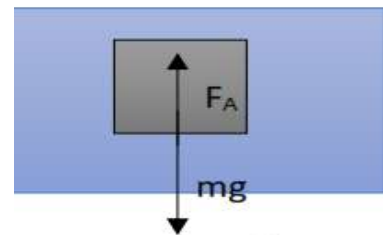
Yechish. Muz bo'lagini suyuqlikka botirgan sari kuchning qiymati oshib boradi, shuning uchun kuchning o'rtacha qiymatini olamiz:

$$A = \frac{F_b}{2} h_u; \quad F_b = F_A - mg;$$

$$h_u = h - h_b = h - \frac{\rho_m}{\rho_s} h;$$

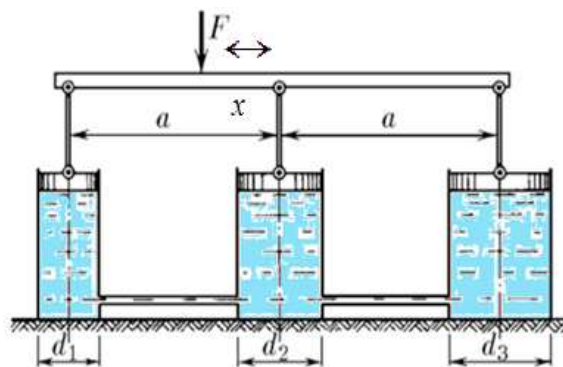
$$h_u = h \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_s}\right); \quad A = (\rho_s V g - \rho_m V g) \frac{\rho_s - \rho_m}{2\rho_s} = \frac{(\rho_s - \rho_m)^2 h^2 S g}{2\rho_s} =$$

$$\frac{10^4 \cdot 16 \cdot 0,1}{2000} = 8 \text{ J}$$



23.7- rasm

4- masala: Uchta silindrik tutash idish berilgan. Tutash idishlar suv bilan to'ldirilib porshen bilan tashqi havodan berkitilgan. Har bir porshen vertikal sharnerli sterjen orqali gorizontal sterjenga mahkamlangan. Gorizontal sterjenning qaysi nuqtasiga F kuch bilan ta'sir qilsak, sterjen muvo-zanat holati buzilmaydi (gorizontal holatdan o'g'maydi)?



23.8- rasm

Idishning diametri va orasidagi masofa rasmda ko'rsatilgandek. Sterjenni vazinsiz deb oling.

Yechish.

$$\begin{cases} F_1 = PS_1 = P \frac{\pi d_1^2}{4} \\ F_2 = PS_2 = P \frac{\pi d_2^2}{4} \\ F_3 = PS_3 = P \frac{\pi d_3^2}{4} \end{cases}$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$F = \pi \left(\frac{d_1^2}{4} + \frac{d_2^2}{4} + \frac{d_3^2}{4} \right) \cdot P$$

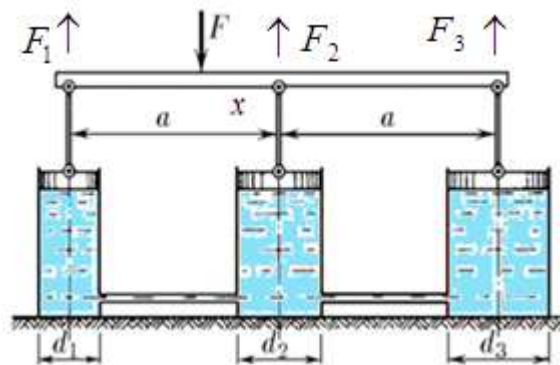
$$P = \frac{4F}{\pi(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2)}$$

Momentlash qoidasiga binoan $P \cdot S_3 \cdot 2a + P \cdot S_2 \cdot a -$

$$F(a - x) = 0; \quad P \cdot a \left(2 \cdot \frac{\pi d_3^2}{4} + \frac{\pi d_2^2}{4} \right) = F(a - x);$$

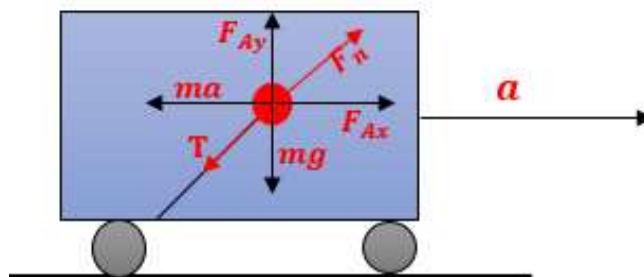
$$\frac{4Fa}{\pi(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2)} \left(2 \cdot \frac{\pi d_3^2}{4} + \frac{\pi d_2^2}{4} \right) = F(a - x)$$

$$x = a \cdot \frac{d_1^2 - d_3^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$$



23.9- rasm

5-masala: Suv solingan idish gorizontal yoʻnalishda $2,25 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanmoqda. Idishning tubiga ip bogʻlangan, ipning ikkinchi uchiga massasi 1 kg boʻlgan suvga toʻliq botib turgan sharcha bogʻlangan. Agar sharcha yasalgan moddaning zichligi 200 kg/m^3 boʻlsa, shar turgʻun holatga kelgandan soʻng ipning taranglik kuchi qanday boʻlib qoladi?



23.10- rasm

Yechish. Idish gorizontal yoʻnalishda a tezlanish bilan harakatlanganda sharchaga ma inersiya kuchi taʼsir etadi va bu kuch unga qarama-qarshi yoʻnalishda F_{Ax} qoʻshimcha Arximed kuchini vujudga keltiradi. Arximed kuchi inersiya kuchida katta boʻlganligi uchun sharcha harakat yoʻnalishida ogʻadi. Sharcha taʼsir etuvchi natijaviy kuchlarni topib olamiz:

$$F_x = F_{Ax} - ma \equiv \rho_s Va - ma \equiv \rho_s \frac{m}{\rho_j} a - ma \equiv \frac{(\rho_s - \rho_j)}{\rho_j} ma$$

$$F_y = F_{Ay} - mg \equiv \rho_s Vg - mg \equiv \rho_s \frac{m}{\rho_j} g - mg \equiv \frac{(\rho_s - \rho_j)}{\rho_j} mg$$

Pifagor qonuniga asosan taranglik kuchi quyidagiga teng:

$$T = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \frac{(\rho_s - \rho_j)}{\rho_j} m \sqrt{a^2 + g^2} = \frac{800}{200} \sqrt{5 + 100} \approx 41 \text{ N}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

23.1. Tomoni 8 sm boʻlgan kub 1 sm qismi suyuqlik sirtidan chiqib turgan holda suyuqlikda suzayotgan boʻlsa, suyuqlik zichligini toping. Kub materialining zichligi 700 kg/m^3 .

23.2. Hajmi 400 sm^3 boʻlgan shar suyuqlikda hajmining $\frac{3}{8}$ qismi botga holda suzmoqda. Suyuqlik zichligi shar moddasining zichligidan ikki marta katta boʻlsa, shar ichidagi boʻshliqning hajmini toping.

23.3. Ichi gʻovak temir shar suvga toʻliq botgan holda sumoqda. Shar ichidagi boʻchliqning hajmi 20 sm^3 boʻlsa, shar massasini toping. Temirning zichligi 7800 kg/m^3 .

23.4. Vodorod bilan to'ldirilgan, hajmi 100 m^3 bo'lgan havo sharining ko'tarish kuchini hisoblang. Shar qobig'ining massasini hisobga olmag. Vodorod zichligi 0.09 kg/m^3 , xavoning zichligi 1.29 kg/m^3 .

23.5. Dinamometrغا ilingan massali 540 g bo'lgan alyuminiy silindr kerosinga to'liq botirildi. Dinamometr ko'rsatishini aniqlang. Kerosin zichligi 800 kg/m^3 , alyuminiy zichligi 2700 kg/m^3 .

23.6. Asosini yuzi 75 sm^2 bo'lgan vertikal devorli idishga suv quyilgan. Idishga 300 g massali, zichligi suv zichligidan kichik bo'lgan jism solinsa, idishdagi suv satxi qanchaga ko'tariladi?

23.7. Dinamometrغا osilgan yuk suvga tushirilganda, idishning vertikal devorlaridagi suv satxi 5 sm ga ko'tarildi. Bunda dinamometrning ko'rsatgichi $0,5 \text{ N}$ ga o'zgardi. Idish asosining yuzini aniqlang.

23.8. Yog'och detal hajmining $2/3$ qismi botgan holada suvda suzmoqda. Detal kerosinga ko'chirilsa, unga ta'sir qiluvchi Arximed kuchi qanday o'zgaradi? Detal kerosinga to'liq botishi uchun unga qanday minimal kuch qo'yish kerak? Detal massasi 400 g , kerosin zichligi 800 kg/m^3 .

23.9. Kema sho'r suvdan toza suvga o'tishida uning suvga botishi biroz oshdi. Kemadan 600 t yuk tushirilgandan so'ng suvga botish avvalgi holatiga qaytdi. Sho'r suvning zichligi toza suvning zichligidan 3% ortiq bo'lsa, Kemaning yuk bilan birgalikdagi massasini aniqlang.

23.10. Suvda suzayotgan massasi 600 g yog'och brusokka qanday massali alyuminiy ilinganda ular suvga to'liq botgan holda muallaq qoladi? Yog'ochning zichligi 500 kg/m^3 , alyuminiy zichligi 2700 kg/m^3 .

23.11. Bir jinsli kub simobda hajmining $1/5$ qismi botga holda suzmoqda. Agar unga huddi shunday kub qo'yilsa birinchi kub o'z hajmining $1/2$ qismiga botadi. Ikkinchi kubning zichligi qanday? Simobning zichligi 13600 kg/m^3 .

23.12. Muvozanatga keltirilgan shaynli tarozining bir pallasidagi suvli idishga massasi 250 g bo'lgan, ipga osilgan po'lat sharcha idishning tubiga tegmagan holda tushirildi. Tarozini yana muvozanat holatga keltirish uchun kerak bo'lgan yukchalar massasini aniqlang. Po'latning zichligi 7800 kg/m^3 .

23.13. Alyuminiydan yasalgan g'ovak shar suvda dinamometr prujinasini 0.25 N kuch bilan ch'zadi, kerosinda 0.35 N kuch bilan

choʻzadi. Shar qobigʻining hajmi aniqlansin. Kerosin zichligi 800 kg/m^3 , alyuminiy zichligi 2700 kg/m^3 .

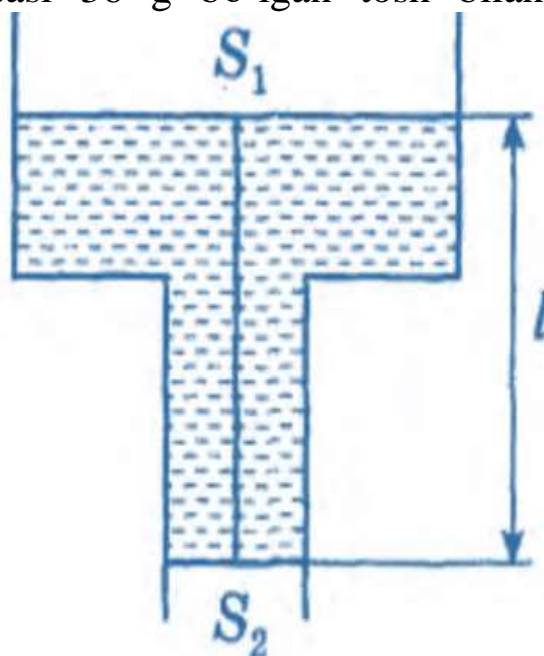
23.14. Suv quyilgan slindrik idishda taxtacha suzmoqda (idish devori vertikal). Agar taxtacha ustiga shisha plastinka qoʻyildi. Natijada suvning satxi 2 sm ga koʻtariladi va taxtacha plastinka bilan suzishda davom etdi. Agar shisha plastinkani idish tubiga tushirilsa, taxtacha suzib yurgan idishdagi suv sati qanchaga ortadi? Shishaning zichligi 2500 kg/m^3 .

23.15. Asisining radiusu 10 sm boʻlgan slindrik idishga suyuqlik quyilgan. Unda radiusi 5 sm boʻlgan shar suzmoqda. Shar materialining zichligi suyuqlik zichligidan 2 marta kichik. Agar shar suyuqlikdan olinsa, idishdagi suyuqlik satxi qanchaga pasayadi?

23.16. Slindrik shakldagi idishdagi suvda ichida qoʻrgʻoshin plastinka joylashgan muz boʻlagi suzmoqda. Idishning diametrini 40 sm. Muz toʻla erigandan soʻng, idishdagi suv satxi 3 sm ga pasaydi. Qoʻrgʻoshin plastinkaning massasini aniqlang. Qoʻrgʻoshin zichligi 11300 kg/m^3 .

23.17. Bir jinsli kub hajmining $3/4$ qismi botgan holda suvda suzmoqda. Agar kubning yuqori yogʻi markazini uzunligi 8 sm boʻlgan richag yelkasiga ingichka ip bilan mahkamlansa va richagning 4 sm uzunlikdagi ikkinchi yelkasiga massasi 36 g boʻlgan tosh bilan muvozanatga keltirilsa, kub hajmining $2/3$ qismi botadi. Kub qirrasini uzunligini toping. Richag massasini etiborga olmang.

23.18. Vertikal kesimi 23.11-rasmda koʻrsatilgan idishda choʻzil-maydigan ip bilan bogʻlangan ikkita vazinsiz porshen muvozanat holatda turibdi. Por-shenlar orasi suv bilan toʻldirilgan. Ipinning taranglik kuchi topilsin. Porshenlarni yuzalari: $S_1=0,1 \text{ m}^2$, $S_2=0,05 \text{ m}^2$, Ipinning uzunligi $0,5 \text{ m}$. Por-shenlarni devorga ishqala-nishi etiborga olinmasin.



23.11- rasm

23.19. 2000 kg massali yukni gidravlik press yordamida koʻtarishda 40 J ish bajarildi. Bunda kichik

porshen har yurishda 10 cm ga ko‘chib, 10 ta yurish qildi. Katta porshenning yuzasi kichik porshen yuzasidan necha marta katta? Og‘irlik kuchining tezlanishi $g=10\text{m/s}^2$.

23.20. Tutash idishlarga simob quyilgan. Idishlardan biriga ustunining ba-landligi 27,2 cm bo‘lgan kerosin quyildi. Shu idishdagi simobning sathi boshqasinikiga qaraganda necha millimetr ga past bo‘ladi? Simobning zichligi 13600 kg/m^3 , kerosinning zichligi 800 kg/m^3 .

23.21. Tutash idishlarga simob quyilgan. Idishlardan biriga ustunining ba-landligi 4 cm bo‘lgan suv quyildi. Agar zichligi suvning zichligidan 1,25 marta kichik bo‘lgan suyuqlik boshqa idishga quyilsa, simob sathi ikki idishda ham bir xil bo‘lishi uchun shu suyuqlikning ustuni qanday balandlikda (cm da) bo‘lishi kerak?

23.22. Bir xil kesimdagi tutash idishlarga suv quyilgan. Idishlarning bi-riga suvning ustiga ustun balandligi 40 cm bo‘lgan moy quyildi. Boshqa idishdagi suvning sathi necha santimetr ga o‘zgaradi? Moyning zichligi 800 kg/m^3 .

23.23. Tutash idishlarda simob bor. Bir idishning kesim yuzasi boshqa-sining kesim yuzasidan ikki marta katta. Keng idishga suv quyib, uni oxirigacha to‘ldirishadi. Boshqa idishdagi simobning sathi necha santimetr ga ko‘tariladi? Dastlab simobning sathi idishning yuqorisidan 39,8 cm pastda bo‘lgan. Simobning zichligi suvning zichligidan 13,6 marta katta.

23.24. Har birining kesimi 20 cm^2 bo‘lgan tutash idishlarda yengil por-shenlar yordamida yopilgan suv bor. Porshenlardan birining ustiga 160 g massali yuk qo‘yiladi. Boshqa idishdagi suvning sathi necha santimetr ga ko‘tariladi?

23.25. Kesimi 100 cm^2 bo‘lgan tutash idishlarda simob bor. Idishlardan biriga 2 kg massali suv quyiladi va uning ichiga 0,72 kg massali brusok tushiriladi. Boshqa idishdagi simob necha millimetr ga ko‘tariladi? Simobning zichligi 13600 kg/m^3 .

23.26. 60 g massali bir jinsli sharcha bo‘sh stakanning ostida yotibdi. Stakanga suyuqlik shunday quyiladiki, bunda sharcha hajmining suyuqlikka botgan qismi uning umumiy hajmidan 6 marta kichik bo‘lib qoladi. Suyuqlikning zichligi sharcha materialining zichligidan 3 marta katta. Sharchaning stakan tubiga bosim kuchini (mN da) toping. $g=10\text{m/s}^2$.

23.27. Uzunligi 2 m va ko'ndalang kesim yuzasi 100 cm^2 bo'lgan alyu-miniyli silindr suv havzasidan o'zgaras tezlik bilan asta-sekin tortib chiqariladi. Havzadan silindr uzunligining 0,25 ga teng qismi chiqqan paytda arqon uzilib ketdi. Arqonning maksimal tarangligini aniqlang. Alyuminiyning zichligi 2700 kg/m^3 , $g=10\text{m/s}^2$.

23.28. Ipning bir uchi tubga, ikkinchisi esa probkali po'kakka mahkam-langani. Bunda po'kakning butun hajmining 75% i suvga botgan. Agar po'kakning massasi 2 kg ga teng bo'lsa, ipning taranglik kuchini aniqlang. Po'kakning zichligi 300 kg/m^3 , $g=10\text{m/s}^2$.

23.29. Ichida suvi bor va yuzasi 300 cm^2 bo'lgan baland silindrik idish ichida balandligi 20 cm va asosining yuzasi 100 cm^2 bo'lgan, 400 kg/m^3 zichlikdagi materialdan yasalgan silindr vertikal holda suzmoqda. Agar suv sathining boshlang'ich balandligi 20 cm bo'lsa, silindrni idish tubiga tekkizish uchun qanday ish (mJ da) bajarish kerak? $g=10\text{m/s}^2$.

23.30. Ichida suvi bor va yuzasi 200 cm^2 bo'lgan chuqur silindrik idish ichida balandligi 20 cm va asosining yuzasi 100 cm^2 bo'lgan, 500 kg/m^3 zichlikdagi materialdan yasalgan silindr vertikal holda suzmoqda. Agar dastlab suvning sathi idishning yuqori chetidan 2 cm pastda bo'lsa, silindrni suvga to'liq botirish uchun qanday ish (mJ da) bajarish kerak? $g=10\text{m/s}^2$.



❖ $P = P_0 + \gamma h + \frac{\rho v^2}{2} = const$ (24.1) Bu Bernulli tenglamasi bo'lib, siqiluvchan bo'lmagan suyuqlikning stasionar oqimi uchun dinamikaning asosiy qonunining ko'rinishidir.

Bunda $-P_0$ suyuqlik zarrachasiga ta'sir qiluvchi statistik bosim, γh -bosimning h -ga bog'liq holda o'zgarishi bo'lib, gidrostatik bosim, $\frac{\rho v^2}{2}$ -dinamik bosim deyiladi, bu yerda solishtirma og'irlik $\gamma = \rho g$.

❖ Gorizontal truba bo'yicha suyuqlik uchun $h=0$ bo'lgani uchun

$$P = P_0 + \frac{\rho v^2}{2} = const \quad (24.2)$$

❖ Trubadan oqib chiqayotgan suv oqimining tezligi

$$v = \sqrt{\frac{2\gamma}{\rho}(h_0 - h)} = \sqrt{2gh_0} \quad (24.3) \text{ Bu Torlichelli formulasidir.}$$

❖ Reynolds soni $R_e = \frac{vl\rho}{\eta}$ (24.4)

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1- masala: Agar bo'yoq pultidan 25 m/s tezlik bilan suyuq bo'yoq oqib chiqayotgan bo'lsa, kompressor bo'yoq pultida qanday bosim hosil qiladi? Bo'yoqning zichligi $0,8 \text{ g/sm}^3$ ga teng.

Yechish. Bu masala Bernulli tenglamasiga binoan yechiladi:

$$P = P_0 + \gamma h + \frac{\rho v^2}{2} = const. \text{ Masala shartiga binoan } h=0$$

bo'lganligi uchun $P = \frac{\rho v^2}{2}$ formula bilan ishlaymiz:

$$P = \frac{\rho v^2}{2} = 250 \text{ kPa}$$

2- masala: Silindrsimon idishning asosida $d=1 \text{ sm}$ diametrlilik doiraviy teshik bor. Idishning diametri $D=0,5 \text{ m}$. Idishdagi suv sathining pasayish tezligi v ning suv sathining balandligi h ga bog'lanishi topilsin. $h=0,2 \text{ m}$ balandlik uchun bu tezlikning son qiymati topilsin.

Yechish. Bernulli teoremasiga binoan $\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh = \frac{\rho v_2^2}{2}$ yoki $v_1^2 + 2gh = v_2^2$; bu yerda v_1 - suv sathining pasayish tezligi; v_2 - teshikdan chiqayotgan suv tezligi; uzluksizlik tenglamasidan $S_1 v_1 = S_2 v_2$; $v_2 = \frac{S_1 v_1}{S_2}$; bu yerda S_1 idish sirtining yuzi, S_2 teshik sirtining yuzi. $v_1 = \frac{S_2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$;

$$S_2 = \frac{\pi D^2}{4}; S_1 = \frac{\pi d^2}{4}, v_1 = \frac{d^2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{D^4 - d^4}};$$

$$d^4 \ll D^4; v_1 \approx \frac{d^2 \sqrt{2gh}}{D^2}. v_1 = 0,8 \text{ mm/s}$$

3-masala: Balandligi $h = 1$ m bo'lgan silindrsimon bakka suv to'ldirilgan. 1) Bakning tubidagi teshikdan qancha vaqtda suv to'liq oqib chiqadi? Teshikning ko'ndalang kesim yuzi bakning ko'ndalang kesim yuzidan 400 marta kichik. 2) Bu topilgan vaqtni, bakdagi suvning sathi teshikdan $h=1$ m balandlikda o'zgarish holda saqlanganda (suv to'ldirib turilganda) teshikdan o'shancha suv oqib tushgungacha ketgan vaqt bilan solishtiring.

