

***O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI***

Namangan davlat universiteti

UMUMIY FIZIKADAN

***AYLANMA XARAKAT QONUNLARINI
O'RGANISHGA DOIR
laboratoriya ishlari uchun***

USLUBIY KO'RSATMA.



Namangan – 2011

Ushbu uslubiy qo'llanma NamDU fizika-matematika fakul'teti o'quv-uslubiy kengashining 2011 yil 3 martdagi yig'ilishida muxokama qilingan va nashrga tavsiya etilgan.

Bayonnoma № 7

Tuzuvchilar : *f.-m.f.d. prof. N.Raximov*
f.-m.f.n.dots. S.G'aybullaev
f.-m.f.n.dots. U.Boboxo'jaev
Sh.Po'latov

Taqrizchi: *f.-m.f.n.dots. M.Dadamirzayev*

Saxifalovchi: *A.Dadaboev*

AYLANMA XARAKAT

Jismning xarakat traektoriyasi aylanadan iborat bo'lsa bunday xarakatni **aylanma xarakat** deyiladi.

Aylanma xarakatning kinematik tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\varphi = \varphi(t) \quad (1)$$

Aylanma xarakatning jadalligini burchak tezlik- ω degan kattalik bilan xaterlanadi.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (2)$$

$\Delta\varphi$ -moddiy nuqta radius vektorining burilish burchagi.

Burilish burchagi $\Delta\varphi$ ni burilish uchun ketgan vaqtga nisbatiga **burchak tezlik** deyiladi.

yoki

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad (3)$$

ya'ni burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli xosilasiga **burchak tezlik** deyiladi. Nuqta aylana bo'ylab tekis xarakatlanayotgan bo'lsa ixtiyoriy vaqtdagi burilish burchagi

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t \quad (4)$$

formuladan topiladi.

Nuqtaning ilgarilanma xarakat tezligi $\mathcal{V}$ bilan burchak tezligi bir-biri bilan quyidagicha bog'langan:

$$\mathcal{V} = \omega \cdot R \quad (5)$$

R-nuqtaning aylanma xarakat radiusi.

Moddiy nuqta notekis aylanma xarakat qilayotgan bo'lsa, burchak tezlikning vaqt bo'yicha o'zgarishini xarakterlash uchun burchak tezlanishi - ε kiritilgan.

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t - t_0} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (6)$$

ω_0 -boshlang'ich vaqtdagi burchak tezlik.

Ko'pincha boshlang'ich vaqt $t_0 = 0$ deb olinadi.

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad (7)$$

Notekis aylanma xarakatda istalgan vaqtdagi burchak tezlik

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t \quad (8)$$

Formula orqali aniqlanadi.

(7) formuladagi musbat ishora tekis tezlanuvchan, manfiy ishora esa tekis sekinlanuvchan aylanma xarakat uchun.

Birlik vaqt ichida burchak tezlikning o'zgarishiga **burchak tezlanish** deyiladi.

$$\text{yoki } \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (9)$$

burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli xosilaga; yo burchak tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli xosilaga – **burchak tezlanish** deyiladi.

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

$$E_k = \frac{J\omega^2}{2} \quad (10)$$

J-qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti; ω - burchak tezlik.

Jism bir vaqtning o'zida ham ilgarilanma, ham aylanma xarakat qilishi mumkin. Bunday xolda to'liq kinetik energiya:

$$E_k = \frac{m g_c^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} \quad (11)$$

g_c -jism massa markazining ilgarilanma harakat tezligi.

Aylanma xarkat dinamikasining asosiy tenglamasi quyidagicha bo'ladi.

$$\vec{M} = J \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad (12)$$

$\vec{M} = \vec{F} \cdot l$ -aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti; $\vec{F}$ -qattiq jismga qo'yilgan kuch; l -kuch qo'yilgan nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa; J - aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti.

LABORATORIYA ISHI № 1

G'ILDIRAKNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH.

Kerakli asbob va materiallar: 1) gorizantal o'qqa o'rnatilgan g'ildirak (disk); 2) diskning ikki o'yma teshigiga o'rnatilgan juft yuklar; 3) shkiv gardishiga ip yordamida osiladigan yuklar toplami; 4) ikkita sekundomer; 5) shtangsirkul; 6) millimetrli va santimetrli lineyka.

QISKACHA NAZARIYA.

Qattiq jismni aylanma harakatga keltirish uchun, uning biror nuqtasiga G' tashqi kuchni shunday ko'yish kerakki, uning ta'sir chizig'i aylanish o'qiga parallel bo'lmasligi va shu o'qdan o'tmagan bo'lishi kerak. Faraz qilaylik tashqi ta'sir etuvchi G' kuch aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekislikda, aylanish o'qidan r_i masofada qo'yilgan bo'lsin. Bu holda qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti M shu kuchni kuch elkasi ko'paytmasiga teng bo'lib, ushbu ifoda orqali aniqlanadi:

$$M_i = [r_i F_i] \quad (1)$$

Yoki uning moduli $M = rF \sin \alpha$, bundagi $r \sin \alpha = d$ – kuch elkasi deyiladi.
Yohud $M = rF$, bu erda $F = F \sin \alpha$

Ko'yilgan kuch ta'sirida qattiq jism aylanma harakat qilib, β burchak tezlanish oladi. Ma'lumki, burchak tezlanishining qiymati qattiq jismning shakli, xususiyatiga bo'lik bo'lgan va aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti deb ataluvchi fizik kattalikka ham bog'liq bo'ladi. Agar qattiq jismning fikran aylanish o'kidan r_i masofada joylashgan massasi dm_i bo'lgan juda ko'p mayday bo'laklarga, moddiy nuqtalarga ajratib ko'rsak, ajratib olingan ixtiyoriy nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti son qiymati jihatidan nuqta massasi dm_i ning aylanish o'qidan nuqtagacha bo'lgan masofaning kvadrati r_i^2 ko'paytmasiga teng. Yani:

$$\Delta I_i = \Delta m_i r_i^2 \quad (2)$$

qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti esa, shu jismni tashkil etuvchi barcha moddiy nuqtalarning inertsia momentlar yig'indisiga teng. YAni:

$$I = \Delta m_1 r_1^2 + \Delta m_2 r_2^2 + \Delta m_i r_i^2 = \sum_{i=1}^n m_n r_n^2 \quad (3)$$

Shunday qilib, jismning inertsia momenti uning fakat massasigagina bog'liq bo'lmasdan, balki massaning aylanish o'qiga nisbatan taqsimlanishiga (demak nuqtaning aylanish o'qiga joylashishiga nisbatan) ham bog'liqdir. Qattiq jismning aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan kuch momenti bilan inertsia momenti o'zaro quyidagicha munosabat orqali bog'langan:

$$M = I d\omega/dt = I\beta \quad (4)$$

Bu erda ω -jismning burchak tezligi, $\beta = d\omega/dt$ - uning burchak tezlanishi.

Demak, jismga ta'sir etuvchi kuchning momenti, uning inertsia momenti bilan burchak tezlanish ko'paytmasiga teng ekan. Ikkinchi tomondan kuch momenti harakat mikdori momentidan (impul's momentidan) vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng.

$$M = dN/dt \quad (5)$$

Bu erda $dN = I d\omega$ impul's momentining dt vaqt ichida o'zgarishi. Bundan quyidagi hulasa kelib chikadi: agar inertsia momenti o'zgarmas bo'gan jismda doimiy tashqi kuch yoki kuch momenti ko'yilgan bo'lsa, uning aylanish o'qiga nisbatan harakat mukdor momenti vaqt bo'yicha o'zgarib, jism o'zgarmas burchak tezlanish bilan harakatlanadi.

Jismning og'irlik markazidan o'tgan aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti I_0 – aniq bo'lsa, shu o'qqa parallel bo'lgan ixtiyoriy o'k uchun jismning inertsia momenti SHteyner teoremasiga asosan

$$I = I_0 + md^2 \quad (6)$$

Ifoda bilan aniqlanadi. Bu erda m -jismning massasi, d -jismning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa. Bundan tashkari jismning inertsia momentini, unga ko'shimcha m_0 yukni, aylanish o'kidan d masofaga ko'yib ham o'zgartirish mumkin. Bu holda jismning inertsia momenti

$$I = I_0 + I_1 + m_0 d^2 \quad (7)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Bu erda I_1 - ko'shimcha yukning og'irlik markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inertsia momenti. Bu ishni bajarishdan asosiy maqsad: dinamikaning asosiy qonunini yuksiz va yukli g'ildirak (disk) uchun tajribada tekshirishdir, hamda diskning inertsia momentlarini nazariy va tajriba yo'li bilan aniqlab ularni taqqoslash va SHteyner teoremasini tekshirib ko'rishdir.