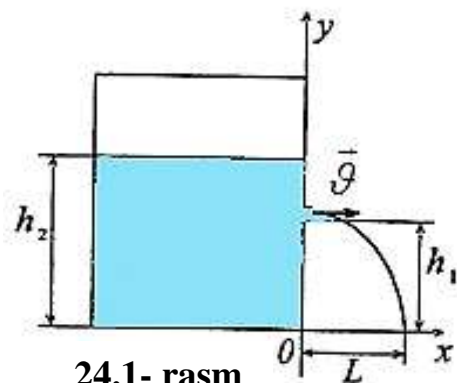
Yechish. 2- masalada keltirib chiqarilgan formuladan foydalanamiz: $v_1 = \frac{S_2 \sqrt{2gx}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$; bu yerda x suv sathining o'zgarishi. dt vaqt

ichida suv sathi kamayadi: $dx = v \cdot dt = \frac{S_2 \sqrt{2g}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}} \sqrt{x} dt$; $t =$

$$\frac{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}{S_2 \sqrt{2g}} \int_0^h \frac{dx}{\sqrt{x}}; t = \frac{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}{S_2 \sqrt{2g}} 2\sqrt{x} \Big|_0^h; t = \frac{\sqrt{2gh} \cdot \sqrt{S_1^2 - S_2^2}}{S_2 \sqrt{2g}}; t = 3 \text{ min}$$

4- masala: Idishga har 1 sek da $0,2$ l suv quyila boriladi. Bunda idishdagi suvning sathi $h = 8,3$ sm, balandlikda o'zgarishdan qolishi uchun idish tubidagi teshikning d diametri qanday bo'lishi kerak?

Yechish. Idishdagi suv sathi o'zgarishdan qolishi uchun tushayotgan suv va chiqayotgan vaqt birligidagi suv hajmi bir xil miqdorda bo'ladi: $V_t = \frac{V}{t} = \frac{Sl}{t} = \frac{Sv t}{t} = Sv$; $v = \frac{V_t}{S}$; $S =$



24.1- rasm

$\frac{\pi d^2}{4}$; s- teshikning yuzi, suyuqlik tezligi esa $v = \frac{4V_t}{\pi d^2}$. Bernulli tenglamasiga binoan $\frac{\rho v^2}{2} = \rho gh$, bundan tezlikni topsak: $v = \sqrt{2gh}$. Endi ikkala tezlik tenglamasini tenglashtirib diametrini topib olamiz:

$$\frac{4V_t}{\pi d^2} = \sqrt{2gh}; d = \sqrt{\frac{4V_t}{\pi\sqrt{2gh}}} = 1,4 \text{ sm}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

24.1. Sharcha zichligi materialining zichligidan 4 marta katta zichlikli suyuqlikning ichidan o'zgaras tezlik bilan chiqib kelmoqda. Chiqib kelayotgan sharchaga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi, bu sharchaning og'irligidan necha marta katta?

24.2. Trubaning ko'ndalang kesimidan yarim soatda 0,51 kg karbonat angidrid gazi oqib o'tganligi ma'lum bo'lsa, trubadagi gazning oqim tezligi topilsin. Gazning zichligini 7,5 kg/m³ ga teng deb olinsin. Trubaning diametri 2 sm ga teng.

24.3. Stol ustidagi suvli idishning yon sirtida idishning asosidan h_1 masofada va suvning sathidan h_2 masofada joylashgan teshigi bor. Idishdagi suvning sathi har doim o'zgaras saqlanadi. Suv stolga (gorizontal bo'ylab) qanday masofada tushadi? Masala 1) $h_1 = 25$ sm va $h_2 = 16$ sm, 2) $h_1 = 16$ sm va $h_2 = 25$ sm hollar uchun yechilsin.

24.4. Tepkisi bosilganda otilmasligi uchun 7 mm kalibrli havo pistoletini suvga qanday chuqurlikka botirish kerak? Pistolet stvolining uzunligi 22 sm, o'qning massasi 7 g, havoda otilgan o'qning stvoldan chiqish tezligi 27 m/s deb oling.

24.5. Hajmi 2,4 m³ bo'lgan temir-beton plitani 0,5 m/s² tezlanish bilan suvdan ko'tarib olayotgandagi tros tarangligini aniqlang. Peshona qarshilikni hisobga olmang. Temir-betonning zichligi 2200 kg/m³.

24.6. Massasi 50 t bo'lgan yukni ko'tarishda kichik porshen 1,5 min vaqt ichida 100 marta yurish qilgan bo'lsa, porshenlarning yuzlari 1:100 nisbatda bo'lgan gidravlik pressni harakatga keltiruvchi dvigatelning FIK ni toping. Kichik porshen yurishi 20 sm. Dvigatelning quvvati 2 kW.

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

24.8. Suvli idish yuqoriga yo‘nalgan $1,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan vertikal ravishda harakat qilmoqda. 20 sm chuqurlikdagi bosimni aniqlang.

24.9. Keng silindrsimon idishga 75 sm balandlikkacha suv to‘ldirilgan bo‘lib, idish devorida ochilgan ikkita teshikdan suv tizillab oqib chiqmoqda. Pastki teshik idish tubidan 25 sm balandlikda joylashgan. Ikkala teshikdan chiqayotgan suv sharralari idish tubi bilan barobar joylashgan gorizontal tekislikni bir nuqtada kesib o‘tayotgan bo‘lsa, yuqori teshik qanday balandlikda joylashgan?

24.10. Parovozning tenderidagi uzunligi 4 m bo‘lgan bak suv bilan to‘ldirilgan. Bakning orqa devorida, suv sathidan 1 m pastda hosil bo‘lgan teshikdan suv oqib chiqmoqda. Agar parovoz $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qiloyotgan bo‘lsa, teshikdan chiqayotgan suv oqimining tezligini toping. Parovoz shunday tezlanish bilan tormozlanganda oqim tezligi qanday bo‘ladi?

24.11. Suv bilan to‘ldirilgan keng idish devoridagi 0,1 m balandlikda joylashgan, kesim yuzasi 2 sm^2 bo‘lgan teshikdan suv oqib chiqmoqda. Idishga yuqoridan tushirilgan turubadan kelib turgan suv tufayli idishdagi suv sathi o‘zgarmay turibdi. Teshikdan chiqayotgan suv idish chetidan 0,5 m masofada, idish tubi bilan barobar sathda joylashgan nuqtaga etib borishi uchun idishga har sekundda qancha suv quyilib turishi kerak?

24.12. To‘g‘ri burchakli qilib bukilgan 4 sm^2 kesimli quvurdan suv oqib turibdi. Agar suvning har sekundagi sarfi 2 kg/s bo‘lsa, quvurga suv qanday kuch bilan ta‘sir qiladi?

24.13. Oqib chiqayotgan suvning tezligi 10 m/s bo‘lishi uchun gorizontal joylashgan suvpurkagichning porsheniga qanday kuch qo‘yish kerak? Porshen radiusi 2 sm. Ishqalanishni hisobha olmang.

24.14. Agar avtomobilning old sirti 3 m^2 bo‘lsa u 144 km/h tezlik bilan harakatlanayotganda urilayotgan havo oqimi qanday qarshlik ko‘rsatadi? Peshona qarshilik koeffisiyenti 0,6 deb oling.

24.15. Motosiklchi ro‘parasidan 10 m/s tezlikda shamol esayotganda 20 m/s tezlik bilan harakatlangan bo‘lsa, motosikl dvigatelining quvvati qanday bo‘lgan? Motosiklchining motosikl bilan birgalikdagi massasi 200 kg, ishqalanish koeffisiyenti $\mu=0,2$ va old sirtining umumiy yuzasi $1,2 \text{ m}^2$, deb oling.

24.16. Agar elektropoyezd old sirtining yuzasi 10 m^2 bo'lsa, u 100 km/h tezlik bilan harakatlanayotganda urilayotgan havo oqimining quvvatini toping.

24.17. Gorizontall 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 trubkalardagi suv sathlari farqini toping.

24.18. Gorizontall joylashgan o'zgaruvchan kesimli quvurning tor qismining radiusi keng qismining radiusidan 3 marta kichik, keng va tor qismlardagi bosimlar farqi esa 10 kPa . Quvurning keng qismida suvning oqish tezligini aniqlang.

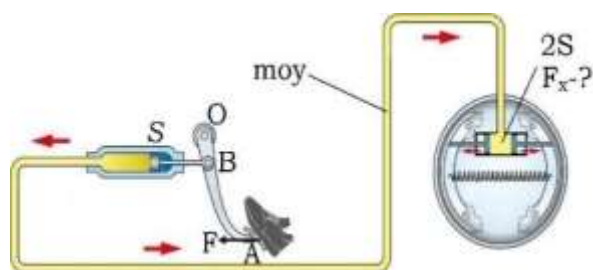
24.19. Yurakning har bir urishida chap qorinchasi qisqarib 70 g massali qonni 26 kPa bosim ostida aortaga haydab chiqarsa, 1 min vaqt ichida taxminan 75 marta qaisqaradigan yurakning quvvatini toping.

24.20. Hajmi 2 m^3 bo'lgan suvni o'zgaruvchan kesimli gorizontall quvur bo'ylab 50 kPa bosimli kesimdan 20 kPa bosimli kesimga ko'chirishda bajarilgan ishni toping.

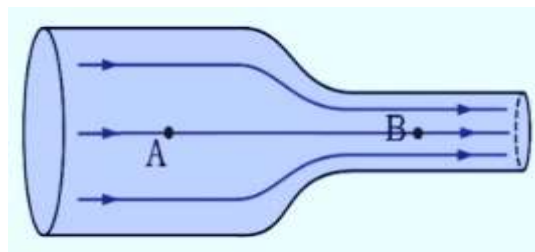
24.21. Havoda 10 m/s tezlik bilan harakatlanyotgan $0,5 \text{ m}$ diametrlilik sharchaga qanday qarshilik kuchi ta'sir qiladi? Shar uchun peshona qarshilikning koeffitsiyenti $0,25$ deb oling.

24.22. Diametri 2 sm bo'lgan quvurdagi suv oqimi laminarligicha qolishi uchun uning tezligi eng ko'pi bilan qancha bo'lishi mumkin? Truba uchun Reynolds sonining qiymati 3000 deb oing. Diametri $0,1 \text{ sm}$ bo'lgan quvurdagi mazkur oqim tezligi qanday bo'lishi mumkin?

24.23. Quyida avtomobil tormoz tizimi tasvirlangan. Haydovchi tormoz pedalini F kuch bilan bossa, moy S yuzali porshen bilan haydaladi. $2S$ yuzali porshenlar g'ildirak kolod-kalarini



24.2- rasm

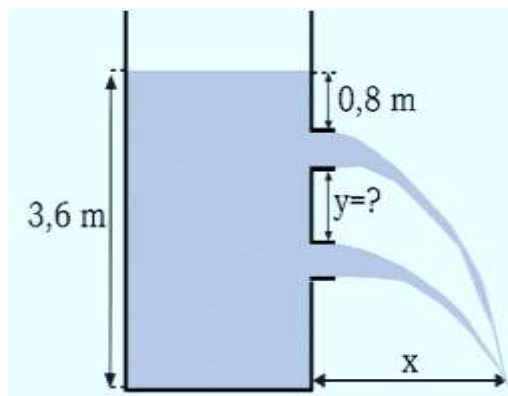


24.4- rasm

qanday F kuch bilan siqadi? Pedal yelkalari uzunligi 5 marta farq qiladi: $OA=5 \cdot OB$.

24.24. Idishning yon devoridagi ikkita teshik-dan otilib chiqayotgan suvlar bir nuqta-ga borib tushmoqda. Teshiklar orasidagi masofani toping(m).

24.25. Gorizonta joylashgan quvurda oqayot-gan suvning A va B nuqtalardagi tezligi $v_A=2$ m/s va $v_B=3$ m/s. A va B nuqta-larda statik bosimlar farqi necha Paskalga teng?



24.3- rasm



❖ Garmonik tebranishlarda tebranuvchi kattaliklar vaqt o'tishi bilan sinus yoki kosinus qonuniyatlariga bo'ysungan holda o'zgarishi kuzatiladi: $y = A \sin(\omega t + \varphi)$ (25.1), A - tebranuvchi kattalikning amplitudasi (maksimal siljishi), $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ -doiraviy yoki tsiklik chastota, φ $t=0$ vaqtdagi tebranishning boshlang'ich fazasi, $\omega t + \varphi$; t - vaqtdagi tebranish fazasi.

Tezlik bu koordinatadan olingan birinchi tartibli hosilaga teng:

$$v = \frac{dy}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \quad (25.2)$$

❖ Tezlanish bu koordinatadan ikkinchi tartibli, tezlikdan birinchi tartibli olingan hosilaga teng.

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 y \quad (25.3)$$

❖ x o'qida tebranishlar kuzatilsa ham yuqoridagi qonunlar asosida tebranadi: $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ (25.4)

❖ Garmonik tebranishlarning *differentsial tenglamasi*

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0, \quad \ddot{y} + \omega^2 y = 0 \quad (25.5)$$

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1-masala: $x = A \sin \omega(t + \tau)$ tenglama bilan berilgan tebranishning davri, chastotasi va boshlang'ich fazasi aniqlansin.

Bunda $\omega = 2,5\pi \text{ s}^{-1}$, $\tau = 0,4 \text{ s}$.

Yechish. Berilgan tebranish tenglamasini garmonik tenglama

$x = A \sin(\omega t + \varphi)$ (1) ni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$x = A \sin(\omega t + \omega\tau)$ (2). (1) va (2) larni solishtiramiz

$\varphi = \omega\tau$, $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$, $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$ berilganlarni formulalarga qo'yamiz:

$$\varphi = 2,5\pi \cdot 0,4 \text{ rad} = \pi \text{ rad}$$

$$\nu = \frac{2,5\pi}{2\pi} \text{ s}^{-1} = 1,25 \text{ s}^{-1} = 1,25 \text{ Hz}, \quad T = \frac{2\pi}{2,5\pi} \text{ s} = 0,8 \text{ s}$$

2-masala. Nuqta $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$ qonun bo'yicha tebranadi, bunda $A = 2 \text{ sm}$. Agar $x(0) = -\sqrt{3} \text{ sm}$ va $x(0) < 0$ bo'lsa, boshlang'ich faza φ aniqlansin. $t=0$ on uchun vektorli diagramma tuzilsin.

Yechish. Harakat tenglamasidan foydalanamiz va $t=0$ ondagi siljishni boshlang'ich faza orqali ifodalaymiz: $\ddot{x}(0) = A\cos\varphi$. Bundan boshlang'ich fazani topamiz: $\varphi = \arccos \frac{x(0)}{A}$.

Bu ifodaga $x(0)$ va A larning berilgan qiymatlarini qo'ysak:

$$\varphi = \arccos\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right).$$

Argumentning $\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$ qiymatini burchakning ikkita, $\varphi = 5\pi/6$ va $\varphi = 7\pi/6$ qiymatlari qanoatlantiradi. φ burchakning bu qiymatlaridan qaysi biri $x(0) < 0$ shartni ham qanoatlantirishini aniqlash uchun avval $\dot{x}(t)$ ni topamiz:

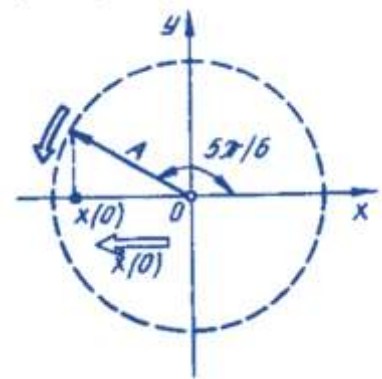
$$\dot{x}(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi).$$

Bu ifoda $t=0$ qiymatni va navbat bilan boshlang'ich fazalarning qiymatlari $\varphi_1 = 5\pi/6$ va $\varphi_2 = 7\pi/6$ larni qo'yib, quyidagilarni topamiz:

$$\dot{x}_1(0) = -\frac{1}{2}A\omega \text{ va } \dot{x}_2(0) = \frac{1}{2}A\omega.$$

Har doim $A > 0$ va $\omega > 0$ bo'lganligidan $x(0) < 0$ shartni faqat boshlang'ich fazaning birinchi qiymatigina qanoatlantiradi. Shunday qilib izlanayotgan boshlang'ich faza $\varphi = 5\pi/6$.

φ ning topilgan qiymati bo'yicha vektor diagrammani tuzamiz (25.1-rasm).



25.1- rasm

Mustaqil ishlash ushun masalalar.

25.1. Kosinuslar funksiyasi asosida, garmonik tebranayotgan nuqta harakat boshlanishdan qancha vaqt o'tgach, muvozanat vaziyatdan $1/2$ amplitudaga teng siljiydi. Tebranish davri 6 sekund va boshlang'ich faza nolga teng.

25.2. Amplitudasi 5 sm, davri 4 sekund bo'lgan garmonik tebranayotgan nuqtaning maksimal tezligini va uning maksimal tezlanishini toping. $\pi=3$ deb olinsin.

25.3. Chastotasi 3 Hz, tebranishlarning boshlang'ich fazasi $\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$ va amplitudasi $A=5$ sm bo'lgan, garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing.

25.4. Agar, moddiy nuqta bir tebranish davrida 48sm yo'l yursa, tebranishlar amplitudasi qanday bo'ladi?

25.5. Nuqtaning tebranish tenglamasi $x = A\cos\omega(t + \tau)$ ko‘rinishiga ega, bunda $\omega = \pi \cdot s^{-1}$, $\tau = 0,2s$. Tebranish davri va boshlang‘ich fazasi aniqlansin.

25.6. $x = A\sin\omega(t + \tau)$ tenglama bilan berilgan tebranishning davri, chastotasi va boshlang‘ich faza aniqlansin. Bunda $\omega = 2,5\pi \cdot s^{-1}$, $\tau = 0,4s$.

25.7. Nuqta $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ qonun bo‘yicha tebranadi, bunda $A=4$ sm. Agar 1) $x(0)=2$ sm va $\dot{x}(0) < 0$; 2) $x(0)=2\sqrt{2}$ sm va $\dot{x}(0) < 0$; 3) $x(0)=2$ sm va $\dot{x}(0) > 0$; 4) $x(0)=-2\sqrt{2}$ sm va $\dot{x}(0) > 0$ bo‘lsa, boshlang‘ich faza aniqlansin.

25.8. Nuqta $x = A\sin(\omega t + \varphi)$ qonun bo‘yicha tebranadi, bunda $A=4$ sm. Agar 1) $x(0)=2$ sm va $\dot{x}(0) < 0$; 2) $x(0)=2\sqrt{2}$ sm va $\dot{x}(0) > 0$; 3) $x(0)=-2\sqrt{2}$ sm va $\dot{x}(0) < 0$; 4) $x(0)=-2\sqrt{3}$ sm va $\dot{x}(0) > 0$ bo‘lsa, boshlang‘ich faza aniqlansin.

25.9. Nuqta $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ qonun bo‘yicha tebranmoqda, bunda $A= 2$ sm; $\omega = \pi \cdot s^{-1}$; $\varphi = \frac{\pi}{4}$ rad. 1) siljishning $x(t)$; 2) tezlikning $\dot{x}(t)$; 3) tezlanishning $\ddot{x}(t)$ vaqtga bog‘liqlik grafigi tuzilsin.

25.10. Nuqta $A=4$ sm amplituda va $T=2$ s davr bilan tebranmoqda. $t=0$ momentda siljish $x(0)=0$ va $\dot{x}(0) < 0$ deb hisoblab, bu tebranishlarning tenglamasi yozilsin. Vaqtning quyidagi ikki momenti uchun faza aniqlansin: 1) siljish $x= 1$ sm va $\dot{x} > 0$ bo‘lganda, 2) tezlik $\dot{x} = -6$ sm/s va $x < 0$ bo‘lganda.

25.11. Nuqta aylana bo‘ylab 6 s davr bilan soat milining yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda tekis harakat qilmoqda. Aylananing diametri 20 sm. Agar boshlang‘ich moment deb qabul qilingan paytda nuqtaning x o‘qidagi proyeksiyasi nolga teng bo‘lsa, nuqtaning aylana markazidan o‘tuvchi x o‘qidagi proyeksiyasining harakat tenglamasi yozilsin. $t=1$ s momenti uchun nuqta proyeksiyasining siljishi, tezligi va tezlanishi topilsin.

25.12. Agar 1 minutda 150 tebranish bo‘lib, tebranishlarning boshlan-g‘ich fazasi 45^0 ga teng va amplitudasi 5 sm bo‘lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing. Shu harakat grafigini chizing.

25.13. Amplitudasi 0,1 m, davri 4 s va boshlang‘ich fazasi nolga teng bo‘lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing.

25.14. Garmonik tebranishlar amplitudasi 50 mm, davri 4 s va boshlang‘ich fazasi $\frac{\pi}{4}$ 1) Mazkur tebranishning tenglamasini yozing. 2)

$t=0$ va $t=1,5$ s bo'lganda tebranayotgan nuqtaning muvozanat vaziyatdan siljishini toping. 3) Bu harakat grafigini chizing.

25.15. Tebranishlarning boshlang'ich fazasi: 1) 0; 2) $\frac{\pi}{4}$ 3) π 4) $\frac{3\pi}{4}$ 5) 2π bo'lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing. Tebranishlar amplitudasi 5 sm va tebranishlar davri 8 sek. Bu hollarning hammasi uchun tebranishlar grafigini chizing.

25.16. Garmonik tebranayotgan nuqta harakat boshlanishidan qancha vaqt o'tgach muvozanat vaziyatdan yarim amplitudaga teng siljiydi? Tebranish davri 24 s, boshlang'ich faza nolga teng.

25.17. Garmonik tebranishlarning boshlang'ich fazasi nolga teng. Davrning qanday qismini o'tgach nuqtaning tezligi maksimal tezligining yarmiga teng bo'ladi?

25.18. $x=7\sin 0,5t$ tenglama bo'yicha tebranma harakat qilinayotgan nuqta harakat boshlanganidan qancha vaqt o'tgach muvozanat vaziyatdan maksimal siljishga qadar yo'lni o'tadi. 1s

25.19. Garmonik tebranish amplitudasi 5 sm, davri 4 sekundga teng. Tebranayotgan nuqtaning maksimal tezligini va tezlanishini toping.

25.20. Nuqtaning harakat tenglamasi $x = 2\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4})$ sm ko'rinishda berilgan. 1) Tebranishlar davrini, 2) nuqtaning maksimal tezligini, 3) uning maksimal tezlanishini toping.

25.21. Nuqtaning harakat tenglamasi $x = \sin \frac{\pi}{6}t$ ko'rinishda berilgan. Maksimal tezlik va maksimal tezlanishlarga erishiladigan vaqt paytlarini toping.

25.22. Nuqta garmonik tebranadi. Tebranishlar davri 2 sek, amplitudasi 50 mm, boshlang'ich fazasi nolga teng. Nuqtaning muvozanat vaziyatidan 25 mm ga siljigan paytdagi tezligini toping.

25.23. Tebranishlar chastotasi 440 Hz bo'lsa, moddiy nuqta 5 s ichida necha marta to'liq tebranadi?

25.24. Garmonik tebranishlar $x = A\sin \omega t$ qonun bo'yicha sodir bo'ladi. $\frac{\pi}{6}$ rad fazada siljish 4 sm ga teng. Tebranishlar amplitudasini (cm da) aniqlang.

25.25. Torning nuqtasi 1 kHz chastota bilan tebranadi. Agar tebranishlar amplitudasi 1 mm bo'lsa, shu nuqta 1,2 s da qanday yo'lni (sm da) bosib o'tadi?

25.26. Prujinaga osilgan sharcha $x = A \sin \frac{\pi}{4} t$ qonun bo'yicha tebranadi. Harakat boshlanganidan so'ng, sharcha necha sekund ichida o'z tebranishlarining amplitudasiga son jihatdan teng bo'lgan yo'lni bosib o'tadi?

25.27. Prujinaga osilgan sharcha $x = A \cos \frac{\pi}{16} t$ qonun bo'yicha tebranadi. Harakat boshlanganidan so'ng, sharcha necha sekund ichida o'z tebranishlarining uchta amplitudasiga son jihatdan teng bo'lgan yo'lni bosib o'tadi?

25.28. Prujinaga osilgan yukcha 2 cm amplituda bilan to'g'ri chiziq bo'ylab tebranadi. Tebranishlar davri 2 s. Muvozanat vaziyatidan boshlab muvozanat vaziyatidan maksimal og'ishgacha bo'lgan oraliqda yuk harakatining o'rtacha tezligini (cm/s da) aniqlang.

25.29. Tebranayotgan nuqtaning amplitudaning birinchi yarmini bosib o'tish vaqti ikkinchi yarmini bosib o'tish vaqtidan necha marta kichik? Tebranishlar $x = A \sin \omega t$ qonun bo'yicha yuz beradi.

25.30. Nuqtaning garmonik tebranishlari amplitudasi 6 sm, maksimal tezligi esa 1,2 m/s bo'lsa, tebranishlarning siklik chastotasi qanchaga teng?

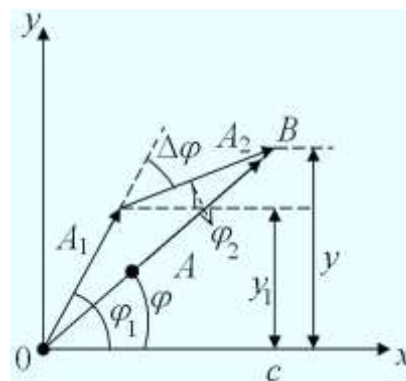


❖ **Bir yo'nalishdagi tebranishlarni qo'shish.**

Jism chastotalari bir xil, amplituda va fazalari farq qiladigan ikkita

$y_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$, $y_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$ tebranishlarda ishtirok etadi, deb hisoblaymiz.

Tebranishlarni vektorlar diagrammasi usulidan foydalanib qo'shish qulaydir (26.1 - rasm). \vec{A}_1 va \vec{A}_2 vektorlar bir xil ω burchak tezlik bilan aylanishlari sababli, fazalar siljishi doimo o'zgarmasdir. Natijaviy tebranish tenglamasi quyidagichadir:



26.1- rasm

$$y + y_1 + y_2 = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (26.1)$$

❖ Bir xil chastotali, bir chiziq bo'ylab ro'y beradigan ikki tebranishning qo'shilishi natijasida hosil bo'ladigan natijaviy tebranishning amplitudasi:

$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$ (26.2) formula bilan aniqlanadi; bu yerda A_1 va A_2 - qo'shiluvchi tebranishlarning amplitudalari; φ_1 va φ_2 - ularning boshlang'ich fazalari.

❖ Natijaviy tebranishlar boshlang'ich fazasi φ quyidagi formuladan topiladi:
$$tg \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} \quad (26.3)$$

❖ Tebranish yo'nalishi bir xil, chastota, amplituda va boshlang'ich fazalari har xil bo'lgan ikkita tebranishlarni qo'shish.

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) \\ y_2 &= A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2) \end{aligned} \right\} \quad (26.4)$$

Faraz qilaylik, $\omega_2 > \omega_1$ bo'lsin. Bu holda, tebranishlarni qo'shishni analitik usul bilan amalga oshirish qulaydir. (26.4) - ifodadagi ikkita tenglikni qo'shsak, natijaviy tebranish:

$$y + y_1 + y_2 = 2A_0 \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right) \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t + \varphi\right) \quad (26.5)$$

bu yerda $\sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t + \varphi\right)$ (26.6)-davriy ko'paytmadir, $A = \left| 2A_0 \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \right|$

(26.6)-natijaviy tebranishning amplitudasidir.

❖ Amplitudalari A_1 va A_2 boshlang'ich fazalari φ_1 va φ_2 bo'lgan, ikkita o'zaro tik tebranishlarda ishtirok etadigan nuqta trayektoriyasining tenglamasi

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (26.7)$$

❖ Agar tashkil etuvchi tebranishlarning boshlang'ich fazalari φ_1 va φ_2 bir xil bo'lsa, u holda trayektoriyaning tenglamasi $y = \frac{A_2}{A_1} x$ yoki $y = -\frac{A_2}{A_1} x$ (26.8) ko'rinishni oladi, yani nuqta to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanadi.

❖ Agar fazalar farqi $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, tenglama $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$ (26.9) ko'rinishni oladi, yani nuqta ellips bo'ylab harakatlanadi.

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1- masala: $x_1 = A_1 \cos\omega(t + \tau_1)$; $x_2 = A_2 \cos\omega(t + \tau_2)$;

Tenglamalar bilan ifodalanadigan, bir xil yo'nalishli ikkita tebranishni qo'shing. Bunda $A_1=1\text{ sm}$, $A_2=2\text{ sm}$, $\tau_1 = \frac{1}{6}\text{ s}$; $\tau_2 = \frac{1}{2}\text{ s}$ $\omega = \pi\text{ s}^{-1}$

1) Qo'shiluvchi tebranishlarning boshlang'ich fazalari φ_1 va φ_2 lar aniqlansin;

2) Natijaviy tebranishlarning amplitudasi A va boshlang'ich fazasi φ topilsin. Natijaviy tebranishning tenglamasi yozilsin.

Yechish. 1. Garmonik tebranishning tenglamasi

$x = A \cos(\omega t + \varphi)$ (1) ko'rinishga ega. Masala shartida berilgan tenglamalarni shunday ko'rinishga keltiramiz:

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \omega\tau_1), \quad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \omega\tau_2), \quad (2)$$

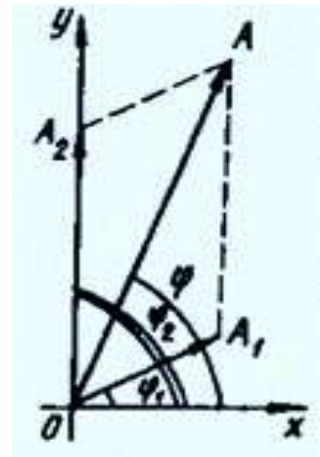
(2) ifodani (1) tenglik bilan solishtirishdan birinchi va ikkinchi tebranishlarning boshlang'ich fazalarini topamiz:

$$\varphi_1 = \omega\tau_1 = \frac{\pi}{6} \text{ rad} \text{ va } \varphi_2 = \omega\tau_2 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}.$$

2. Natijaviy tebranishning amplitudasi A ni aniqlash uchun 26.2 -rasmda tasvirlangan vektor diagrammadan foydalanib kosinuslar teoremasiga binoan quyidagini olamiz:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi}, \quad (3)$$

Bu yerda $\Delta\varphi$ – qo‘shiluvchi tebranishlarning fazalar farqi. $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ bo‘lganidan, φ_2 va φ_1 larning topilgan qiymatlarini o‘rniga qo‘ysak, $\Delta\varphi = \frac{\pi}{3}$ pad.



26.2- rasm

A_1 , A_2 va $\Delta\varphi$ larning qiymatlarini (3) formulaga qo‘yib hisoblashlarni bajarsak, $A=2,65$ sm

Natijaviy tebranishning boshlang‘ich fazasi tangensini bevosita 26.2-rasmdan aniqlaymiz:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}, \text{ bundan boshlang‘ich faza}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$$

A_1 , A_2 , φ_1 , φ_2 larning qiymatlarini qo‘yamiz va hisoblaymiz:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{5}{\sqrt{3}} \right) = 70.9 = 0.394 \pi \text{ rad.}$$

Qo‘shiluvchi tebranishlarning burchak chastotalari bir xil bo‘lganligi tufayli, natijaviy tebranish ham shunday ω chastotaga ega bo‘ladi. Bu natijaviy tebranish tenglamasini quyidagi ko‘rinishda yozishga imkoniyat beradi: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, bunda $A=2,65$ sm, $\omega = \pi c^{-1}$, $\varphi = 0,39 \text{ rad}$.

2- masala: Moddiy nuqta bir paytning o‘zida tenglamalari

$$x = A_1\cos\omega t \quad (1) \quad y = A_2\cos\frac{\omega}{2}t \quad (2)$$

Ko‘rinishda bo‘lgan ikkita o‘zaro tik garmonik tebranishda ishtirok etadi. Bunda $A_1=1$ sm, $A_2=2$ sm, $\omega = \pi c^{-1}$. Nuqta Traektoriyasining tenglamasi topilsin. Masshtabga rioya qilgan holda trayektoriya tuzilsin va nuqta harakatining yo‘nalishi ko‘rsatilsin.

Yechish. Nuqta trayektoriyasining tenglamasini topish uchun, berilgan (1) va (2) tenglamalardan t vaqtni yo‘qotamiz. Bu maqsadda

$\cos(\alpha/2) = \sqrt{\frac{1}{2}(1 + \cos\alpha)}$ formuladan foydalanamiz. Mazkur holda

$$\alpha = \omega t, \text{ shuning uchun } y = A_2\cos\frac{\omega}{2}t = A_2\sqrt{\frac{1}{2}(1 + \cos\omega t)}.$$

(1) formulaga binoan $\cos\omega t = \frac{x}{A_1}$ ekanligidan, trayektoriya tenglamasi

$$y = A_2 \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{x}{A_1}\right)} \quad (3)$$

Hosil qilingan ifoda o'qi O_x o'q bilan mos keluvchi parabola tenglamasidir. (1) va (2) tenglamadan ko'rinib turibdiki, nuqtaning koordinata o'qlari bo'ylab siljishi cheklangan va O_x o'qi bo'yicha -1 dan +1 gacha, O_y o'qi bo'yicha -2 dan +2 gacha oraliqda joylashgan.

Trayektoriyani chizish uchun (3) tenglamaga binoan, x ning $x \leq 1$ sm shartni qanoatlantiruvchi qator qiymatlariga mos keluvchi y ning qiymatlarini topamiz va jadval tuzamiz:

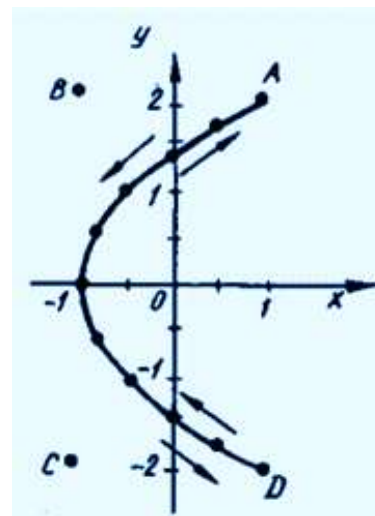
X, sm	-1	-0.75	-0.5	0	+0.5	+1
Y, sm	0	± 0.707	± 1	± 1.41	± 1.73	± 2

Koordinata o'qlarini chizib va masshtab tanlab xOy tekislikda topilgan nuqtalarni qayd etamiz. Ularni silliq chiziq bilan birlashtirib, (1) va (2) tenglamalarga binoan tebranayotgan nuqtaning trayektoriya-sini olamiz (26.3 – rasm).

Nuqtaning harakat yo'nalishini ko'rsatish uchun vaqt o'tishi bilan uning o'rni qanday o'zgarishini kuzatamiz. $t=0$ boshlang'ich onda nuqtaning koordinatalari $x(0)=1$ sm va $y(0)=2$ sm. Vaqtning keying onida, misol uchun $t=1$ s da, nuqtaning koordinatalari o'zgarib

$x(1) = -1$ sm, $y(t)=0$ bo'ladi. Boshlang'ich va keying (yaqin) vaqt onlarida nuqta holatlarini bilib, nuqtaning trayektoriya bo'ylab harakat yo'nalishini ko'rsatish mumkin.

26.3-rasmda bu yo'nalish strelka bilan ko'rsatilgan (A nuqtadan koordinata boshiga tomon). $t=2$ s onda tebranayotgan nuqta D nuqtaga yetgach, teskari yo'nalishda harakatlana boshlaydi.



26.3- rasm

Mustaqil ishlash ushun masalalar

26.1. Ikkita amplitudalari $A_1=10$ sm va $A_2=6$ sm bo'lgan bir xil davrli, bir tomonga yo'nalgan garmonik tebranihslar qo'shib, amplitudasi $A=14$ sm bo'lgan bitta tebranish hosil qiladi. Qo'shiluvchi tebranishlarning fazalar farqi $\Delta\varphi$ topilsin.

26.2. Bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalgan, amplitudalari va davrlari bir xil bo‘lgan ikki garmonik tebranishlar qo‘shilib, shunday amplitudali bitta tebranish hosil qiladi. Qo‘shiluvchi tebranishning fazalar farqi $\Delta\varphi$ topilsin.

26.3. Ikkita bir xil yo‘nalishli va davrli $x_1 = A_1 \sin\omega t$ va $x_2 = A_2 \sin(t + \tau)$ tebranishlarning qo‘shilishi natijasida vujudga kelgan tebranishning amplitudasi A va boshlang‘ich fazasi φ aniqlansin. Bunda $A_1 = A_2 = 1$ sm; $\omega = \pi s^{-1}$; $\tau = 0,5$ s natijaviy tebranishning tenglamasi topilsin.

26.4. Nuqta ikkita bir xil yo‘nalishli $x_1 = A_1 \sin\omega t$ va $x_2 = A_2 \cos\omega t$ tebranishlarda ishtirok etadi. Bunda $A_1 = 2$ sm; $A_2 = 2$ sm, $\omega = 1 s^{-1}$ Natijaviy tebranishning amplitudasi A , uning chastotasi ν va boshlang‘ich fazasi φ aniqlansin. Bu harakatning tenglamasi topilsin.

26.5. Yo‘nalishlari bir xil bo‘lgan bir xil $T_1 = T_2 = 1,5$ s davrli va $A_1 = A_2 = 2$ sm amplitudali ikkita garmonik tebranishlar qo‘shilishadi. Tebranishlarning boshlang‘ich fazalari $\varphi_1 = \pi/2$ va $\varphi_2 = \pi/3$ Natijaviy tebranishning amplitudasi A va boshlang‘ich fazasi φ aniqlansin. Uning tenglamasi topilsin.

26.6. Yo‘nalishlari bir xil bo‘lgan bir xil $T_1 = T_2 = T_3 = 2$ s davrli va $A_1 = A_2 = A_3 = 3$ sm amplitudali uchta garmonik tebranishlar qo‘shilishadi. Tebranishlarning boshlang‘ich fazalar $\varphi_1 = 0$, $\varphi_2 = \pi/3$, $\varphi_3 = 2\pi/3$. Amplitudalar qo‘shilishining vektor diagrammasi tuzilsin. Chizmadan natijaviy tebranishning amplitudasi A va boshlang‘ich fazasi φ aniqlansin. Uning tenglamasi topilsin.

26.7. Ikkita bir xil chastotali va yo‘nalishlari bir xil bo‘lgan $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$ va $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$ garmonik tebranishlar qo‘shilishdi. Vaqtning $t=0$ momenti uchun vektor diagramma chizilsin. Tahliiy (analitik) usul bilan natijaviy tebranishning amplitudasi A va boshlang‘ich fazasi φ aniqlansin. A va φ vektor diagrammaga qo‘yilsin. Natijaviy tebranish tenglamasi (trigonometrik ko‘rinishda kosinus orqali) topilsin. Masala quyidagi ikki hol uchun yechilsin: 1) $A_1 = 1$ sm, $\varphi_1 = \frac{\pi}{3}$; $A_2 = 2$ sm, $\varphi_2 = \frac{5\pi}{6}$; 2) $A_1 = 1$ sm, $\varphi_1 = \frac{2\pi}{3}$; $A_2 = 1$ sm, $\varphi_2 = \frac{7\pi}{6}$.

26.8. Ikkita komerton bir paytda ovoz chiqarmoqda. Ularning tebranish chastotalari ν_1 va ν_2 mos ravishda 440 va 440,5 Hz ga teng. Tepkili tebranish davri T aniqlansin.

26.9. $x_1 = A_1 \sin \omega t$ va $y = A_2 \cos \omega(t + \tau)$ tenglamalar bilan ifodala-nuvchi ikkita o‘zaro tik tebranishlar ustma- ust tushmoqda. Bunda $A_1 = 2 \text{ sm}$, $A_2 = 1 \text{ sm}$, $\omega = \pi \text{ s}^{-1}$, $\tau = 0,5 \text{ s}$. Trayektoriya teng-lamasi topilsin va u nuqtaning harakat yo‘nalishi ko‘rsatilib tuzilsin.

26.10. Nuqta bir paytning o‘zida $x = A_1 \cos \omega t$ va $y = A_2 \cos \omega(t + \tau)$ tenglamalar bilan ifodalanuvchi, o‘zaro tik yo‘nalishlarda ro‘y berayotgan ikkita garmonik tebranishni amalga oshiradi: Bunda $A_1 = 4 \text{ sm}$, $A_2 = 8 \text{ sm}$, $\omega = \pi \text{ s}^{-1}$, $\tau = 1 \text{ s}$. Nuqta troyektoriyasining tenglamasi topilsin va uning harakat grafigi tuzilsin.

26.11. Nuqta bir paytning o‘zida o‘zaro tik yo‘nalishlarda ro‘y beradigan, quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadigan bir xil chastotali ikkita garmonik tebranish amalga oshiradi: 1) $x = A_2 \cos \omega t$ va $y = A \cos \omega t$; 2) $x = A \cos \omega t$ va $y = A_1 \cos \omega t$ 3) $x = \cos \omega t$ va $y = A \cos(\omega t + \varphi_1)$; 4) $x = A_2 \cos \omega t$ va $y = A \cos(\omega t + \varphi_2)$ 5) $x = A_1 \cos t$ va $y = A_1 \sin \omega t$; 6) $x = A \cos \omega t$ va $y = A_1 \sin \omega t$; 7) $x = A_2 \sin \omega t$ va $y = A_1 \sin \omega t$ 8) $x = A_2 \sin \omega t$ va $y = A \sin(\omega t + \varphi_2)$ Nuqta trayektoriyasining tenglamasi topilsin (sakkiz hol uchun) u masshtabga rioya qilinib tuzilsin va harakat yo‘nalishi ko‘rsatilsin. $A = 2 \text{ sm}$, $A_1 = 3 \text{ sm}$, $A_2 = 1 \text{ sm}$; $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$, $\varphi_2 = \pi$ deb qabul qilinsin.

26.12. Nuqta bir paytning o‘zida $x = A_1 \cos \omega t$ va $y = A_2 \sin \omega t$ tenglamalar bilan ifodalanuvchi ikkita o‘zaro tik tebranishlarda ishtirok etadi, bunda $A_1 = 2 \text{ sm}$, $A_2 = 1 \text{ sm}$. Nuqta trayektoriyasining tenglamasi topilsin va u harakat yo‘nalishi ko‘rsatilib tuzilsin.

26.13. Nuqta bir paytning o‘zida o‘zaro tik yo‘nalishlarda ro‘y beradigan va $x = A_1 \sin \omega t$ va $y = A_2 \cos \omega t$ tenglamalar bilan ifodalanadigan ikkita garmonik tebranishni amalga oshiradi: bunda $A_1 = 0,5 \text{ sm}$, $A_2 = 2 \text{ sm}$. Nuqta troyektoriyasining tenglamasi topilsin va u harakat yo‘nalishi ko‘rsatilgan holda tuzilsin.

26.14. Nuqtaning harakati $x = A_1 \sin \omega t$ va $y = A_2 \sin \omega(t - \tau)$ tenglama-lar bilan berilgan; bunda $A_1 = 10 \text{ sm}$, $A_2 = 5 \text{ sm}$. $\omega = 2 \text{ s}^{-1}$, $\tau = \frac{\pi}{4} \text{ s}$. Troyektoriya tenglamasi va vaqtning $t = 0,5 \text{ s}$ momenti uchun nuqtaning tezligi topilsin.

26.15. Moddiy nuqta bir paytning o‘zida $x = A_1 \cos \omega t$ va $y = A_2 \cos 2\omega t$ tenglamalar bilan ifodalanuvchi ikkita o‘zaro tik

tebranishlarda ishtirok etadi; bunda $A_1 = 2$ sm, $A_2 = 1$ sm. Troektoriya tenglamasi topilsin va u tuzilsin.

26.16. Nuqta bir paytning o'zida o'zaro tik yo'nalishlarda ro'y beradigan va quyidagi tenglamalar bilan tavsiflanadigan ikkita garmonik tebranishda ishtirok etadi; 1) $x = A \sin \omega t$ va $y = A \cos 2 \omega t$ 2) $x = A \cos \omega t$ va $y = A \sin 2 \omega t$ 3) $x = A \cos 2 \omega t$ va $y = 2 A \cos \omega t$ 4) $x = A_1 \sin \omega t$ va $y = A \cos \omega t$ Nuqta traektoriyasining tenglamasi topilsin, u masshtabga rioya qilinib tuzilsin va harakat yo'nalishi ko'rsatilsin. $A = 2$ sm $A_1 = 3$ sm deb qabul qilinsin.

26.17. Nuqta bir paytning o'zida $x = A_1 \cos \omega t$, va $y = A_2 \sin 0,5 \omega t$ tenglamalar bilan ifodalanuvchi ikkita o'zaro tik tebranishlarda ishtirok etadi; bunda $A_1 = 2$ sm, $A_2 = 3$ sm. Nuqta troyektoriyasining tenglamasi topilsin va u harakat yo'nalishi ko'rsatilgan holda tuzilsin.

26.18. Ossillograf ekranidagi yarqiroq nuqtaning siljishi quyidagi tenglamalar bilan tavsiflanuvchi ikkita o'zaro tik tebranishlarning qo'shilishi natijasidir; 1) $x = A \sin 3 \omega t$ va $y = A \sin 2 \omega t$ 2) $x = A \sin 3 \omega t$ va $y = A \cos 2 \omega t$ 3) $x = A \sin 3 \omega t$ va $y = A \sin \omega t$

Qo'shishning chizma usulini qo'llab va masshtabga rioya qilib, yarqiroq nuqtaning ekrandagi troyektoriyasi tuzilsin. $A = 4$ sm deb qabul qilinsin.