NAZARIY USUL.

Tajribada gorizantal o'qqa o'rnatilgan R katta radiusli kalinligi ε ga teng bo'lgan bir jinsli diskning va uni harakatga keltirish uchun ip yordamida yuk osiladigan ko'shimcha r - radiusli va kalinligi ε_1 ga teng bo'lgan shkiv bilan birgalikdagi inertsia momentini aniqlash kerak bo'ladi. Katta radiusli disk ikkita simmetrik, aylanish o'kidan d masofada joylashgan $K_1 R_1$ radiusli mahsus o'yma teshik va R_2 radiusli chuqurligi ε_2 ga teng bo'lgan o'ymadan iborat. Bunday murakkab jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momentini topish uchun avval R va r radiusli yahlit disk va shkuflarning inertsia momentlarini hisoblab ($I = I_1 + I_2$), so'ngra sistemaning o'ymalar o'rniga mos keluvchi inertsia momentlari I_3 va I_4 ni SHteyner teoremasidan foydalangan holda hisoblab sistemaning inertsia momenti I dan ularni ayirib topiladi:

$$I_0 = I - 2(I = m_3 d^2) - I_4 \quad (8)$$

Bu erda m_2 - R_1 radiusli teshikchaga mos keluvchi g'ildirak disk materialidan yasalgan sterjenning massasi, d - o'yma teshiklarning markazi bilan diskning aylanish o'qi orasidagi masofa, I_3 o'yma teshikchaga mos keluvchi sterjenning og'irlik markazidan o'tuvchi aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti. Bu (8) formuladagi inertsia momentlarining o'rniga massalari va radiuslari orqali qiymatlarni ko'yib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_0 = 1/2 m_1 R^2 = 1/2 m_2 r^2 - 2(1/2 m_3 R_1^2 = m_3 d^2) - 1/2 m_4 R_2^2 \quad (9)$$

Bu formulaga kuruvchi massalarni zichlik ρ va hajm ifodalari orqali yozib, quyidagini hosil kilamiz:

$$I_0 = \frac{1}{2} \pi R^2 \rho R^2 + \frac{1}{2} \pi r^2 \varepsilon_1 \rho r^2 - 2 \left(\frac{1}{2} \pi R_1^2 \rho R_1^2 + \frac{1}{2} \pi R_1^2 \rho d^2 \right) - \frac{1}{2} \pi R_2^2 \varepsilon_2 \rho R_2^2 = \frac{1}{2} \pi \rho [\varepsilon (R^4 - 2R_1^4 - 2R_1^2 d^2) + r^4 \varepsilon_1 - R_2^4 \varepsilon_2] \quad (10)$$

Bu erda ρ -disk moddasining zichligi ($\rho=1200\text{kg/m}^3$),

R_1, l -katta diskning radiusi va kalinligi,

R_2 -o'yma teshiklarning radiusi,

r, l_1 -shkuv radiusi va kalinligi,

R_2, l_2 – chukurlikdagi o'ymaning radiusi.

Disk va shkiv kichik radiusli temirdan yasalgan o'qqa o'rnatilgan va uning inertsia momenti o'kning radiusi r kvadratiga proportsionalligidan va $r < R$ bo'lganligidan va diskning inertsia momenti ga nisbatan juda kichkinaligidan uni nazarga olmaydi. Bundan tashkari shkiv radiusi va o'yma teshikning radiusi ham radiusdan kichikligini va ularning disk inertsia momentiga beradigan hossasi 0.5% dan kamligini e'tiborga olib, (10) formulani shu aniqlik bilan quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$I_0 = 1/2 \pi \rho [\varepsilon (R^2 - 2R_1^2 d^2) - R_2^2 \varepsilon_2] \quad (11)$$

Shunday qilib, disk va o'yma teshik radiusi va ularni qalinligini bilgan holda (11) formuladan yuqoridagi uslubga asosan yuksiz diskning inertsia momenti aniqlanadi.