❖ Garmonik tebranish *dinamikasining qonuni*

$$\vec{F}_y = m\vec{a} = -m\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi) = -m\omega^2 y \quad (27.1)$$

$$\vec{F}_x = m\vec{a} = -m\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi) = -m\omega^2 x \quad (27.2)$$

Garmonik tebranayotgan jismga qo'yilgan kuch siljishga teskari yo'nalgan bo'lib, u jismni muvozanat holatiga qaytarishga intiladi, shu sababli bu kuch - *qaytaruvchi kuch* deb ataladi.

❖ Garmonik tebranish kinetik

parametrlarining vaqtga bog'liq o'zgarishlari

❖ Garmonik qonuniyat bilan tebranayotgan jismning kinetik energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (27.3)$$

❖ Garmonik qonuniyat bilan tebranayotgan jismning kinetik energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \quad (27.4)$$

❖ Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to'liq to'la energiyasi $W =$

$$\frac{1}{2} mA^2 \omega^2 = \frac{1}{2} kA^2 \quad (27.5)$$

❖ Matematik mayatnikning tebranish davri formulasi :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (27.6)$$

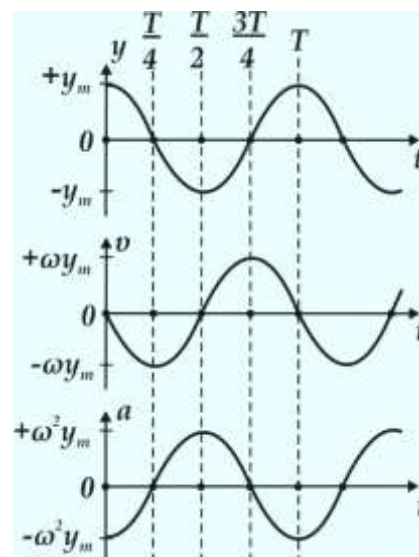
❖ Fizik mayatnikning tebranish davri $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}}$ (27.7)

❖ Elastik prujinaga osib qo'yilgan yukning tebranish tenglamasi

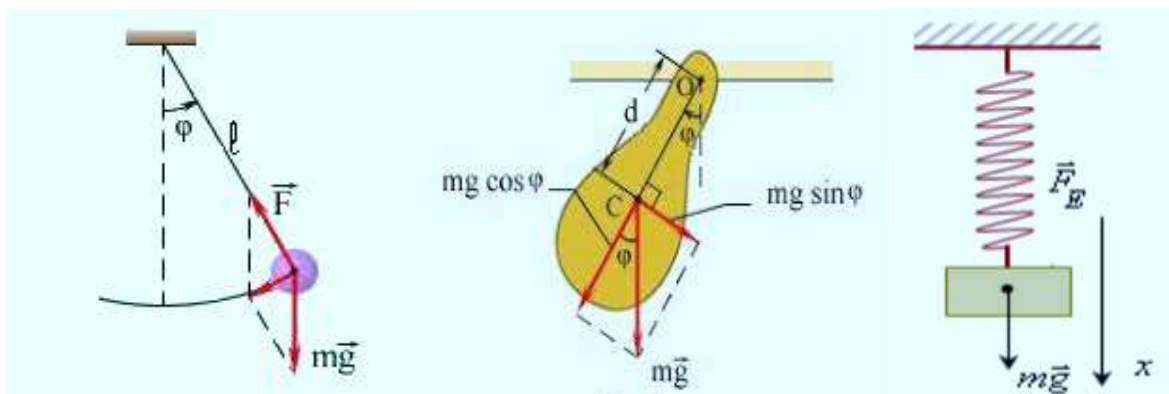
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (27.8)$$

❖ Prujinali mayatnikning tebranish davri formulasi :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (27.9)$$



27.1- rasm



27.2- rasm
Matematik mayatnik

27.3- rasm
Fizik mayatnik

27.4- rasm
Prujinali mayatnik

Masalalarni yechishga doir namunalar.

1- masala. 5 g massali moddiy nuqta 0,5 Hz chastota bilan garmonik tebranadi. Tebranish amplitudasi 3sm. 1) nuqtaning siljish 1,5 sm bo'lgan ondagi tezligi; 2) nuqtaga ta'sir etuvchi maksimal kuch; 3) tebranayotgan nuqtaning to'liq energiyasi aniqlansin.

Yechish. 1. Garmonik tebranish tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega $x=A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ (1)

Tezlik formulasini esa siljishdan vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosila olib topamiz:

$$\vartheta = \dot{x} = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

Tezlikni siljish orqali ifodalash uchun (1) va (2) formulalardan vaqtni yo'qotish kerak. Buning uchun har ikkala tenglamani kvadratga ko'taramiz, birinchini A ga, ikkinchisini $A^2\omega^2$ ga bo'lamiz va ularni qo'shamiz:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{\vartheta^2}{A^2\omega^2} = 1 \text{ yoki } \frac{x^2}{A^2} + \frac{\vartheta^2}{4\pi^2\nu^2 A^2} = 1.$$

Oxirgi tenglamani ϑ ga nisbatan yechib, quyidagini topamiz:

$$\vartheta = \pm 2\pi\nu\sqrt{A^2 - x^2}.$$

Shu formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak:

$$\vartheta = \pm 8,2 \text{ sm/s.}$$

Musbat ishora tezlikning yo'nalishi x o'qining musbat yo'nalishi bilan mos kelgan holda, manfiy ishora esa tezlikning yo'nalishi x o'qining manfiy yo'nalishi bilan mos kelgan holda to'g'ri keladi.

Garmonik tebranishlardagi siljish (1) tenglamadan tashqari quyidagi tenglama bilan ham aniqlanishi mumkin:

$$x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi).$$

Bu tenglama bilan ham yuqoridagi yechishni takrorlasak, shu javobning o'zini olamiz.

2. Nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan topamiz:

$F=ma$, bu yerda a - nuqtaning tezlikdan vaqt bo'yicha hosila olib topiladigan tezlanishi

$$a = \ddot{x} = \frac{d\vartheta}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) \text{ yoki } a = -4\pi^2 \nu^2 A \cos(\omega t + \varphi).$$

Tezlanishning ifodasini (3) formulaga qo'ysak,

$$F = -4\pi^2 \nu^2 mA \cos(\omega t + \varphi).$$

Bundan kuchning maksimal qiymati,

$$F_{max} = 4\pi^2 \nu^2 mA$$

Bu tenglamaga π, ν, m va A kattaliklarining qiymatlarini qo'ysak,

$$F_{max} = 1,49 \text{ mN}.$$

3. Tebranayotgan nuqtaning to'liq energiyasi istalgan vaqt oni uchun kinetik va potentsial energiyalarining yig'indisiga tengdir.

To'liq energiyani hisoblashning eng oson yo'li – uni kinetik energiya maksimal qiymatiga erishgan onida hisoblashdir. Bu onda potentsial energiya nolga teng bo'ladi. Shuning uchun ham tebranayotgan nuqtaning to'liq energiyasi E maksimal kinetik energiya W_{max} ga teng bo'ladi:

$$E = W_{max} = \frac{1}{2} m \vartheta_{max}^2$$

Maksimal tezlikni (2) formulaga $\sin(\omega t + \varphi) = -1$ ni qo'yib aniqlaymiz:

$$\vartheta_{max} = 2\pi \nu A.$$

Tezlikning ifodasini energiyaning formulasiga qo'ysak,

$$E = 2\pi^2 m \nu^2 A^2 .$$

Kattaliklarning qiymatlarini bu formulaga qo'yib, hisoblashlarni o'tkazsak:

$$E = 2 \cdot (3,14)^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (0,5)^2 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 = 22,1 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

2-masala. Uzunligi l m va massasi 400 g bo'lgan ingichka tayoqchanning uchlariga massalari 200 g va 300 g bo'lgan kichkina sharchalar mahkamlangan. Tayoqcha o'ziga tik va o'ziga o'rtasidan o'tuvchi (27.5 –rasmdagi 0 nuqta) gorizontol o'q atrofida tebranadi. Tayoqchanning tebranishlari davri T aniqlansin.

Yechish. Fizik tebrangichning tebranish davri (sharchali tayoqcha shunday tebrangichdir).

$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl_c}}$ (1) munosabat bilan aniqlanadi; bu yerda J -tebrangichning tebranish o'qiga nisbatan inersiya momenti; m -uning massasi; l_c - tebrangichning massa markazidan o'qqacha bo'lgan masofa.

Mazkur tebrangichning inersiya momenti sharchalar energiya momentlari J_1 , J_2 va tayoqchanning J_3 inersiya momentining yig'indisiga teng:

$$J = J_1 + J_2 + J_3 \quad (2)$$

Sharchalarni moddiy nuqtalar sifatida qabul qilib, ularning inersiya momentlarini bunday ifodalaymiz:

$$J_1 = m_1 \left(\frac{l}{2}\right)^2; J_2 = m_2 \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

O'q tayoqchanning o'rtasidan o'tganligi uchun ham, uning bunday o'qqa nisbatan inersiya momenti $J_3 = \frac{1}{12} m_3 l^2$. J_1 , J_2 va J_3 larning olingan ifodalarini (2) formulaga qo'yib, fizik tebrangichning umumiy inersiya momentini topamiz:

$$J = m_1 \left(\frac{l}{2}\right)^2 + m_2 \left(\frac{l}{2}\right)^2 + \frac{1}{12} m_3 l^2 = \frac{1}{12} l^2 (3m_1 + 3m_2 + m_3)$$

Bu formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak, $J = 0,158 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

Tebrangichning massasi sharchalarning va tayoqchanning massasidan iboratdir $m = m_1 + m_2 + m_3 = 0,9 \text{ kg}$.

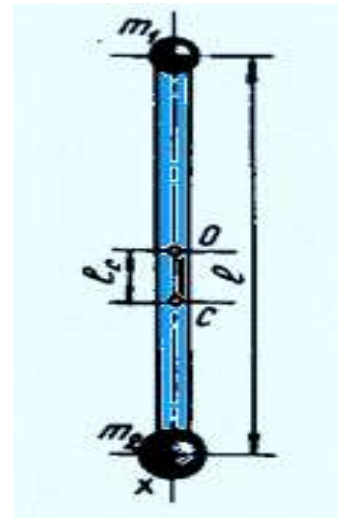
Tebranish o'qidan tebrangichning massa markazigacha bo'lgan l_c masofani quyidagi mulohazalarga asoslanib topamiz. Agar x o'qi tayoqcha bo'ylab yo'naltirilsa va koordinata o'qlarining boshi O nuqta bilan mos keltirilsa, u holda izlanayotgan l_c masofa tebrangich massa markazining koordinatasiga teng bo'ladi, yani

$$l_c = x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 \left(-\frac{l}{2}\right) + m_2 \left(\frac{l}{2}\right) + m_3 \cdot 0}{m_1 + m_2 + m_3}$$

yoki

$$l_c = \frac{(m_2 - m_1)l}{2(m_1 + m_2 + m_3)} = \frac{(m_2 - m_1)l}{2m}$$

m_1 , m_2 , m_3 va l kattaliklarning qiymatini formulaga qo'yib hisoblasak, $l_c = 5,55 \text{ sm}$.



27.5- rasm

(1) Formulaga asosan hisob-kitob o'tkazib, fizik tebrangichning tebranish davrini topamiz:

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,158}{0,9 \cdot 9,81 \cdot 5,55 \cdot 10^{-2}}} = 11,2 \text{ s}$$

3-masala. Fizik mayatnik uchlaridan biriga diametri $d=0,5l$ va massasi m_1 bo'lgan obruch mahkamlangan, uzunligi $l=1$ m va massasi $3m_1$ bo'lgan tayoqchadan iboratdir. Mayatnikning gorizontaal o'qi tayoqchani o'rtasidan unga tik ravishda o'tadi (27.6-rasm). Shu mayatnikning tebranish davri aniqlansin.

Yechish. Fizik mayatnikning tebranish davri $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl_c}}$ (1). Bu yerda I - mayatnikning tebranish o'qiga nisbatan inersiya momenti; m - uning massasi; l_c - mayatnikning markazidan tebranish o'qigacha bo'lgan masofa.

Mayatnikning inersiya momenti tayoqcha va obruchning inersiya momentlarining yig'indisidan iborat: $I=I_1+I_2$ (2)

Tayoqchani o'ziga tik va massa markazi orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti $I_1 = \frac{1}{12} ml^2$ formula bilan aniqlanadi. Mazkur holda $m=3m_1$ va $I_1 = \frac{1}{4} m_1 l^2$

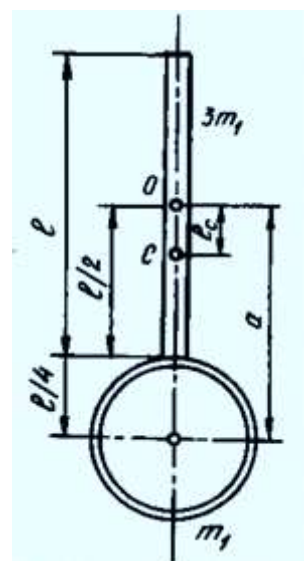
Obruchning inersiya momentini Shteyner teoremasi $I=I_0+ma^2$ dan foydalanib topamiz; bunda I - ixtiyoriy o'qqa nisbatan inersiya momenti; I_0 - berilgan o'qqa nisbatan parallel ravishda massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti; a - ko'rsatilgan o'qlar orasidagi masofa. Bu formulani obruchga qo'llab, quyidagini olamiz

$$I_2 = m_1 \left(\frac{l}{4}\right)^2 + m_2 \left(\frac{3l}{4}\right)^2 = \frac{5}{8} m_1 l^2$$

I_1 va I_2 larning ifodalarini (2) formulaga qo'yib, mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentini topamiz:

$$I = \frac{1}{4} m_1 l^2 + \frac{5}{8} m_1 l^2 = \frac{7}{8} m_1 l^2$$

Mayatnikning o'qidan uning massa markazigacha bo'lgan masofa



27.6- rasm

$$l_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{3m_1 \cdot 0 + m_1 \left(\frac{3l}{4}\right)}{3m_1 + m_1} = \frac{3}{4} m_1 l$$

yoki

$$l_c = \frac{3}{16} l$$

I, l_c va mayatnik massasining ($m=3m_1+m_1=4m_1$) ifodalarini (1) formulaga qo'yib, uning tebranish davrini topamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\left(\frac{7}{8}\right)m_1 l^2}{4m_1 g \cdot \left(\frac{3}{16}\right) l}} = 2\pi \sqrt{\frac{7l}{6g}}$$

Shu formula bo'yicha hisoblashlarni bajarsak, $T=2.17$ s

Mustaqil ishlash uchun masalalar

27.1. Prujina 1,5 N kuch ta'sirida, 2 sm cho'zilishi ma'lum bo'lsa, unga osilgan 4kg yukning vertikal tebranish davrini aniqlang.

27.2. Toshlar qo'yiladigan torozi pallasida, osilgan prujinaning vertikal tebranishlar davri 1 sekundga teng. Agar pallaga qo'shimcha yuk qo'yilganidan keyin, vertikal tebranishlar davri 1,2 sekund bo'lsa, shu qo'shimcha yuk tufayli, prujina qanchagacha cho'zilgan?

27.3. Yuk osilgan prujina 10 sm amplituda bilan tebranmoqda. Yuk tebranishining maksimal kinetik energiyasi 5 J ekanligi ma'lum bo'lsa, prujinaning elastiklik koeffitsiyentini toping.

27.4. Garmonik tebranma harakatda bo'lgan jismning to'la energiyasi $W=60$ mJ, jismga ta'sir etuvchi maksimal kuch $F=3$ mN ga teng. Tebranish davri $T=4$ s va boshlang'ich faza $\varphi_0 = \frac{\pi}{3}$ bo'lsa, bu jismning harakat tenglamasini yozing.

27.5. Matematik mayatnikning tebranishlar qonuni $x=0,2\sin 2t$ (m) ko'rinishga ega. Mayatnikning uzunligini (m) aniqlang. $g = 10$ m/s²

27.6. Prujinali mayatnikka osilgan yuk, 0,05 s da muvozanat vaziyatidan 0,5 sm ga siljidi. Tebranish amplitudasini 1sm deb qabul qilib, tebranishlar davrini (s) toping.

27.7. Tebranish amplitudasi 5 sm va davri 0,02 s bo'lgan garmonik tebranishning tenglamasini tuzing.

27.8. Agar, prujinani 10 mm ga cho'zish uchun 1 J ish bajarilgan bo'lsa, 30 mm ga cho'zish uchun, qanday ish bajarish kerak bo'ladi (J)?

27.9. Massasi 1 kg bo‘lgan yuk, tik turgan prujina ustiga qo‘yilganda, u 10 sm siqildi. Prujinaning bikirligi qanday (N/m)?

27.10. Garmonik tebranma harakatda bo‘lgan jismning to‘la energiyasi $3 \cdot 10^{-5} \text{J}$, jismga ta‘sir etuvchi maksimal kuch $1,5 \cdot 10^{-3} \text{N}$ ga teng. Tebranish davri 2 sek va boshlang‘ich fazasi 60° bo‘lsa, shu jismning harakat tenglamasini yozing.

27.11. Moddiy nuqtaning garmonik tebranishlar amplitudasi $A=2$ sm, tebranishlarning to‘la energiyasi $W=3 \cdot 10^{-7} \text{J}$. Muvozanat vaziyatidan qancha siljiganda tebranayotgan nuqtaga $F=2,25 \cdot 10^{-5} \text{N}$ kuch ta‘sir etadi?

27.12. Ikki moddiy nuqta garmonik tebranmoqda. Birinchi nuqtaning maksimal tezligining miqdori 4 m/s ga teng. Agar ikkinchi nuqtaning tebranishlar davri birinchi nuqtanikidan 3 marta katta, tebranishlar amplitudasi esa 6 marta katta bo‘lsa, uning maksimal tezligining miqdori qanday?

27.13. Moddiy nuqta muvozanat vaziyatidan 4 sm ga siljiganida uning tezligi 6 sm/s ga, 3 sm ga siljiganida esa 8 sm/s ga teng. Siklik chastotani toping.

27.14. Moddiy nuqta muvozanat vaziyatidan 4 sm ga siljiganida uning tezligi 6 sm/s ga, 3 sm ga siljiganida esa 8 sm/s ga teng. Tebranishlar amplitudasini (sm da) toping.

27.15. Ikki moddiy nuqta garmonik tebranmoqda: birinchisi – 36 rad/s davriy chastota bilan, ikkinchisi – 9 rad/s davriy chastota bilan. Agar ularning tebranishlar amplitudasi bir xil bo‘lsa, birinchi nuqtaning maksimal tezlanishining qiymati ikkinchi nuqtaning maksimal tezlanishidan necha marta katta? Javob: 16

27.16. Aravacha ustiga g‘isht qo‘yiladi va u pol bo‘ylab shunday harakatlantiriladiki, bunda uning koordinatasi $x = A \cos \omega t$ qonun bo‘yicha o‘zgaradi, bu yerda $A = 10$ sm. G‘isht aravachaga nisbatan siljimay turadigan maksimal siklik chastota ω ni aniqlang. G‘isht va aravacha orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,5, $g=9,8 \text{ m/s}^2$.

27.17. Ustida brusok yotgan gorizontal taglik vertikal yo‘nalishda shunday harakatlana boshlaydiki, bunda uning koordinatasi $y = A \sin \omega t$ qonun bo‘yicha o‘zgaradi, bu yerda $A = 20$ sm. Qanday maksimal ω siklik chastotada brusok taglikdan uzilmaydi? $g=9,8 \text{ m/s}^2$.

27.18. Massasi 200 g bo‘lgan magnit gorizontal metall plitada yotibdi. Magnitni plitadan tortib olish uchun uni 16 N kuch bilan

yuqoriga tortish kerak. Buning o'rniga plitani $y = A \sin \omega t$ qonun bo'yicha vertikal yo'nalishda tebrantiriladi, bu yerda $A = 5$ sm. Qanday minimal ω siklik chastotada magnit plitadan uziladi?

27.19. Yengil prujinaga osilgan kichik sharcha 2 sm amplituda bilan vertikal garmonik tebranadi. Tebranishlarning to'la energiyasi 0,3 mJ. Sharcha muvozanat vaziyatidan qanchaga siljiganida (mm da) unga 22,5 mN qaytaruvchi kuch ta'sir qiladi?

27.20. Prujinaga osilgan kichkina yuk muvozanat holatidan chiqarildi va qo'yib yuborildi. Necha millisekunddan keyin yukning kinetik energiyasi prujinaning potensial energiyasidan 3 marta katta bo'ladi? Tebranishlar davri 0,9 s.

27.21. Prujinali mayatnik muvozanat vaziyatidan chiqarildi va qo'yib yuborildi. Qanday vaqtdan keyin (ms da) tebranayotgan jismning kinetik energiyasi prujinaning potensial energiyasiga teng bo'ladi? Tebranishlar davri 1 s.

27.22. Prujinaga osilgan sharcha muvozanat vaziyatidan vertikal pastga qarab 3 sm ga tortildi va unga 1 m/s boshlang'ich tezlik berildi. So'ngra sharcha 25 rad/s davriy chastota bilan vertikal garmonik tebrana boshladi. Shu tebranishlarning amplitudasini (sm da) toping.

27.23. Silliqlik polda yotgan 249 g massali brusok gorizontali prujina yordamida vertikal devor bilan ulangan. Prujina o'qi bo'ylab 50 m/s tezlik bilan uchayotgan 1 g massali o'q brusokka kelib tegadi. Brusok o'zida tiqilib qolgan o'q bilan birgalikda 4 cm amplituda bilan tebrana boshlaydi. Shu tebranishlarning davriy chastotasi qanchaga teng?

27.24. Balandligi 5 sm bo'lgan temir silindr prujinaga vertikal holatda osib qo'yildi va qisman suvga botirildi. Bunday silindrning kichik vertikal tebranishlarining davriy chastotasi qanchaga teng? Prujinadagi tebranishlarning davriy chastotasi suvga tushirishdan oldin 12 rad/s bo'lgan. Ishqalanishni hisobga olmang. Temirning zichligi 8000 kg/m^3 , $g=9,8 \text{ m/s}^2$.

27.25. Kesimi 10 sm^2 bo'lgan U-simon trubkaga 400 g suv quyildi. Ishqalanishni inobatga olmagan holda, trubkadagi suyuqlikning vertikal tebranishlari davriy chastotasini toping. $g=9,8 \text{ m/s}^2$.



❖ So‘nuvchi tebranishlarning differensial tenglamasi $m\ddot{x} = -kx - r\dot{x}$ yoki $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2x = 0$ (28.1) bu yerda r - qarshilik koeffitsiyenti; δ - so‘nish koeffitsiyenti; $\delta = r/2m$; ω_0 – tebranishning xususiy burchak chastotasi

❖ So‘nish tebranishlar tenglamasi $x = A(t)\cos(\omega t + \varphi)$ (28.2) bu yerda $A(t)$ so‘nuvchi tebranishlarning t paytdagi amplitudasi; ω - ularning burchak chastotasi.

❖ So‘nuvchi tebranishlarning burchak chastotasi

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (28.3)$$

❖ So‘nuvchi tebranishlar amplitudasining vaqtga bog‘liqligi

$A(t) = A_0 e^{-\delta t}$ (28.4), bu yerda A_0 - vaqtning $t=0$ ondagi tebranish amplitudasi.

❖ Tebranishlarning logarifmik dekrementi

$\theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T$ (28.5), bu yerda $A(t)$ va $A(t+T)$ – vaqt bo‘yicha bir-biridan bir davrga farq qiladigan ikki ketma-ket tebranishlarning amplitudalari.

❖ Majburiy tebranishlarning differensial tenglamasi

$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + F_0 \cos \omega t$ yoki $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2x = f_0 \cos \omega t$ (28.6), bu yerda $F_0 \cos \omega t$ - tebranayotgan moddiy nuqtaga ta’sir etuvchi va majburiy tebranishlarni vujudga keltiruvchi tashqi davriy kuch; F_0 - uning amplitudaviy qiymati; $f_0 = F_0/m$. (28.7)

❖ Majburiy tebranishlar amplitudasi

$$A = f_0 / \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2} \quad (28.8)$$

❖ Rezonans chastota va rezonans amplituda

$$\omega_{rez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} \text{ va } A_{rez} = f_0 / (2\delta \sqrt{\omega_0^2 + \delta^2}) \quad (28.9)$$

Masalalar yechishga doir misollar

Masala. Agar matematik mayatnikning tebranish amplitudasi 2 minutda 4 marta kamaygan bo‘lsa, uning so‘nish logarifmik dekrementi nimaga teng? Mayatnikning uzunligi 1 metr.

Yechish. So‘nuvchi tebranishning amplitudasi vaqt o‘tishi bilan quyidagi qonunga asosan o‘zgaradi: $A = A_0 e^{-\beta t}$ (1) bunda β -so‘nish koefitsiyenti, A_0 - boshlang‘ich amplituda. (1) ni integrallab $\ln \frac{A_0}{A} = \delta \frac{t}{T}$ (2) ni hosil qilamiz va bundan, so‘nish logarifmik dekremanti $\delta = \frac{T}{t} \ln \frac{A_0}{A}$ bo‘ladi. So‘nish juda kam bo‘lganda tebranish davri $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ bo‘ladi. Suning uchun so‘nish logarifmik dekrementi: $\delta = \frac{2\pi}{t} \sqrt{\frac{l}{g}} \ln \frac{A_0}{A}$ bo‘ladi (3)

Berilgan kattaliklardan foydalanib kattaliklarning son qiymatini (2) formulaga qo‘yamiz va hisoblaymiz: $\delta = \frac{2 \cdot 3,14}{120} \sqrt{\frac{1}{9,81}} \ln 4 \approx 0,023$

Mustaqil ishlash uchun masalalar.

28.1. Sonnish logarifmik dekrement 0,2 ga teng bo‘lgan mayatnikning bir marta to‘la tebranishida, amplitudasi necha marta kamayishini toping.

28.2. Matematik mayatnikning tebranish amplitudasi 1 minutda ikki marta kamaysa, uning logarifmik dekrementi qanchaga teng bo‘ladi? Mayatnik uzunligi 1 m.

28.3. So‘nish logarifmik dekrementi 0,01 va uzunligi 24,7 sm bo‘lgan matematik mayatnikning tebranish energiyasi, qancha vaqtdan keyin, 9,4 martaga kamayadi.

28.4. Tebrangich so‘nuvchi tebranishlarning amplitudasi $t = 5$ min vaqtda ikki marta kamaydi. Boshlang‘ich momentdan hisoblaganda qancha t vaqtda sakkiz marta kamayadi.

28.5. $t = 8$ min vaqtda tebrangich so‘nuvchi tebranishlarning amplitudasi uch marta kamaydi. So‘nish koefitsiyenti aniqlansin.

28.6. Tebrangich tebranishining logarifmik dekrementi 0,003. Tebrangichning amplitudasi ikki marta kamayishi uchun kerak bo‘lgan to‘la tebranishlar soni aniqlansin.

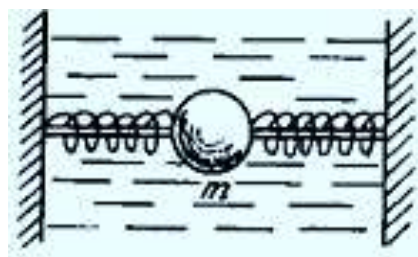
28.7. 500 g massali qadoqtosh bikrligi 20 N/m bo‘lgan prujinaga osilgan bo‘lib, muayyan muhidda qayishqoq tebranadi. Tebrangich tebranishining logarifmik dekrementi 0,004. Qadoqtoshning tebranish amplitudasi 2 marta kamayishi uchun kerak bo‘lgan to‘la tebranishlar soni aniqlansin. Bu kamayish qancha vaqt ro‘y beradi?

28.8. 5 g masala jism soʻnuvchi tebranmoqda. 50 s vaq davomida jism oʻz energiyasining 60 % ni yoʻqotdi. Qarshilik koeffitsiyenti aniqlansin.

28.9. Agar tizimning xususiy tebranishlar davri 1 s va tebranishning logorifmik dekrementi 0,628 boʻlsa, soʻnuvchi tebranishlarning davri aniqlansin.

28.10. Tizimning energiyasi 2 marta kamaygan vaqt davomida toʻla tebranishlari soni topilsin. Tebranishlarning logorifmik dekrementi 0,01

28.11. 1 kg massali jism Qarshilik koeffitsiyenti 0,05 kg/s boʻlgan qovushqoq muhitda joylashgan. jism har birining bikrligi 50 N/m boʻlgan ikkita bir xil prujina yordamida muvozanat holatida tutib turilibdi va bunda prujinalar deformatsiyalanmagan (28.1-rasm). Jismni muvozanat holatidan



28.1- rasm

siljtdilar va qoʻyib yubordilar. Amplituda e marta kamaygan vaqtdagi: 1) soʻnish koeffitsiyenti; 2) tebranish chastotasi; 3) tebranishning logorifmik dekrementi; 4) tebranishlar soni aniqlansin.

28.12. Elektrodvigatelning ogʻirlik kuchi taʼsirida oʻrnatilgan toʻsin 1 mm ga egildi. Elektrodvigatel yakorining qanday aylanish chastotasida rezonans xavfi vujudga kelishi mumkin?

28.13. 80 t massali vagonning toʻrtta ressoni bor. Har bir resson prujinasining bikrligi 500 kN/m. Agar relsning uzunligi 12,8 m boʻlsa, qanday tezlikda vagon relslarning tutashish joyidagi turtki natijasida qattiq tebrana boshlaydi?

28.14. Tebranish tizimi 1000 Hz chastotali soʻnuvchi tebranishlarni bajarmoqda. Agar rezonans chastota 998 Hz boʻlsa, xususiy tebranishlar chastotasi aniqlansin.

28.15. 400 s^{-1} soʻnish koeffitsiyenti bilan tavsiflanuvchi tizimning rezonans chastotasi uning xususiy tebranishlar chastotasi 1 kHz dan qanchaga farq qilishi aniqlansin.

28.16. Rezonans xususiy chastotasi 10 kHz dan $\Delta\nu + 2 \text{ Hz}$ ga kichik boʻlgan chastotada kuzatiladigan tebranish tizimining logarifmik dekrementi aniqlansin.

28.17. Prujinali tebrangichning xususiy tebranishlar davri 0,55 s. Qovushqoq muhitda shu tebrangichning xususiy tebranish davri 0,56 s bo'ldi. Tebranishning rezonans chastotasi aniqlansin

28.18. Prujinali tebrangich (prujinaning bikrligi 10 N/m, yukning massasi 100 g) qarshilik koeffitsiyenti $2 \cdot 10^{-2}$ kg/s bo'lgan qovushqoq muhitda majburiy tebranmoqda. Agar majburlovchi kuchning amplitutaviy qiymati 10mN bo'lsa, unda so'nish koeffitsiyenti va rezonans amplituda aniqlansin.

28.19. Jism qarshilik koeffitsiyenti 1 g/s bo'lgan muhitda majburiy tebranmoqda. Agar rezonans amplitudasi 0,5 sm va xususiy tebranishlar chastotasi 10 Hz bo'lsa, so'nishni kichik deb hisoblab, majburlovchi kuchning amplitudaviy qiymati aniqlansin

28.20. 400 Hz va 600 Hz chastotalarda majburiy garmonik tebranishlar amplitudasi bir- biriga teng. Rezonans chastotasi aniqlansin. So'nish hisobga olinmasin.



❖ To'loq uzunligi: $\lambda = \vartheta \cdot T$ (29.1)

❖ Bo'ylama to'loqning tebranish tezligi: $\vartheta_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ (29.2)

bu yerda E - Yung moduli, ρ - elastik muhitning zichligi.

❖ Ko'ndalang to'loq tarqalish tezligi: $\vartheta_b = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ (29.3)

bu yerda G - siljish moduli.

❖ To'loq soni $k = \frac{\omega}{\vartheta} = \frac{2\pi}{T\vartheta} = \frac{2\pi}{\lambda}$ (29.4)

❖ Fazalar farqini topish: $\Delta\varphi = \frac{2\pi(x_2 - x_1)}{\lambda}$ (29.5)

❖ Yassi to'loq tenglamasi

$$y = A \sin\left(\omega t - \frac{\omega x}{\vartheta}\right) = A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{T\vartheta} x\right) = A \sin(\omega t - kx)$$

(29.6)

❖ Muhit zarrachalarining kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{1}{2} \rho_0 \omega^2 A^2 \cos^2\left(\omega t - \frac{\omega x}{\vartheta}\right) \quad (29.7) \text{ bu yerda } \rho_0 - \text{muhit zichligi.}$$

❖ Tovush bosimi $P = \rho \omega A \vartheta \cos\omega\left(t - \frac{x}{\vartheta}\right)$ (29.8)

❖ Tovush bosimi amplitudasi $P_0 = \rho \omega A \vartheta$ (29.9)

❖ Dopler effektiga ko'ra kuzatuvchi qabul qilayotgan tovuch shastotasi $v' = \frac{c \pm \vartheta}{c \mp u} v$ (29.10)

Bu yerda c - tovushning tarqalish tezligi, ϑ - kuzatuvchining harakatlanish tezligi, u - tovush manbaining tezligi, v - manbaning tovuch chastotasi. Manba va kuzatuvchi bir-biriga yaqinlashganda yuqoridagi ishoralar, bir-biridan uzoqlashganda esa pastdagi ishoralar olinadi.

Masalalar yechishga doir misollar

1-Masala. Ko'ndalang to'loq qayishqoq chilvir bo'ylab 15 m/s tezlik bilan tarqalmoqda. Chilvir nuqtalarining tebranish davri 1,2 s, amplitudasi 2 sm. 1) to'loq uzunligi; 2) $t=4$ s vaqtda to'loq manбайдan 45 m masofaga orqada qolgan nuqtaning tebranish fazasi, siljishi, tezligi va tezlanishi; 3) to'loq manбайдan $x_1 = 20$ m va $x_2 = 30$ m

masofaga orqada qolgan va nurda yotuvchi ikki nuqta tebranishlarining fazalar farqi aniqlansin.

Yechish.

1. To‘lqin uzunligi to‘lqin bir davrda o‘tgan masofaga teng bo‘lib, $\lambda = \vartheta T$ munosabatdan topilishi mumkin. ϑ va T kattaliklarining qiymatlarini qo‘ysak, $\lambda = 18 \text{ m}$ ekanligi kelib chiqadi.

2. To‘lqin tenglamasini yozamiz: $\xi = A \cos \omega(t - \frac{x}{\vartheta})$ (1) bu yerda ξ -tebranayotgan nuqtaning siljishi; x - to‘lqin manбайдan nuqttagacha bo‘lgan masofa; ϑ -to‘lqinning tarqalish tezligi.

Vaqtning t momentida koordinatasi x bo‘lgan nuqtaning tebranish fazasi qo‘lqin tenglamasida kosinus belgisi ostida turgan ifoda bilan aniqlandi: $\varphi = \omega(t - \frac{x}{\vartheta})$ yoki $\varphi = \frac{2\pi}{T}(t - \frac{x}{\vartheta})$ bu yerda $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ekanligi hisobga olingan. Oxirgi formula bo‘yicha hisoblash o‘tkazsak, $\varphi = 5,24 \text{ rad}$ yoki $\varphi = 300^\circ$

(1) tenglamaga amplituda A va faza φ ning qiymatlarini qo‘yib, nuqtaning siljishini aniqlaymiz:

$$\xi = 1 \text{ sm}$$

Siljishdan vaqt bo‘yicha birinchi tartibli hosila olib, nuqtaning tezligini topamiz:

$$\dot{\xi} = \frac{d\xi}{dt} = -A\omega \sin \omega(t - \frac{x}{\vartheta}) = -A \frac{2\pi}{T} \sin \omega(t - \frac{x}{\vartheta}) = A \frac{2\pi}{T} \sin \varphi$$

π, A, T va φ kattaliklarning qiymatlarini qo‘yib, hisoblashlarni bajarsak, $\dot{\xi} = 9 \frac{\text{sm}}{\text{s}}$.

Tezlanish tezlikdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng, shuning uchun

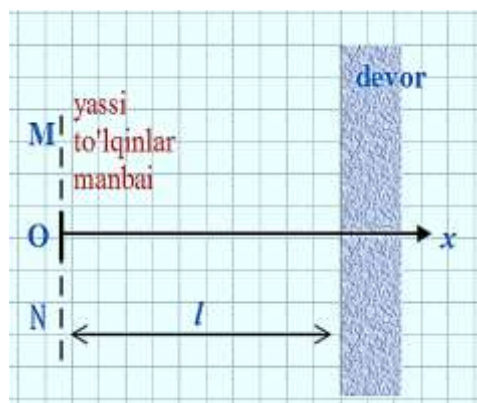
$$\ddot{\xi} = \frac{d\dot{\xi}}{dt} = -A\omega^2 \cos \omega(t - \frac{x}{\vartheta}) = \frac{4\pi^2 A}{T^2} \cos \varphi$$

shu formula bo‘yicha hisoblashlarni o‘tqazsak, $\ddot{\xi} = 27,4 \frac{\text{sm}}{\text{s}^2}$

3. To‘lqinning ikki nuqtasi tebranishlarining fazalar farqi $\Delta\varphi$ bu nuqtalar orasidagi masofa Δx bilan $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1)$ munosabat orqali bog‘langan. λ, x_2 va x_1 kattaliklarini qo‘yib, hisoblasak, $\Delta\varphi = 3,49 \text{ rad}$ yoki $\Delta\varphi = 200^\circ$

2- Masala. 400 Hz chastotali yassi to‘lqinlar manбайдan 4 m masofada tarqalishiga tik ravishda devor joylashgan. To‘lqinlar manбайдan chiquvchi va devordan qaytuvchi to‘lqinlarning qo‘shilishi natijasida hosil bo‘ladigan turg‘in to‘lqinlarning dastlabki uchta tuguni va qavariq nuqtalarigacha bo‘lgan masofa aniqlansin. To‘lqin tezligi 340 m/s deb hisoblansin.

Yechish. Koordinata tizimini x o‘qi yuguruvchi to‘lqinlar nurining yo‘nali-shi bilan, koordinatalar boshi O ni esa MN yassi to‘lqin manbaida joylashgan nuqta bilan mos keladigan qilib tanlaylik (29.1-rasm). Shular hisobga olinganda, yuguruvchi to‘lqin tenglamasi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:



29.1-rasm

$$\xi = A \cos(\omega t - kx) \quad (1)$$

Modomiki, to‘lqin $l-x$ masofani ikki marta o‘tib, x koordinatali nuqtaga qaytar va zichroq muhit bo‘lmish devordan qaytishida fazasi π ga o‘zgartirar ekan, qaytgan to‘lqinning tenglamasini $\xi_2 = A \cos\{\omega t - k[x + 2(l - x)] + \pi\}$ ko‘rinishida yozish mumkin. Sodda qisqartirishlardan so‘ng quyidagini olamiz:

$\xi_2 = -A \cos[\omega t - k(2l - x)]$ (2) (1) va (2) tenglamalarni qo‘shib, turg‘un to‘lqinlar tenglamasini topamiz:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = A \cos(\omega t - kx) - A \cos[\omega t - k(2l - x)].$$

Kosinuslar ayirmasi formulasidan foydalanib, quyidagini topamiz:

$$\xi = -2A \cdot \sin k(l - x) \cdot \sin(\omega t - kl).$$

$A \sin k(l-x)$ ifoda vaqtga bog‘liq bo‘lmaganligidan, uning modulini turg‘un to‘lqin amplitudasi sifatida qarash mumkin:

$$A_r = |A \sin k(l - x)|$$

Amplitudasini bilgach, tugun va do‘ngliklarning koordinatalarini topishimiz mumkin.

Tugunlar turg‘un to‘lqin amplitudasi nolga teng bo‘ladigan $|2A \sin k(l - x)| = 0$ nuqtalarda vujudga keladi. Bu tenglik koordinatalari x_n $k(l - x_n) = \pi n$ ($n=0,1,2,\dots$) (3) shartni qanoatlantiradigan nuqtalar uchun bajariladi, lekin $k = 2\pi/\lambda$ yoki $\lambda = \vartheta/v$ ekanligidan

$$k = 2\pi v / \vartheta.$$

k ning bu ifodasini (3) ga qo‘ysak, $2\pi v(l - x_n) = n\pi\vartheta$, bundan esa, tugunlar koordinatalari $x_n = l - \frac{n\vartheta}{2v}$. Bunga l, ϑ, v va $n = 0, 1, 2$ larning qiymatlarini qo‘yib, dastlabki uchta tugunning koordinatalarini topamiz:

$$x_0 = 4 \text{ m}, \quad x_1 = 3,61 \text{ m}, \quad x_2 = 3,23 \text{ m}$$

Do‘nglik turg‘un to‘lqin amplitudasi maksimal bo‘lgan $2A \sin k(l - x') = 2A$ nuqtalarda vujudga keladi. Bu tenglik koordinatalari x'_n $k(l - x') = (2n + 1)\frac{\pi}{2}$ ($n=0, 1, 2, \dots$) shartni qanoatlantiradigan nuqtalar uchun bajariladi. Bunda quyidagi formulani hosil qilamiz $4vx'_n = 4vl - (2n + 1)\vartheta$, bundan do‘nglik koordinatalari $x'_n = l - (2n + 1)\vartheta/4v$. Bunga l, ϑ, v va $n = 0, 1, 2$ larning qiymatlarini qo‘yib, dastlabki uchta tugunning koordinatalarini topamiz:

$$x'_n = 3,81 \text{ m}, \quad x'_1 = 2,42 \text{ m}, \quad x'_2 = 3,14 \text{ m}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

29.1. $\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx)$ yassi to‘lqin tenglamasi berilgan, bunda $A=0,5$ sm, $\omega=625$ s⁻¹, $k=2$ m⁻¹. 1) tebranish chastotasi va to‘lqin uzunligi; 2) fazaviy tezlik; 3) muhit zarralarining tebranish tezligining va tezlanishining maksimal qiymatlari aniqlansin.

29.2. $\xi(x, t) = A \cos(\omega t + kx)$ ifoda $\omega = k\vartheta$ shartda $\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = -\frac{1}{\vartheta^2} \cdot \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$ to‘lqin tenglamasini qanoatlantirishi ko‘rsatilsin.

29.3. Yassi tovush to‘lqini 200 Hz chastotali tebranishlar manbai tomonidan qo‘zg‘atilmoqda. Manbaning tebranish amplitudasi $A=4$ mm. Agar boshlang‘ich momentda manba nuqtalarining siljishi maksimal bo‘lsa, manbadan 1 m masofadagi muhit nuqtalarining siljishi $\xi(x, t)$ topilsin. Tovush to‘lqinining tezligi 300 m/s deb olinsin. So‘nish hisobga olinmasin.

29.4. 500 Hz chastotali va 0,25 mm amplitudali tovush tebranishlari qayishqoq muhitda tarqalmoqda. To‘lqin uzunligi 70 sm. 1) to‘lqinning tarqalish tezligi; 2) muhit zarralarining maksimal tezligi topilsin.

29.5. Yassi tovush to‘lqinining davri 3 ms, amplitudasi 0,2 mm va to‘lqin uzunligi 1,2 m. Tebranish manбайдan 2 m masofada bo‘lgan

muhit nuqtalari uchun: 1) $t=7$ ms momentidagi siljishi $\xi(x, t)$; 2) shu momentning o'zi uchun tezligi va tezlanishi topilsin. Tebranishning boshlang'ich fazasi nolga teng deb qabul qilinsin.

29.6. Tebranish manbaidan to'g'ri chiziq bo'ylab to'lqin tarqalmoqda. Tebranish amplitudasi 10 sm. Tebranish boshlanishidan $t=0,9T$ vaqt o'tgan momentda manbadan $x = \frac{3}{4}\lambda$ uzoqlikdagi nuqtaning siljish kattaligi qancha?

29.7. Davri 1,2 s va tebranish amplitudasi 2 sm bo'lgan to'lqin 15 m/s tezlik bilan tarqalmoqda. Manbaning tebranishi boshlanishidan 4 s vaqt o'tgandan keyingi momentda to'lqin manbaidan 45 sm masofada bo'lgan nuqtaning siljishi $\xi(x, t)$ nimaga teng?

29.8. Bir-biridan 50 sm masofada bo'lgan ikki nuqta 50 m/s tezlik bilan tarqalayotgan to'lqin yo'nalishiga mos keluvchi to'g'ri chiziqda yotadi. Tebranish davri 0,05 s. Bu nuqtalardagi tebranishlarning fazalari farqi topilsin.

29.9. Qayishqoq muhitda turgan to'lqinlar manbai va manbadan 2 m uzoqlikdagi shu muhit nuqtalari tebranishlarining fazalar farqi aniqlansin. Tebranish chastotasi 5 Hz; to'lqinlar 40 m/s tezlik bilan tarqaladi.

29.10. To'lqin qavushqoq muhitda 100 m/s tezlik bilan tarqalmoqda. Muhitning tebranish fazalari qarama-qarshi bo'lgan eng yaqin nuqtalari orasidagi masofa 1 m. Tebranish chastotasi aniqlansin.

29.11. Agar muhitning bir-biridan 10 sm masofadagi ikki nuqtasi tebranishlarining fazalar farqi $\frac{\pi}{3}$ bo'lsa, qayishqoq muhitda to'lqinning tarqalish tezligi aniqlansin. Tebranish chastotasi 25 Hz.

29.12. Bir xil fazada tebranuvchi va atrof muhit bilan bir xil chastotali hamda amplitudali ($A_1=A_2=1$ mm) yassi to'lqin tarqatuvchi ikkita manba mavjud. Birinchi tebranish manbaidan 3,5 m va boshqasidan 5,4 m masofada bo'lgan muhit nuqtasining tebranish amplitudasi topilsin. Ko'rilayotgan nuqtada tebranishlar yo'nalishi mos keladi. To'lqin uzunligi 0,5 m.

29.13. Yuguruvchi to'lqin va to'lqin tarqalish yo'nalishiga tik joylashib, muhitlarni ajratib turuvchi to'siqdan qaytgan to'lqinlarning ustma-ust tushishi natijasida turg'un to'lqin hosil bo'ladi. Agar qaytish: 1) zichligi kamroq bo'lgan muhitdan; 2) zichligi ko'proq bo'lgan muhitdan bo'lsa turg'un to'lqinning tugunlari va to'ngliklarining o'rni

topilsin. Tovush tebranishining tarqalish tezligi 340 m/s va chastotasi 3,4 kHz

29.14. Poyezd bekat yonidan 40 m/s tezlik bilan o'tmoqda. Elektrovoz gudogi tovish tonining chastotasi 300 Hz. 1) poyezd yaqinlashayotgan; 2) poyezd uzoqlashayotgan hollarda platformada turgan odam uchun tovush tonining tuyulma chastotasi aniqlansin.

29.15. Gudogi 300 Hz chastotali signal beradigan harakatsiz elektrovoz yonidan 40 m/s tezlik bilan poyezd o'tmoqda. Poyezddagi yo'lovchi uchun ovozning tuyulma chastotasi ν : a) poyezd elektrovozga yaqinlashganda; b) undan uzoqlashganda qanday bo'ladi?



$$\text{❖ Gazlarda tovush tarqalish tezligi } \vartheta = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}} \quad (30.1)$$

Laplas formulasi bo'yicha hisoblanadi. Bu yerda γ -adiabata ko'rsatkichi, P (havo) bosimi, ρ zichligi.

$$\text{❖ Gazlarda tovushning tarqalish tezligi uning haroratiga bog'liqligi} \\ \vartheta = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}} \quad (30.2)$$

$$\text{❖ Tovush intensivligi } I = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \vartheta \quad (30.3)$$

❖ Tovushning nuqtaviy izotrop quvvati N ning tovush intensivligi bilan bog'liqligi:

$$I = \frac{N}{4\pi r^2} \quad (30.4) \text{ bunda } r \text{ - tovush manbaidan tovush maydonining} \\ \text{intensivlik aniqlanayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa.}$$

$$\text{❖ Muhitning solishtirma akustik qarshilik } z_s = \rho \vartheta \quad (30.5)$$

$$\text{❖ Akustik qarshilik } z_0 = \frac{z_s}{S} \quad (30.6) \text{ bunda } S \text{ - akustik maydon qismi} \\ \text{kesimining yuzasi.}$$

$$\text{❖ Tovush intensivligi darajasi } L_p = 10 \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (30.7)$$

Masalalar yechishga doir misollar

1-Masala. $T_1=290$ K va $T_2=350$ K haroratda tovushning havodagi tezligi aniqlansin.

Yechish. Tovushning gazlardagi tezligini topish uchun quyidagi formuladan foydalanamiz: $\vartheta = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$, Bu yerda γ -adiabata ko'rsatkichi. $M = 0,028 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$; $\gamma = \frac{i+2}{i}$, i -havo molekularining erkinlik darajasi $i=6$.

$\vartheta_1 = \sqrt{\frac{\gamma RT_1}{M}}$; $\vartheta_2 = \sqrt{\frac{\gamma RT_2}{M}}$ formulaga kattaliklarning qiymatlarini qo'yib hisoblashlarni bajaramiz:

$$\vartheta_1 = \sqrt{\frac{8 \cdot 8,31 \cdot 290}{6 \cdot 0,028}} = 3,39 \cdot 10^2 = 339 \text{ m/s;}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{8 \cdot 8,31 \cdot 350}{6 \cdot 0,028}} = 3,72 \cdot 10^2 = 372 \text{ m/s};$$

2-Masala. Tovush to‘lqinlarining izotropik nuqtaviy manbaining quvvati 10 W. To‘lqinlar manбайдan 10 m masofada energiyaning o‘rtacha hajmiy zichligi qanday bo‘ladi? Havoning harorati 250 K deb qabul qilinsin.

Yechish. Energiyaning o‘rtacha hajmiy zichligi $\varpi = \frac{I}{v}$;

Tovuchning nuqtaviy izotrop quvvati N ning tovush intensivligi bilan bog‘liqligi:

$I = \frac{N}{4\pi r^2}$ bunda r- tovush manбайдan tovush maydonining intensivlik aniqlanayotgan nuqtagacha bo‘lgan masofa;

Gazlarda tovushning tarqalish tezligi uning haroratiga bog‘liqligi

$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}$ bu formulalardan ishchi formulani hosil qilamiz:

$\varpi = \frac{N}{4\pi r^2} \sqrt{\frac{\mu}{\gamma RT}}$. Tayyor formulaga berilgan kattaliklarning qiymatlarini qo‘yish orqali masalani javobini topib olamiz:

$$\varpi = \frac{10}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^2} \sqrt{\frac{0,029}{1,4 \cdot 8,31 \cdot 250}} = 2,51 \cdot 10^{-5} \text{ J/m}^3$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

30.1. Bo‘ylama qayishqoq tebranishlarning: 1) alyuminiy; 2) mis; 3) Volfram metallarida tarqalish tezligi topilsin.

30.2. Odam qulog‘i eshita oladigan 16 Hz va 20 KHz chegaraviy chastotalarga mos keluvchi tovush to‘lqini uzunliklarining maksimal va minimal qiymatlari topilsin. Tovush tezligi 340 m/s ga teng deb qabul qilinsin.

30.3. Harorati 300 K bo‘lgan azotdagi tovush tezligi aniqlansin.

30.4. Diametri 20 sm va uzunligi 5 m bo‘lgan, quvur havo bilan to‘ldirilgan slindrik quvurdan bir davrdagi o‘rtacha intensivligi 50 mW/m² bo‘lgan tovush to‘lqini tarqalmoqda. Quvur ichidagi tovush maydonining energiyasi topilsin.

30.5. Tovushning intensivligi 1 W/m². Agar tovush normal sharoitda, quruq havoda tarqalayotgan bo‘lsa, tovush to‘lqini energiyasining o‘rtacha hajmiy zichligi aniqlansin.

30.6. Tovush to‘lqinlarining izotropik nuqtaviy manbaining quvvati 10 W. To‘lqinlar manбайдan 10 m masofada energiyaning o‘rtacha hajmiy zichligi qanday bo‘ladi? Havoning harorati 250 K deb qabul qilinsin.

30.7. Agar manbadan 25 m masofada tovushning intensivligi 20 mW/m² bo‘lsa, bu izotrop nuqtaviy tovush manbaining quvvati topilsin. Shu masofada energiyaning o‘rtacha hajmiy zichligi qanday?

30.8. Havoning normal sharoitidagi solishtirma akustik qarshiligi aniqlansin.

30.9. Suvning 15 °C haroratdagi solishtirma akustik qarshiligi aniqlansin.

30.10. Agar harorati 300 K va bosimi 100 kPa bo‘lgan kisloroddan tovush bosimining amplitudasi 0,2 Pa bo‘lgan tovush to‘lqinlari o‘tsa, kislorod zarralari tebranma harakatining maksimal tezlanishi qanday bo‘ladi?

30.11. Ikki tovushning bosim darajasi 1dB ga farq qiladi. Amplitudalarining tovush bosimiga nisbati topilsin.

30.12. Tovush intensivligi 1000 baravar kuchaygan. 1) Tovushbosimining darajasi necha detsibell kuchaygan? 2) Tovush bosimining amplitudasi necha marta kattalashgan?

30.13. Tovush iintensivligi 10⁻² W/m² 1) Qattqlik darajasini, 2) tovush bosimi amplitudasini toping.

30.14. Chiziqli o‘lchamlari uncha katta bo‘lmagan tovush manbai 1 W quvvatga ega. Tovush manbaini izotrop deb hisoblab, undan 100 m masofadagi tovush bosimining amplitudasi topilsin. Tovushning so‘nishi hisobga olinmasin.

30.15. Normal sharoitda quruq havoda tovush intensivligi 10 pW/m². Berilgan shartlarda havoning havoning solishtirma akustik qarshiligi va tovush bosimining amplitudasi aniqlansin.

30.16. Tovush bosimining 700 mkPa va 40 mkPa amplitudalariga mos keluvchi tovush intensivliklari topilsin.

30.17. Agar tovushning intensivligi; 1) 100 pW/m² ; 2) 10 pW/m² ga teng bo‘lsa, uning intensivlik darajasi aniqlansi.

30.18. Nuqtaviy izotropik tovush manбайдan 24 m masofada uning intensivlik darajasi 32 dB. Shu manbadan 16 m masofada tovush intensivligining darajasi topilsin.

30.19. Tovush to‘lqini to‘siqdan o‘tdi, buning natijasida tovushning intensivlik darajasi 30 dB ga kamaydi. Bunda tovush intensivligi necha marta kamayadi?

30.20. Motor shovqinining intensivlik darajasi 60 dB. Agar bir paytning o‘zida: 1) ikkita shunday motor; 2) o‘nta shunday motor ishlasa, intensivlik darajasi qanday bo‘ladi?

Javoblar

1.1. $\sqrt{11}$ m; **1.2.** $\sqrt{37}$ m/s; **1.3.** $t=10$ s, $x=50$ m; **1.4.** 1,5 marta; **1.5.** 12s; **1.6.** 6 m/s; **1.7.** 81 km/h; **1.8.** 24 m/s; **1.9.** 40 m/s; **1.10.** 48 km/h; **1.11.** 88 km/h; **1.12.** 14 m/s; **1.13.** 10 m/s; **1.14.** 17 m/s; **1.15.** 11 s; **1.16.** 30 m/s; **1.17.** 400 m; **1.18.** 12 m/s; **1.19.** 5 m/s; **1.20.** 10 m/s; **1.21.** $t = \frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_1 - t_2)}$; **1.22.** $\vartheta_0 = 45 \frac{sm}{s}$; $a = 30 \frac{sm}{s^2}$; **1.23.** $\vartheta_0 = 1 \frac{m}{s}$; $a = 2,5 \frac{m}{s^2}$; **1.24.** 30 m; 5,5s; **1.25.** 30 s; **1.26.** 15 s; **1.27.** 10 m/s; **1.28.** 5/8 m; **1.29.** 35 m; **1.30.** 30 m.

2.1. 20 m/s; **2.2.** 6 m; **2.3.** 7 m/s; **2.4.** 140 sm; **2.5.** 5 marta; **2.6.** 25 m/s; **2.7.** 1,5 s; **2.8.** 6 ta; **2.9.** 0,64 s; 0,5 m; **2.10.** 0,34 m; **2.11.** 2,5 s; **2.12.** 35 m; **2.13.** 15 m/s; **2.14.** 3 marta; **2.15.** 3s; **2.16.** 0,4; **2.17.** 6; **2.18.** 24; **2.19.** 0,8 s; **2.20.** 1,25 m; **2.21.** 0,13; **2.22.** 47 s; **2.23.** 10s; **2.24.** 50sm; **2.25.** 6 m/s; **2.26.** 15 m/s; **2.27.** 628; **2.28.** 2; **2.29.** 32; **2.30.** 25.

3.1. 125 m; **3.2.** 10 m/s; **3.3.** 8 s ;120 m; **3.4.** 2s; **3.5.** 5,4 m/s; **3.6.** 28,3 m; **3.7.** 5,8 m/s; **3.8.** 0,75s; 2,8s; **3.9.** 7,2 kg; **3.10.** 0,3 s; **3.11.** 25; **3.12.** 6; **3.13.** 500; **3.14.** 50; **3.15.** 20; **3.16.** 10 m/s; **3.17.** $30\sqrt{3}$ m; **3.18.** $y = 0,05x^2$; **3.19.** 284 m; **3.20.** 161m; **3.21.** 36 m/s; **3.22.** $20\sqrt{5}$; **3.23.** 50%; **3.24.** 1m; **3.25.** 120; **3.26.** 60; **3.27.** 15; **3.28.** 6; **3.29.** 60; **3.30.** 6.

4.1. 0,4; **4.2.** 20; **4.3.** 8; **4.4.** 40; **4.5.** 203; **4.6.** 0,2; **4.7.** 0,3; **4.8.** 300; **4.9.** 12mg/7; **4.10.** 2; **4.11.** 41 N; **4.12.** 51 N; **4.13.** 18 N; **4.14.** 4 m/s; **4.15.** 7; **4.16.** 21; **4.17.** 4; **4.18.** 1; **4.19.** 0,5; **4.20.** 530 N; **4.21.** 3 N; **4.22.** 180 N; **4.23.** $0,82 \text{ m/s}^2$; **4.24.** 0,34; 4 s ; **4.25.** 810 N; **4.26.** 15; **4.27.** 7; **4.28.** 5; **4.29.** 3; **4.30.** 7.

5.1. 24,5 m/s; **5.2.** 1,2 kN; **5.3.** 950N; **5.4.** 6 kN; **5.5.** 8 kN; **5.6.** 1N; **5.7.** 10N; **5.8.** 7kN; **5.9.** 1,25 N; **5.10.** 0,1 m; **5.11.** 245 N; **5.12.** 2,12 ayl/s; **5.13.** 2,43 m/s; 39,2 N; **5.14.** $m \approx 0,5$ kg; **5.15.** $\mu \geq 0,2$; **5.16.** 59 ayl/min; **5.17.** 1,96 N; **5.18.** 47.3 km/h; **5.19.** 12,4 N; **5.20.** 2m; **5.21.** 0,5 Hz; **5.22.** 6,26 m/s; **5.23.** $T=3$ mg; $\alpha=70^030'$; **5.24.** 6; **5.25.** 60^0 ; **5.26.** 1,42 s; **5.27.** 942 N; 1.02 kN; **5.28.** 31^0 ;7,8 m/s; **5.29.** 39 N; **5.30.** $38^050'$.

6.1. 2/9; **6.2.** 100; **6.3.** 10; **6.4.** 0,4; **6.5.** 50; **6.6.** 1,5; **6.7.** 1,12; **6.8.** 16; **6.9.** 49; **6.10.** 225; **6.11.** 1,92; **6.12.** 1; **6.13.** 4; **6.14.** 1,25; **6.15.** 500;

6.16. 55; **6.17.** $v_2 = v_1 \frac{m_1 \cos \alpha}{m_2} = 0,68 \text{ m/s}$; **6.18.** 115; **6.19.** 1,5; **6.20.** 3; **6.21.** 96; **6.22.** 9000; **6.23.** 3; **6.24.** 6,3; -0,57 m/s; **6.25.** 1,4 m/s; 3 m/s; **6.26.** 6,4 m; **6.27.** 0,75 m/s; **6.28.** 0,4 m/s; **6.29.** 0,952; **6.30.** 0,93.

7.1. 15; **7.2.** 13,5; **7.3.** 1 kJ; **7.4.** 60° ; **7.5.** 0,2; **7.6.** 0,1; **7.7.** 10,8 kJ; **7.8.** 100; **7.9.** 0,2; **7.10.** 10; **7.11.** 28; **7.12.** 450; **7.13.** 3111; **7.14.** 7,2; **7.15.** 6,6; **7.16.** 186; **7.17.** 0,25; **7.18.** 120; **7.19.** 996 J; **7.20.** 4,72 kJ; **7.21.** 1,35 kJ; **7.22.** 336 J; **7.23.** 7; **7.24.** 69; **7.25.** 10; **7.26.** 600 J; **7.27.** 4,8 kN; **7.28.** 80%; **7.29.** 5; **7.30.** 125.

8.1. 10; **8.2.** 20; **8.3.** 80; **8.4.** 1; **8.5.** 10; **8.6.** 5,184; **8.7.** 153; **8.9.** 3,6; **8.10.** 0,05; **8.11.** 5; **8.12.** 0,75; **8.13.** 0,25; **8.15.** 128; **8.16.** 14,4; **8.17.** 0,4; **8.18.** 6,57; **8.19.** $E_k = E_p = 98 \text{ J}$; **8.20.** 0,2; **8.22.** 400 W; **8.23.** 14 N; **8.24.** 25 kN; **8.25.** 24,7 m; **8.26.** 16 J; **8.27.** 6 N; **8.28.** 1 J; **8.29.** 3,2 m/s; **8.30.** 1,28 J.

9.1. 8,13 m/s; **9.2.** 8,2 sm; **9.3.** 40 m/s , 13,3 m/s; **9.4.** 12 sm; **9.5.** 12 sm; **9.6.** $2,8 \cdot 10^{-23} \text{ N} \cdot \text{s}$; **9.7.** 0,51 s; **9.8.** 86 N; **9.9.** 3 m/s; **9.10.** 15 m/s; **9.11.** 8 s; **9.12.** 701 m/s; **9.13.** 480 m; **9.14.** $\vartheta = Sg\tau/4h$; **9.15.** $l = \frac{\vartheta_0^2 \sin 2\alpha}{g} - S$

10.1. 3,12 MPa; **10.2.** 3,12 MPa, 6,45 MPa, 9,78 MPa; **10.3.** 200 MPa; **10.4.** $2,25 \text{ mm}^2$; **10.5.** 1,9 kN; **10.6.** 270 kPa; **10.7.** 135 kPa; **10.8.** 5; **10.9.** 6,3 kN; **10.10.** 6,4 km; **10.11.** 3 sm; **10.12.** 139 m; **10.13.** 39 ta; **10.14.** 3 mm; **10.15.** 230 rad/s.

11.1. $2 \cdot 10^4$; **11.2.** 2,4; **11.3.** 2; **11.4.** 10; **11.5.** 8,2 mm; **11.6.** ikkinchisida 2 marta; **11.7.** $0,2 \cdot 10^{-3}$; **11.8.** 55 N; **11.9.** 20 mm^2 ; **11.10.** $0,9 \cdot 10^{-3}$; **11.11.** 0,6 mm; **11.12.** 8,2 mm; **11.13.** 4 sm; **11.14.** 1,5 kN/m, 8 kN/m; **11.15.** 195 GPa;

12.1. 3 MPa; **12.2.** 5 J; **12.3.** 2,5 J; **12.4.** 15,4 J; **12.5.** 16,3 mm; **12.6.** 4,25 sm; **12.7.** 0,6 J; **12.8.** 100 J; **12.9.** 50 J; **12.10.** 160 J , $0,4 \text{ MJ/m}^3$; **12.11.** 2,5 J , $6,25 \text{ kJ/m}^3$; **12.12.** 5 J; **12.13.** 7,07 m/s; **12.14.** 22,5 m/s; **12.15.** 1,2 MN/m;

13.1. 1,5 min; **13.2.** 1 sm; **13.3.** $t = 880 \text{ s} = 14,6 \text{ min}$; **13.4.** 100 s^{-1} ; **13.5.** 76,1 s; **13.6.** $0,99 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, $1,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; **13.7.** 65,5 s; **13.8.** 37,5 m/s; **13.9.** $1,7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$; **13.10.** $9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

14.1. $\mu=0,02$; **14.2.** 1) $\vartheta_m = 21,6 \text{ km/h}$, 2) $t=73 \text{ s}$, 3) $a = -0,098 \text{ m/s}^2$, 4) $S=218 \text{ m}$; **14.3.** 980 N , $2,98 \text{ kN}$; **14.4.** $0,2$; **14.5.** 72 km/h ; **14.6.** 2 sm ; **14.7.** 1 sm ; **14.8.** 8 N ; **14.9.** 20 m ; **14.10.** 8 m/s^2 ; **14.11.** 4 N ; **14.12.** 203 ; **14.13.** $0,2 \text{ N}$ **14.14.** $0,3$; **14.15.** $4,8 \text{ m/s}^2$; **14.16.** $0,15$; **14.17.** $0,33$; **14.18.** $2,37 \text{ kN}$; **14.19.** 1) $\mu < 0,07$, 2) $a = 0,39 \text{ m/s}^2$, 3) $t=22,7 \text{ s}$, 4) $\vartheta = 8,85 \text{ m/s}$; **14.20.** $0,5$; **14.21.** $a = \frac{g(m_1 - \mu m_2)}{m_1 + m_2} = 4,4 \text{ m/s}^2$, $T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 g(1 + \mu)}{m_1 + m_2} = 5,4 \text{ N}$; **14.22.** $N = \pi d v \mu F = 38 \text{ W}$; **14.23.** $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 4 \text{ m/s}^2$, $t = 1 \text{ s}$; **14.24.** $25,5$; **14.25.** $0,8$; **14.26.** $0,3$; **14.27.** $30,4$; **14.28.** $3,3$; **14.29.** 73 ; **14.30.** $a = 0,42 \text{ m/s}^2$, $T = 9,4 \text{ N}$

15.1. $0,012 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; **15.2.** $97,36 \cdot 10^{36} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; **15.3.** 4 N ; **15.4.** 100 ; **15.5.** $7,8 \text{ rad/s}^2$, 80 s ; **15.6.** $23,4 \text{ ayl/s}$; **15.7.** $513 \text{ N} \cdot \text{m}$, 600 ta ; **15.8.** $2,8 \text{ m/s}^2$ 14 N , $12,6 \text{ N}$; **15.9.** $9,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; **15.10.** $3,53 \text{ N}$; $3,32 \text{ N}$; **15.11.** 12 H ; **15.12.** $\varepsilon=10,7 \text{ rad/s}^2$, $t=70,4 \text{ s}$; **15.13.** $471 \text{ N} \cdot \text{m}$, $N=225$; **15.14.** $4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; **15.15.** $0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $0,14 \text{ N} \cdot \text{m}$.

16.1. 150 m/s , 10 m/s^2 , 11250 m/s^2 ; **16.2.** $\omega=2 \text{ rad/s}$, $d=50 \text{ sm}$; **16.3.** 8 s ; **16.4.** $\omega = 10\pi \text{ rad/s}$; **16.5.** $4,8$; **16.6.** $1,8$; **16.7.** $3,82$; **16.8.** $3,2$; **16.9.** $3,2$; **16.10.** $0,5$; **16.11.** $I = \frac{mR^2(g-a)}{a} = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; **16.12.** $a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_2 + m_1 + 0,5m} = 1,8 \text{ m/s}^2$, $\varepsilon = \frac{(m_2 - m_1)g}{(m_2 + m_1 + 0,5m)R} = 18 \text{ s}^{-2}$; **16.13.** $t = \frac{\pi v}{m_3 g R} ((2m_2 + 2m_3) + 2m_1 R^2) = 21 \text{ s}$; **16.14.** $4 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; **16.15.** $S = \frac{m_2 g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t^2}{2m_2 + m_1} = 2,6 \text{ m}$.

17.1. $a=2g/3$; $a=g/2$; **17.2.** $1,96 \text{ m/s}^2$, $0,98 \text{ N}$, $1,18 \text{ N}$; **17.3.** 3 m/s^2 ; **17.4.** $1,1 \text{ s}$, $4,1 \text{ N}$; **17.5.** $1,67 \text{ m/s}^2$, $16,67 \text{ N}$, 116 N ; **16.7.** $t = \frac{r\omega_0}{2g \sin \alpha}$; **17.7.** 100 rad/s^2 ; **17.8.** $8,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; **17.9.** 4 m/s^2 ; **17.10.** $10,5 \text{ s}$.

18.1. $2,5 \text{ s}^{-1}$; **18.2.** $0,45 \text{ m/s}$; **18.3.** $0,942 \text{ m/s}$; **18.4.** $1,47 \text{ s}^{-1}$; **18.5.** π ; **18.6.** 24 min^{-1} ; **18.7.** $0,375 \text{ rad/s}$; **18.8.** $0,61 \text{ s}^{-1}$; **18.9.** $0,4 \text{ s}^{-1}$; **18.10.** 22 ayl/min ; **18.11.** 21 ayl/min ; **18.12.** $0,49 \text{ ayl/min}$; **18.13.** $0,21 \text{ rad/s}^2$, $0,42 \text{ N} \cdot \text{m}$; **18.14.** 23 ayl/min ; **18.15.** $8,5 \text{ min}^{-1}$.

19.1.2. $10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.2.3,6.** $10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$, $2,4 \cdot 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.3.** $4 \cdot 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$, $2 \cdot 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.4.** $0,114 \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.5.** $6 \cdot 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.6.** $4,27 \cdot 10^{-2} \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.7.** $2 \cdot 10^{-5} \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.8.** $0,127 \text{kg} \cdot \text{m}^2$, $0,125 \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.9.** $12 \cdot 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$; **19.10.** $5 \cdot 10^{-5} \text{kg} \cdot \text{m}^2$, $2 \cdot 10^{-5} \text{kg} \cdot \text{m}^2$.

20.1. $0,01 \text{kg} \cdot \text{m}^2$, $0,14 \text{N} \cdot \text{m}$; **20.2.** $0,52 \text{J}$; **20.3.** 75J ; **20.4.** $123,2 \text{J}$; **20.5.** $34,1 \text{J}$; **20.6.** $-0,21 \text{rad/s}^2$; $0,84 \text{N} \cdot \text{m}$; $946,5 \text{J}$; 179ayl ; **20.7.** 24J ; **20.8.** $29,4 \text{J}$; **20.9.** $2,5 \text{mJ}$; **20.10.** 355J ; **20.11.** $7,6 \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; **20.12.** 253J ; **20.13.** $4,1 \text{m}$; **20.14.** $7,56 \text{m}$; **20.15.** 77J ; **20.16.** $a_1=3,5 \text{m/s}^2$, $a_2=3,27 \text{m/s}^2$, $a_3=2,44 \text{m/s}^2$, $a=4,9 \text{m/s}^2$; **20.17.** $\vartheta_1 = 2,65 \text{m/s}$, $\vartheta_2 = 2,56 \text{m/s}$, $\vartheta_3 = 2,21 \text{m/s}$, $\vartheta = 3,13 \text{m/s}$; **20.18.** $-0,21 \text{rad/s}^2$; $0,42 \text{N} \cdot \text{m}$; 630J ; 240ayl ; **20.19.** $0,01 \text{kg} \cdot \text{m}^2$; $94 \cdot 10^{-3} \text{N} \cdot \text{m}$; **20.20.** $86,5 \text{sm}$; **20.21.** 490J ; **20.22.** 5s ; **20.23.** 480J ; **20.24.** 81^0 ; **20.25.** $7,1 \text{m/s}$; **20.26.** $\omega_1 = \omega_2 = 14 \text{rad/s}$, $\vartheta_1 = 2,1 \text{m/s}$, $\vartheta_2 = 1,05 \text{m/s}$; **20.27.** 162J ; **20.28.** 214W ; **20.29.** $7,11 \text{kJ}$, $28,4 \text{kJ}$; **20.30.** $1,99 \text{N} \cdot \text{m}$.

21.1. 667nN ; **21.2.** $19,2 \cdot 10^6 \text{m}$; **21.3.** $2,18 \text{m}$; **21.4.** $3,69 \text{N/kg}$; **21.5.** $1,61 \text{m/s}^2$; **21.6.** $0,21 \text{m/s}^2$; **21.7.** $54,3 \text{R}$; **21.8.** $1,86 \cdot 10^{-44} \text{N}$; **21.9.** $-3,8 \cdot 10^{-10} \text{J}$; **21.10.** $6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; **21.11.** $g_{\text{oy}} = 0,165 g_y$; **21.12.** 6 marta kamaytirilgan; **21.13.** 25 marta kichik; **21.14.** $0,5 \text{rad/s}$; **21.15.** 4m/s^2 ; **21.16.** 27; **21.17.** $g/2,25$; **21.18.** R ; **21.19.** $2R$; **21.20.** 1600km ; **21.21.** $\frac{30\pi}{\gamma T^2}$; **21.22.** $\rho = \frac{3}{4} \frac{g}{\pi \gamma R}$; **21.23.** 872m/s ; **21.24.** $\frac{3g_0}{4}$; **21.25.** 2,5.

22.1. $1,69 \cdot 10^6 \text{m}$; **22.2.** $7,27 \cdot 10^{-5} \text{rad/s}$, $42,2 \text{Mm}$; **22.3.** $2\pi \sqrt{r^3/\gamma \cdot M}$; **22.4.** $2R \sqrt{2\gamma \rho}$; **22.5.** 8; **22.6.** 11,6 soat; **22.7.** 4; **22.8.** $\sqrt{2}$ marta ortadi; **22.9.** 164 yil; **22.10.** $7,92 \text{km/s}$; **22.11.** 15km/s ; **22.12.** $6,21 \cdot 10^{23}$; **22.13.** $-0,015354 \text{N}$, $0,015391 \text{N}$; **22.14.** $6 \cdot 10^{24} \text{kg}$; **22.15.** 130m/s ; **22.16.** $6,12 \text{km/s}$; **22.17.** 10km/s ; **22.18.** $42,1 \text{km/s}$; **22.19.** $72,6 \text{km/s}$; **22.20.** $11,2 \text{km/s}$; **22.21.** 30km/s ; **22.22.** $\vartheta_1 = 7,91 \text{km/s}$, $\vartheta_1 = 7,79 \text{km/s}$, $\vartheta_1 = 5,46 \text{km/s}$, $T_1 = 1 \text{h} 25 \text{min}$, $T_1 = 1 \text{h} 28 \text{min}$, $T_1 = 4 \text{h} 16 \text{min}$; **22.23.** $9,2 \text{m/s}^2$; **22.24.** $T_1 = 7 \text{soat}$, $T_2 = 31,2 \text{soat}$; **22.25.** 35800km ; **22.26.** $\vartheta = 1,7 \text{km/s}$, $T =$

1 saat 50 min; **22.27.** $h = -R \pm R\sqrt{g/g_h}$, $h=R$; **22.28.** 13590 km; **22.29.** 2; **22.30.** 0,75 R.

23.1. 910; **23.2.** 100 sm³; **23.3.** 23 g; **23.4.** 1,2kN; **23.5.** 3,8 N; **23.6.** 4sm; **23.7.** 10 sm²; **23.8.** O'zgarmaydi; 0,8 N; **23.9.** 20600t; **23.10.** 1,08 kg; **23.11.** 4080 kg/m³; **23.12.** 32 g; **23.13.** 12,8 sm³; **23.14.** 0,8 sm; **23.15.** 8,3 mm; **23.16.** 4,1 kg; **23.17.** 6 sm; **23.19.** 500; **23.20.** 16; **23.21.** 5; **23.22.** 16; **23.23.** 2; **23.24.** 4; **23.25.** 10. **23.26.** 300; **23.27.** 390; **23.28.** 30; **23.29.** 960; **23.30.** 460.

24.1. 3; **24.2.** 0,12 m/s; **24.3.** 0,4 m; **24.4.** $h = \frac{2m\vartheta^2}{\pi\rho lgd^2} = 31 m$; **24.5.** 31 kN; **24.6.** $\eta = \frac{mgS_1h_1n}{S_2Nt} = 54\%$; **24.7.** 0,47; **24.8.** 2 kPa; **24.9.** 0,5 m; **24.10.** $\vartheta_1 = \sqrt{2gh + al} = 4,6 m/s$; $\vartheta_2 = \sqrt{2gh - al} = 4,2 m/s$; **24.11.** $7 \cdot 10^{-4} m^3/s$; **24.12.** 14 N; **24.13.** 63 N; **24.14.** $F = c_x \frac{\rho S \vartheta}{2} = 3,7 kN$; **24.15.** 2,2 kW; **24.16.** 140 kW; **24.17.** 0,9; **24.18.** $\vartheta = \sqrt{2\Delta P / (n^4 - 1)\rho} = 0,5 m/s$; **24.19.** $N = \frac{nPm}{t\rho} = 2,2 W$; **24.20.** 60 kJ; **24.21.** 4,9 N; **24.22.** 0,15 m/s; 33 m/s; **24.23.** 10F; **24.24.** 2; **24.25.** 2500.

25.1. 1s; **25.2.** $\vartheta_{max}=7,5sm/s$; $a_{max}=11sm/s^2$; **25.3.** $x = 5\sin(\pi t + \frac{\pi}{4})$; **25.4.** A=12 sm; **25.5.** 2 s; 36⁰; **25.6.** 0,6 s; 1,25 Hz; π rad; **25.7.** 1) $\frac{\pi}{3} rad$; 2) $\frac{3\pi}{4} rad$; 3) $\frac{7\pi}{4} rad$; **25.8.** 1) $\frac{5\pi}{6} rad$; 2) $\frac{\pi}{3} rad$; 3) $\frac{5\pi}{4} rad$; 4) $\frac{5\pi}{3} rad$; **25.10.** $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, bunda A= 4 sm, $\omega = \pi rad/s$, $\varphi = \frac{\pi}{2} rad$. 1) $\frac{5\pi}{3} rad$; 2) 0,842 π rad; **25.11.** $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ bunda A=d/2=10 sm, $\omega = \frac{\pi}{2} rad/s$; $\varphi = \frac{\pi}{2} rad$; $x = \pm 8,66 sm$; $\dot{x} = -5,25 sm/s$, $\ddot{x} = 9,5 sm/s^2$; **25.12.** $x = 0,05\sin(5\pi t + \frac{\pi}{4})$; **25.13.** $x = 0,1\sin\frac{\pi}{2}t$; **25.14.** $x = 0,05\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4})$; $x = 0,05\sin\frac{\pi}{4} = 0,035$; $x = 0,05\sin(\frac{\pi}{2} \cdot 1,5 + \frac{\pi}{4}) = 0$; **25.15.** 1) $x = 0,05\sin\frac{\pi}{4}t$; 2) $x = 0,05\sin(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{2}) = 0,05\cos\frac{\pi}{4}t$; 3) $x = 0,05\sin(\frac{\pi}{4}t + \pi) = -0,05 \cdot \sin\frac{\pi}{4}t$ 4) $x = 0,05\sin(\frac{\pi}{4}t + \frac{3\pi}{2}) = -0,05\cos\frac{\pi}{4}t$ 5) $x = 0,05\sin\frac{\pi}{4}t$;

25.16. 2s; **25.17.** $t = \frac{T}{6}$; **25.18.** 1 s; **25.19.** $\vartheta_{max} = \frac{2\pi}{T}A = 7,85 \cdot 10^{-2}m/s$; $a_{max} = \left| -\frac{4\pi^2}{T^2}A \right| = 0,12m/s^2$ **25.20.** $T=4s$; $\vartheta_{max} = 3,14 \cdot 10^{-2}m/s$; $a_{max} = 4,93 \cdot 10^{-2}m/s^2$ **25.22.** 13,6 sm/s; **25.23.** 2200; **25.24.** 8; **25.25.** 480; **25.26.** 2; **25.27.** 24; **25.28.** 4; **25.29.** 2; **25.30.** 20.

26.1. $\frac{\pi}{3} rad$; **26.2.** $\frac{2\pi}{3} rad$ yoki $\frac{4\pi}{3} rad$; **26.3.** $x = 1,41\cos(\pi t + 0,25\pi)$; **26.4.** 2,24 sm; 0,159 Hz; $0,353\pi rad$; $x = 2,24\cos(t + 0,253\pi)$; **26.5.** 3,86 sm; $0,417\pi rad$; $x = 3,86\cos(4,19t + 0,417\pi)$; **26.6.** 6 sm; $0,417\pi rad$; $x = 6\cos(4,19t + 0,417\pi)$; **26.7.** 1) 2,24 sm, $0,686\pi rad$; 2) 1,41 sm, $0,917\pi rad$; **26.8.** 2 s; **26.9.** $f = -\frac{A_2}{A_1}x$; $y = -\frac{1}{2}x$; **26.10.** $y = -\frac{A_2}{A_1}x$; $y=-2x$; **26.11.** 1) $y=x$; 2) $y = \frac{A_2}{A_1}x$, $y = \frac{3}{2}x$; 3) $x^2+y^2=A^2$, $x^2+y^2=4$; 4) $y = -\frac{A_2}{A_1}x$, $y=-2x$; 5) $x^2+y^2=A^2$, $x^2+y^2=9$; 6) $\frac{x^2}{A_2^2} + \frac{y^2}{A_1^2} = 1$;) $\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{9} = 1$; 7) $y = \frac{A}{A_1}x$; $y=3x$ 8) $y = \frac{A_2}{A_1}x$, $y=-2x$; **26.12.** $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$; $\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{1} = 1$; **26.13.** $\frac{x^2}{0,25} + \frac{y^2}{4} = 1$; **26.14.** $\frac{x^2}{100} + \frac{y^2}{25} = 1$; $\vartheta = 1,37 m/s$; **26.15.** $y = -2\frac{A_2}{A_1}x^2 + A_2$, $y = -\frac{1}{2}x^2 + 1$; **26.16.** 1) $y = A - 2\frac{x^2}{A}$, $y = -x^2 + 2$; 2) $y = 2\frac{x^2}{A} - A$, $y = x^2 - 2$; 3) $2Ay - A_1x^2 = AA_1$, $y = \frac{3}{4}x^2 + \frac{3}{2}$; 4) $x = 2\left(\frac{A_1}{A}\right)y\sqrt{1 - \frac{y^2}{A^2}}$, $x = y\sqrt{4 - y^2}$; **26.17.** $y = \frac{A_2^2}{2A_1}(A_1 - x)$, $y = \frac{9}{4}(2 - x)$

27.1. 1,45 s; **27.2.** $\Delta x=11sm$; **27.3.** 2 kN/m; **27.4.** $x = 0,04\sin(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{3})$; **27.5.** $l=2,5 sm$; **27.6.** J: $T=0,6 s$; **27.7.** $x = 0,05\sin 100\pi t$; **27.8.** 9 J; **27.9.** 100 N/m; **27.10.** $x = 0,04\sin(\pi t + \frac{\pi}{3})$; **27.11.** $x = \frac{A^2F}{2W} = 1,5 sm$; **27.12.** 8; **27.13.** 2; **27.14.** 5; **27.15.** 16; **27.16.** 7; **27.17.** 7; **27.18.** 40; **27.19.** 15; **27.20.** 150; **27.21.** 125; **27.22.** 5; **27.23.** 5; **27.24.** 13; **27.25.** 7.

28.1. $\frac{A_1}{A_2} = 1,2$; **28.2.** 0,023; **28.3.** 120 s; **28.4.** 15 min; **28.5.** 0,0023;
28.6. $N = \frac{1}{2} \ln \frac{A_1}{A_2} = 231$; **28.7.** 173; 2 min; **28.8.** $9,16 \cdot 10^{-5}$ kg/s; **28.9.**
 1,005; **28.10.** 35; **28.11.** 1) 0,025 2) 1,59 Hz 3) 0,0157; 4) 64; **28.12.**
 $v = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{l}}$; **28.13.** $\vartheta = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 10,2$ m/s; **28.14.** 1002 Hz; **28.15.** $\Delta v =$
 $\frac{\delta^2}{4\pi^2 v_0} = 4,05$ Hz; **28.16.** $\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta v}{v_0}} = 0,089$; **28.17.** $v_{rez} =$
 $\sqrt{\frac{2}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}} = 1,75$ Hz; **28.18.** 0,11 s⁻¹; 5 sm; **28.19.** $F_0 = 2\pi v_0 r A_{rez} =$
 0,314 mN.

29.1. 100 Hz, 3,14 m; 2) 314 m/s; 3) 3,14 m/s; $1,97 \cdot 10^3$ m/s²; **29.3.**
 $\xi(0, t) = A \cos 2\pi vt$; $\xi = 2$ μ m; **29.4.** 1) 350 m/s ; 2) 0,79 m/s; **29.5.**
 1) - 0,1 mm; 2) 0,363 m/s 3) 0,439 km/s²; **29.6.** 5,88 sm; **29.7.** -
 1,73 sm; **29.8.** 1,26 rad; **29.9.** 1,57 rad; **29.10.** 50 Hz; **29.11.** 15 m/s;
29.12. 1,73 mm; **29.13.** 1) $l_{tug} = (2m + 1)\vartheta/(4v)$; $l_{tug} = 2,5, 7,5,$
 $12,5$ sm, ... $A_{do'ng} = m\vartheta/2v$, $A_{do'ng} = 0,5, 10$ sm, ... 2) $l_{tug} = m\vartheta/$
 $2v$, $l_{tug} = 0,5, 10$ sm, ... $A_{do'ng} = (2m + 1)\vartheta/(4v)$; $A_{do'ng} = 2,5,$
 $7,5, 12,5$ sm, ...; **29.14.** 1) 341 Hz 2) 268 Hz; **29.15.** 366 Hz.

30.1. 1) 5,06 km/s; 2) 3,31 km/s; 3) 4,44 km/s; **30.2.** 21 m; 17 mm;
30.3. 350 m/s; **30.4.** 23,7 mkJ; **30.5.** 3,01 mJ/m³ **30.6.** $2,51 \cdot$
 10^{-5} J/m³; **30.7.** 157 W; 60,2 mkJ/m³; **30.8.** 428 Pa·s/m; **30.9.** 1,39
 MPa·s/m; **30.10.** 0,472 mm/s²; **30.11.** 1,12; **30.12.** 1) 30 dB; 2) 31,6;
30.13. 1) 100 fon 2) 2 Pa; **30.14.** 82,5 mPa; **30.15.** 430 Pa·s/m; 93 mkPa;
30.16. 27,3 pW/m² va 1,87 pW/m²; **30.17.** 1) 20 dB; 2) 100 dB; **30.19.**
 1000 marta; **30.20.** 1) 63 dB; 2) 70 dB.

GLOSSARIY

№	O‘zbekcha	Inglizcha	Ta‘rifi
	Fizikaviy tushunchalar	Physical concepts	
1.	Mexanikaviy harakat	Mechanical movement	Jismlar yoki ular qismlari vaziyatining fazoda vaqt o‘tishi bilan bir-biriga nisbatan o‘zgarishi
2	Mexanika	Mechanic	Fizikaning mexanikaviy harakat-lar qonuniyatlarini va bu xarakat-larni keltirib chiqaruvchi va o‘zgartiruvchi sabablarni o‘rganuvchi bo‘limi
3	Klassik fizika	Classical physics	G.Galiley va I.Nyuton tomonidan yaratilgan va yorug‘likning bo‘shliqda tarqalish tezligiga nisbatan juda ham kichik tezliklarda harakatlanuvchi makroskopik jismlar harakati qonunlarini o‘rganuvchi mexanika
4	Relyativistik mexanika	Relativistic mechanics	A.Eynshteyn tomonidan yaratilgan maxsus nisbiylik nazariya-siga asoslangan va yorug‘likning bo‘shliqda tarqalish tezligi bilan taqqoslanarli tezliklarda harakatlanuvchi makroskopik jismlar harakati qonunlarini o‘rganuvchi mexanika

5	Kvant mexanikasi	Quantum mechanics	Fizikaning alohida atom va elementar (subatom) zarralar kabi mikroskopik jismlar (ob'ektlar) tabiatini o'rganuvchi bo'limi
6	Kinematika	Cinematics	Mexanikaning jismlar harakatini keltirib chiqaruvchi sabablarni hisobga olmagan holda bu harakatlarni o'rganuvchi bo'limi
7	Moddiy nuqta	the material point	Noldan farqli massaga ega bo'lgan va geometrik o'lchamlari qaralayotgan masofaga nisbatan hisobga olmaslik mumkin bo'lgan darajada kichik bo'lgan jism
8	Erkinlik darajalari soni	The number of degrees of freedom	Nuqtaning fazodagi vaziyatini to'liq aniqlovchi o'zaro bog'liq bo'lmagan koordinatalari soni
9	Harakat traektoriyasi	Trajectory	Jismning o'z harakati mobaynida bosib o'tgan nuqtalari to'pla-midan iborat bo'lgan egri chiziq
10	Oniy tezlik	The instantaneous speed	Harakatlanuvchi jism ko'chishi-dan vaqt bo'yicha olingan birin-chi tartibli hosilaga miqdor jihatidan teng bo'lgan va harakat traektoriyasining har bir nuqta-siga urinma bo'ylab yo'nalgan fizikaviy vektor kattalik
11	Traektoriya egriligi	Trajectory Curvature	Traektoriyaning berilgan nuqtasi-dagi egrilik radiusiga teskari bo'lgan fizikaviy kattalik

12	Tangensial tezlanish	Tangential acceleration	Aylanma harakat chiziqli tezligi o'zgarishini miqdor jihatidan tavsiflovchi va harakat traektoriya-siga urinma bo'ylar yo'nalgan fizikaviy vektor kattalik
13	Normal tezlanish	Normal acceleration	Aylanma harakatda traektoriya-ning berilgan nuqtasidan egrilik markazi tomon yo'nalgan va chiziqli tezlikning o'zgarishini miqdor jihatidan tavsiflovchi fizikaviy vektor kattalik
14	Burchak tezlik	Angular speed	Aylanma harakatda burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga miqdor jihatidan teng bo'lgan va yo'nalishi aylanish o'qi bo'ylab o'ng vint qoidasiga ko'ra aniqlanuvchi fizikaviy vektor kattalik
15	Markazga intilma tezlanish	Acceleration toward the center	Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan jismning normal tezlanishi
16	Dinamika	Dynamics	Mexanikaning jismlar harakatini keltirib chiqaruvchi va bu harakatning o'zgarishi sabablarini o'rganuvchi bo'limi

17	Nyutonning birinchi qonuni	Newton's first law	Ilgarilanma harakatlanuvchi jism-ga boshqa jismlar ta'sir qilma-gunicha yoki boshqa jismlar ta'siri o'zaro kompensatsiyalan-gan holida u o'z tezligini o'zgar-tirmasdan saqlaydigan shunday sanoq sistemalari mavjudligini tavsiflovchi qonun. Uni yana inersiya qonuni deb ham yuritiladi.
18	Inersiya	Inert	Jism tinch holati yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlay olish qobiliyatini tavsiflovchi fizikaviy tushuncha
19	Nyutonning ikkinchi qonuni	Newton's second law	Jismga ta'sir qilayotgan kuch, uning massasi va tezlanishlari orasidagi munosabatni miqdoriy ifodalovchi qonun
20	Nyutonning uchinchi qonuni	Newton's third law	Jismlar o'zaro ta'sirlashganda miqdor jihatidan teng, lekin yo'nalishi jihatidan qarama-qarshi bo'lgan kuchlar bilan ta'sirlashuvini tavsiflovchi qo-nun. Uni yana ta'sir-aks ta'sir qonuni deb ham yuritiladi.

21	Butun olam tortishish qonuni	The law of universal gravitation	Noldan farqli massaga ega bo'lgan har qanday jismlar o'zaro tortishishini va bu tortishish jismlar massalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional, jismlar massa markazlari orasidagi masofaning kvadratiga esa teskari proporsional bo'lgan kuch bilan ifodalanishini miqdoriy jihatdan tavsiflovchi qonun
22	Ishqalanish kuchi	Friction force	Jism boshqa bir jism sirtida harakatlanayotganda unga ta'sir qiluvchi va buning natijasida jismning mexanikaviy energiyasi ichki energiyaga aylanishiga sabab bo'luvchi mexanikaviy kuch
23	Elastik deformatsiya	The elastic deformation	Tashqi kuchlar ta'siri yo'qol-ganida jismning boshlang'ich shakli va o'lchamlari qayta tiklanishi hodisasi
24	Elastiklik kuchi	Elasticity	Deformatsiyalangan jismda yuzaga keluvchi va tashqi kuchlar ta'siriga teskari yo'nalgan mexanikaviy kuch
25	Guk qonuni	Guk's law	Deformatsiyalangan jismda yuzaga keluvchi kuchni deformatsiyalanish parametrlari bilan muno-sabatini miqdoriy va yo'nalish jihatidan ifodalovchi qonun

26	Kuchning elementar ishi	Elementary	Jismga qo'yilgan kuch va elemen-tar ko'chishlarning skalyar ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi fizikaviy kattalik
27	Quvvat	Strength	Birlik vaqt mobaynida bajarilgan ishga son jihatidan teng bo'lgan fizikaviy kattalik
28	Kinetik energiya	Kinetic energy	Jismning o'z harakati tufayli ega bo'ladigan energiyasi
29	Potensial energiya	Potential energy	Jismning boshqa biror jism (jismlar) yoki maydon bilan o'zaro ta'sirlashuvi tufayli ega bo'ladigan energiyasi
30	Mexanikaviy energiyaning saqlanishi qonuni	Law of the stored mechanical energy	Faqat konservativ kuchlar ta'sir qiluvchi sistemada to'liq mexanikaviy energiyaning vaqt o'tishi bilan o'zgarmasligini isbotlab beruvchi qonun
31	To'liq elastik zarba	Full elastic shock	O'zaro ta'sirlashayotgan jismlar-da hech qanday qoldiq deformatsiya qolmaydigan va bu jismlarning to'liq mexanikaviy energiyasi saqlanadigan zarba
32	To'liq noelastik zarba	Completely inelastic impact	O'zaro ta'sirlashuvdan so'ng jismlar birlashib xuddi yaxlit bir jismdek harakatlanish yuz beradigan zarba

33	Qo'zg'almas nuqtaga (o'qqa) nisbatan kuch momenti	Fixed point (fired) power were moments	Kuch vektorining uning qo'yilish nuqtasidan qo'zg'almas nuqtaga-cha (o'qqacha) bo'lgan (eng qisqa) masofaga vektor ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi fizikaviy vektor kattalik
34	Kuch momentining o'zgarmaslik xususiyati	The power to change the momentum feature	Kuch qo'yilgan nuqtani uning ta'sir qilish chizig'i bo'ylab boshqa biror bir nuqtaga ko'chirilganda ham qo'zg'almas nuqtaga (o'qqa) nisbatan kuch momenti o'zgarmasdan qolave-radi
35	Jismning biror bir aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti	An inert moments when the axis of rotation of the object	Biror qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jismning uning ushbu harakatidagi inertlik xususiyatini miqdor jihatidan tavsiflovchi fizikaviy kattalik
36	Moddiy nuqtaning qo'zg'almas nuqtaga nisbatan impuls momenti	Financial index fixed point impulse moments when	Moddiy nuqta impulsi vektori va uning qo'yilish nuqtasidan qo'z-g'almas nuqtagacha bo'lgan masofaga vektor ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi fizikaviy vektor kattalik
37	Momentlar tenglamasi	Moments equation	Jismning qo'zg'almas o'qqa nisbatan impuls momentidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasini shu jismning kuch momenti bilan ifodalovchi tenglama

38	Impuls momentining saqlanish qonuni	Law to avoid impulse momentum	Yopiq sistemadagi jismlar impuls momentlarining geometrik yig'indisi vaqt o'tishi bilan o'zgarishini isbotlovchi qonun
39	Xususiy yoki erkin tebranishlar	Private or fluctuations	Sistema tinch holatidan og'dirib qo'yib yuborilganida yuzaga keladigan tebranishlar
40	Garmonik tebranishlar	Harmonic vibrations	Tebranayotgan jismning ko'chi-shi sinus yoki kosinus qonuniga muvofiq yuz beradigan davriy jarayon
41	Garmonik tebranishlar xususiyati	Harmonic vibration feature	Davrining qiymati uning amplitudasi bilan bog'liq bo'lmagan tebranishlar
42	Koriolis qonuni	Law of Koriolis	Noinersial sanoq sistemasida o'zgarish burchas tezlik bilan harakatlanuvchi jismga ta'sir qiluvchi kuchni miqdor va yo'nalish jihatidan tavsiflab beruvchi qonun
43	Galileyning tezliklarni qo'shish munosabati	Due to the speed of Galileo	Bir inersial sanoq sistemasidan boshqa bir inersial sanoq sistemasiga o'tganda jism harakati tezligi o'zgarishini ifodalovchi munosabatlar
44	Eynshteynning birinchi postulati	Einstein's first postulati	Tabiatning barcha qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda yuz berishini ta'kidlovchi ilmiy faraz

45	Eynshteynning ikkinchi postulati – yorug‘likning bo‘shliqda tarqalish tezligining invariantligi prinsipi	Einstein’s second postulat - the distribution of the light principle invariant	Yorug‘likning bo‘shliqda tarqalish tezligining kuzatuvchiga va yorug‘lik manbaining harakatlanish tezligiga bog‘liq emasligi va bu hodisa barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda yuz berishini ta‘kidlovchi ilmiy faraz
46	Jismning tinchlikdagi massasi	Body-mass	Tayin bir sanoq sistemasiga nisbatan tinch turgan jismning shu sanoq sistemasining o‘zida o‘lchangan massasi
47	Jism massasi va energiyasi o‘rtasidagi munosabat	Body mass and energy on the occasion	Jismning massasi va energiyasini bog‘lovchi munosabat
48	Jismning tinchlikdagi energiyasi	Kinetic energy of peace	Jismning tinchlikdagi massasi va energiyasini bog‘lovchi munosabat
49	Gidroaerodinamika	Gidroaerodinamika	Mexanikaning suyuqlik va gazlar muvozanati va harakati, ular o‘rtasidagi va qattiq jismlar sirti bo‘ylab oqishidagi o‘zaro ta‘sirlarni o‘rganuvchi bo‘limi
50	Siqilmaydigan suyuqlik	Liquid Siqilmaydigan	Hamma nuqtalarda zichligining kiymati bir xil bo‘lgan va vaqt mobaynida o‘zgarmaydigan suyuqlik

51	Suyuqlik bosimi	Fluid pressure	Suyuqlik tomonidan birlik yuzaga ta'sir qiluvchi va shu suyuqlik joylashgan idish sirtiga tik yo'nalgan kuchga teng bo'lgan fizikaviy kattalik
52	Paskal qonuni	Pascal's law	Muvozanat holatidagi suyuqlik-ning o'zi turgan idish devoriga bosimi idishning barcha nuqtalarida bir xilligini isbotlovchi qonun
53	Arximed qonuni	Archimedes	Suyuqlik yoki gazga botirilgan jismga shu suyuqlik yoki gaz tomonidan jism botirilgan qismining hajmiga teng miqdorda olingan suyuqlik yoki gaz og'irligiga teng va yuqoriga qarab tik yo'nalgan kuch ta'sir qilishini isbotlovchi qonun
54	Uzluksizlik tenglamasi	Continuity equation	Siqilmaydigan suyuqlik oqimi tezligining shu suyuqlik oqayotgan truba ko'ndalang kesimi yuzasiga ko'paytmasi trubaning ixtiyoriy nuqtasida bir xilligini ifodalovchi munosabat
55	Statik bosim	Static pressure	Suyuqlik tomonidan o'zi oqayotgan jism sirtiga beradigan bosimi
56	Dinamik bosim	Dynamic pressure	Suyuqlik zichligining uning oqimi tezligi kvadratiga ko'paytmasiga teng bo'lgan fizikaviy kattalik

57	Torrichelli formulasi	Torricelli's formula	Suyuqlikning o'zi joylashgan idish devori yoki tubining kichik teshigi orqali oqib chiqish tezligi suyuqlik ustuni balandligi va erkin tushish tezlanishiga ko'paytmasidan olingan kvadrat ildizga to'g'ri proporsional ekanligi ifodalovchi munosabat
58	Qovushqoqlik	Viscosity	Real yoki suyuqliklarning shu gaz yoki suyuqlik bir qismini boshqa kislmlariga nisbatan siljishiga qarshilik ko'rsatish xususiyati
59	Ko'tarish kuchi	The power to raise	Suyuqlik yoki gazda harakatlanuvchi jismga ta'sir qiluvchi va suyuqlik oqimi yo'nalishiga tik yo'nalgan kuch

ILOVALAR

1-jadval

Ba'zi astronomik kattaliklar

Nomlanishi	Son qiymati
Yerning o'rtacha radiusi	$6,37 \cdot 10^6$ m
Yerning massasi	$6,96 \cdot 10^{24}$ kg
Quyoshning radiusi	$6,95 \cdot 10^8$ m
Quyoshning massasi	$1,97 \cdot 10^{30}$ kg
Oyning radiusi	$1,74 \cdot 10^6$ m
Oyning massasi	$7,3 \cdot 10^{22}$ kg
Yerning markazidan Quyoshning markazigacha bo'lgan o'rtacha masofa	$1,5 \cdot 10^{11}$ m
Yerning markazidan Oyning markazigacha bulgan o'rtacha masofa	$3,84 \cdot 10^8$ m

Ba'zi bir qattiq jismlarning xossalari

2-jadval

Modda	Zichlik kg/m ³	Erish temperatu- rasi, °C	Solishtirma issiqlik si- g'imi		Erish so- lishtirma issiqligi, j/kg	Chiziqli issiqlik kengayish koeffi- sienti, grad ⁻¹
			j/kg·grad	kcal/kg ·grad		
Alyuminiy	2600	659	896	0,214	$3,22 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Temir	7900	1530	500	0,119	$2,72 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Jez	8400	900	386	0,092	-	$1,9 \times 10^{-5}$
Muz	900	0	2100	0,5	$3,35 \cdot 10^5$	-
Mis	8600	1100	395	0,094	$1,76 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Qalay	7200	232	230	0,055	$5,86 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Platina	21400	1770	117	0,028	$1,13 \cdot 10^5$	$0,89 \cdot 10^{-5}$
Po'kak	200		2050	0,49	-	
Qo'rg'oshi n	11300	327	126	0,03	$2,26 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

Kumush	10500	960	234	0,056	$8,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Po'lat	7700	1300	460	0,11	-	$1,06 \cdot 10^{-5}$
Rux	7000	420	391	0,093	$1,17 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

3-jadval

Ba'zi suyuqliklarning xossalari

Suyuqlik	Qovushqoqlik (20°C da) 10^{-4} $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}$
Benzol	6,3
Gliserin	14990
Kerosin	1800
Suv	10
Simob	1554
Spirt	11,9

4-jadval

Ba'zi bir suyuqliklarning xossalari

Suyuqlik	Zichlik kg/m^3	20 $^{\circ}\text{C}$ dagi solishtirma issiqlik sig'imi		20 $^{\circ}\text{C}$ dagi sirt taranglik koeffitsienti, N/m
		$\text{j}/\text{kg}\cdot\text{gra}$ d	$\text{Kal}/\text{g}\cdot\text{g}$ rad	
Benzol	880	1720	0,41	0,03
Suv	1000	4190	1	0,073
Gliserin	1200	2430	0,58	0,064
Kanakunj ut moyi	900	1800	0,43	0,035
Kerosin	800	2140	0,051	0,03
Simob	13600	138	0,033	0,5
Spirt	790	2510	0,6	0,02

5-jadval

Ba'zi bir qattiq jismlarning elastiklik xossalari

Modda	Mustahkamlik chegarasi N/m	Yung moduli N/m ²
Alyuminiy	$1,1 \cdot 10^8$	$6,9 \cdot 10^{10}$
Temir	$2,94 \cdot 10^8$	$19,6 \cdot 10^{10}$
Mis	$2,45 \cdot 10^8$	$11,8 \cdot 10^{10}$
Qo'rg'oshin	$0,2 \cdot 10^8$	$1,57 \cdot 10^{10}$
Kumush	$2,9 \cdot 10^8$	$7,4 \cdot 10^{10}$
Po'lat	$7,85 \cdot 10^8$	$21,6 \cdot 10^{10}$

6-jadval

Trigonometrik funksiyalarning qiymatlari

Burcha k	sin	Tg	stg	cos	Burcha k
0	0	0		1	90
1	0,0175	0,0175	57,29	0,9998	89
2	0,0349	0,0349	28,64	0,9994	88
3	0,0524	0,0524	19,08	0,9986	87
4	0,0698	0,0699	14,3	0,9976	86
5	0,0872	0,0875	11,43	0,9962	85
6	0,1045	0,1051	9,514	0,9945	84
7	0,1219	0,1228	8,144	0,9925	83
8	0,1392	0,1405	7,115	0,9908	82
9	0,1564	0,1584	6,314	0,9877	81
10	0,1736	0,1763	5,671	0,9848	80
11	0,1908	0,1944	5,145	0,9816	79
12	0,2079	0,2126	4,705	0,9781	78
13	0,225	0,3209	4,331	0,9744	77
14	0,2419	0,2498	4,011	0,9703	76
15	0,2588	0,2679	3,732	0,9659	75
16	0,2756	0,2867	3,487	0,9613	74
17	0,2924	0,3057	3,271	0,9563	73
18	0,309	0,3249	3,078	0,9511	72

19	0,3256	0,3443	2,904	0,9455	71
20	0,342	0,364	2,747	0,9397	70
21	0,3584	0,3839	2,805	0,9336	69
22	0,3746	0,404	2,475	0,9272	68
23	0,3997	0,4245	2,356	0,9205	67
24	0,4067	0,4452	2,246	0,9135	66
25	0,4226	0,4463	2,145	0,9063	65
26	0,4384	0,4877	2,05	0,8988	64
27	0,454	0,5065	1,163	0,891	63
28	0,4695	0,5317	1,881	0,8829	62
29	0,4848	0,5648	1,804	0,8746	61
30	0,5	0,5774	1,132	0,866	60
31	0,515	0,6009	1,664	0,8572	59
32	5290	0,6249	1,6	0,848	58
33	0,5446	0,6494	1,546	0,8387	57
34	0,5592	0,6745	1,483	0,829	56
35	0,5736	0,7002	1,428	0,8192	55
36	0,5878	0,7265	1,376	0,809	54
37	0,6018	0,7536	1,327	0,7986	53
38	0,6157	0,7813	1,28	0,788	52
39	0,6293	0,8998	1,235	0,7771	51
40	0,6428	0,8391	1,192	0,766	50
41	0,6561	0,8693	1,15	0,7547	49
42	0,6691	0,9004	1,111	0,7314	48
43	0,682	0,9325	1,072	0,7314	47
44	0,6947	0,9857	1,036	0,7193	46
45	0,7071	1	1	0,7071	45
	cos	Ctg	tg	Sin	

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 19 martdagi PF-5032-sonli "Fizika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori

Chertov A.Vorobev A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1997 y. 604 bet

2. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики; Учебное пособие.-11-е изд., перераб.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985.— 384 с

3. М.С. Цедрик. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Тошкент Ўқитувчи нашриёти, 1991.240 б.

4. Strelkov S.P. Механика-Toshkent, o'qituvchi nashriyoti, 1977. 579 bet

5. А. И. Черноуцан Физика задачи с ответами и решениями. 2011.352с

6. Atoeva M.F., Arabov J.O., Kobilov B.B. Innovative Pedagogical Technologies For Training The Course Of Physics.// Journal of Interdisciplinary Innovations and Research, (2020). 2(12), PP 82-91.

7. Arabov J.O., Sattorova G.H. Technique For Solving Problems in Mechanic // Central Asian Journal Of Mathematical Theory And Computer Sciences (2021) №2 (10),pp 37-42

8. J ARABOV. Fizik masalalarni ishlashda ilgor pedagogik texnologiyalardan foydalanish. // Центр научных публикаций. Том 8 № 8 (2021).

9. Ж.О. Арабов "Механика bo'limi" ga doir mavzularni dasturiy ta'lim vositalari yordamida o'qitish. // Образование и инновационные исследования международный научно-методический журнал. 5. 2021.

10. Arabov J.O., Fayziyeva X. A. General considerations on the methodology for solving problems in physics // Gospodarka i Innowacje (2022) №22, С 619-623.

11. J Arabov. "Механика bo'limi" ga doir masalalarni grafik usulda mathcad dasturi yordamida yechish metodikasi. // центр научных публикаций (buxdu. Uz), 2023

12. A.J Olimboyevich. Fizika fanidan masalalar yechishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish. // Finland International Scientific Journal of Education ..., 2023

13. J.O. Arabov. Fizikadan ijodiy masalalarning turlari va ijodiy mashqlarning o‘quv jarayonidagi o‘rni. // Involta Scientific Journal, Vol. 2 No.9 December (2023). 38-46.

14. J.O. Arabov, A.A.Qo'chqorova. Masofaviy o'qitish usullari. // Involta Scientific Journal, Vol. 2 No.8 November (2023). 108-117.

15. Arabov Jasur Olimboyevich. 7-sinfda fizikaning “Mexanika” bo‘limini o‘rganishning o‘ziga xos tomonlari va tutgan o‘rni. // Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities, Tom 11 № 6 (2023). 758-767

Mundarija

Kirish	3
1 Mexanik harakat. To'g'ri chiziqli harakat. To'g'ri chiziqli tekis harakat. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat.	4
2 Egri chiziqli harakat. Yuqoriga tik otilgan jism harakati.	13
3 Gorizonttal va gorizontga qiya otilgan jism harakati va ularning harakat tenglamalari.	22
4 Jismlarning o'zaro ta'siri. Nyutonning II qonuni. Nyutonning III qonunining umumiy ko'rinishi va tadbiqu.	31
5 Jismlarning erkin tushishi. Og'irlik. Vaznsizlik. O'ta yuklanish.	39
6 Impuls. Impulsning saqlanish qonuni.	49
7 Kuchning ishi. Mexanizmlarning F.I.K.	55
8 Mexanik energiya. Jismning to'liq mexanik energiyasi.	61
9 To'lik noelastik va elastik to'qnashishlar.	66
10 Elastiklik kuchlari. Mexanik kuchlanish. Mustaxkamlik.	74
11 Elastiklik moduli. Bikrlik.	79
12 Deformatsiyalangan jism energiyasi.	83
13 Qovushoq ishqalanish. Stoks formulasi.	86
14 Quruq ishqalanish. Sirpanish ishqalanish. Dumalanish ishqalanish.	91
15 Qattiq jismning inersiya momenti.	99
16 Qattiq jismning ilgarilanma va aylanma harakati.	105
17 Jismning qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakat qonuni va uning tenglamasi.	110
18 Impuls momenti va uning saqlanish qonuni.	115
19 Shteyner teoremasi va uning tadbiqu. Qattiq jism inersiya markazining harakat qonuni.	121
20 Aylanma va ilgarilanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi.	125
21 Butun olam tortishish qonuni. Tortishishning potentsial energiyasi.	133
22 Koinot mexanikasining asosiy qonunlari. Kepler qonunlari.	139
23 Suyuqliklar mexanikasi. Arximed va Paskal qonunlari.	145
24 Bernulli tenglamasi. Suyuqlik yoki gaz oqimining jismga ta'siri.	154
25 Davriy jarayonlar. Garmonik tebranishlar kinematikasi.	160
26 Tebranishlarni qo'shish.	165
27 Garmonik tebranishlar dinamikasi.	172
28 So'nuvchi tebranishlar. Majburuy tebranishlar. Rezonans.	180
29 Mexanik to'liqlarda Doppler effekti. Tovush bosimi.	184
30 Tovush intensivligi va tovush balandligi.	190
Javoblar	194
GLOSSARIY	201
ILOVALAR	212
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI	216

J. O. ARABOV, H. O. JO‘RAYEV

MEXANIKA FANIDAN MASALALAR YECHISH

O‘QUV QO‘LLANMA

Muharrir:	E.Eshov
Tex. muharrir:	D.Abduraxmonova
Musahhih:	M.Shodiyeva
Badiiy rahbar:	M.Sattorov

Nashriyot litsenziyasi № 022853. 04.03.2022.

Original maketdan bosishga ruxsat etildi: 27.03.2024. Bichimi 60x84.

Kegli 16 shponli. “Times New Roman” garnitura 1/16.

Ofset bosma usulida. Ofset bosma qog‘ozi.

Bosma tabog‘i 13,75. Adadi 100. Buyurtma № 329.



“BUXORO DETERMINANTI” MCHJ
bosmaxonasida chop etildi.
Buxoro shahar Namozgoh ko‘chasi 24 uy
Tel.: + 998 91 310 27 22