Agar ikki o'yma teshiklar ichiga biror metaldan yasalgan tsilindr shaklidagi yuklarni joylashtirsak, u holda SHteyner teoremasiga asosan diskning inertsia momenti ortib quyidagiga teng bo'ladi:

$$I' = I_0 = 2I_0 = 2m_0 d^2 \quad (12)$$

Bu erda I_0 -yuksiz diskning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti, I_3 -diskka o'rnatilgan yukning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsia

momenti, m_0 -bitta yukning massasi, d -teshik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa. (12) formuladagi I_5 o'rniga $\frac{1}{2}m_0 r_0^2$ ni ko'yib

$$I = I_0 = m_0 r_0^2 = 2m_0 d^2 \quad (13)$$

ni hosil kilamiz. Bu erda r_0 –metal tsilindrning radiusi. SHunday qilib, o'yma teshikchaga ko'yiladigan ipning massasi va uning radiusini aniqlab, (13) formuladan yukli diskning inertsia momentini berilgan eksperimental sistema uchun aniqlash mumkin.

Ishda (11) va (13) formulalardagi kattaliklarni o'lchab, shu formulalar yordamida yuksiz disklarni inertsia momentlari aniqlanadi.

DINAMIK USUL

G'ildirak disk ishqalanishni kamaytirish maqsadida podshebniqlar yordamida gorizontaal o'qqa o'rnatilgan (1-rasm). SHkivga ip orqali m massali yuk ilinib, maxsus ochilib yopiladigan supachaga ko'yiladi. Suppachani ochsak, disk ipning taranglik kuchi

$$F = mg - ma \quad (14)$$

ta'siri ostida aylanma harakatga keladi. Bu erda a - yukning tushish tezlanishi. Diskning burchak tezligi ω vaqt bo'yicha ortib,

$$\beta = \omega/t \quad (15)$$

ga teng bo'lgan o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanma harakat qiladi. SHkiv gardishining chiziqli tezligi

$$v = \omega r \quad (16)$$

va yukning tushish tezligi

$$v = at \quad (17)$$

bir-biriga teng bo'lib, yukning tushish tezlanishi

$$a=2h/t^2 \quad (18)$$

ni tushish balandligi va tushish vaqti t ni bilgan holda aniqlasa bo'ladi:

$$v=at=2ht/t^2 \quad (19)$$

Bu (17), (18), (19) formulalardagi a tezlanish, r radiusli shkiv gardishidagi nuqtalarning tangentsial tezlanishiga teng $a=a_i$, yoki

$$a= \beta r \quad (20)$$

Tezlanishning o'rniga (18) formuladagi ifodani ko'yib

$$\beta r=2h/t^2 \quad \text{yoki} \quad \beta=2h/rt^2 \quad (21)$$

Formuladan burchak tezlanishini yukning tushish balandligi h va tushish vaqti t ni ham shkiv radiusi o'lchab aniqlanadi.

Aylanma harakat dinamikasi asosiy qonunidan burchak tezlanish

$$\beta=M/I \quad (22)$$

Bu erda

$$M=M_1-M_2 \quad (23)$$

Bo'lib, M_2 -ipning shkivga ko'rsatadigan taranglik kuchi F ning momenti

$$M_1=Fr=(mg-m2h/t^2)r \quad (24)$$

M_2 -esa podshebniqlardagi ishqalanish kuchlarining momenti bo'lib, M_1 ga karama qarshi yo'nalgan.

Ishqalanish kuchlari yukning tushish tezligiga va g'ildirakning burchak tezligiga bog'liq emas deb faraz kilamiz. YUkning ta'sir kuchi

to'htagandan keyin g'ildirak – disk faqat ishqalanish kuchi hisobiga β_1 burchak tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakatlanadi:

U holda

$$M_2 = I_0 \beta_1 = I_0 \omega / \tau \quad (25)$$

Bu erda τ -diskning to'liq to'htashiga ketgan vaqt.

Agar yukning polga tushish vaqtidagi burchak tezligi (16) va (19) formulaga asosan

$$\omega = 2h / \tau t \quad (26)$$

ga teng bo'lsa, (22) formulani (21), (23), (24), (26) formulalarni hisobga olgan holda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{2h}{t^2 r} = \frac{mgr - m \frac{2h}{t^2} - I_0 \frac{2h}{rt\tau}}{I_0} \quad (27)$$

Bu (27) formuladan g'ildirak – diskning inertsia momenti uchun quyidagi

$$I_0 = \frac{mr^2 \left(g - \frac{2h}{t^2} \right)}{2h \left(\frac{1}{t^2} + \frac{1}{t\tau} \right)} \quad (28)$$

ifodani topamiz. (28) formulaning surat mahrajini $2h$ ga bo'lib, tajribadan diskning inertsia momentini hisoblashni osonlashtirish uchun quyidagi formulani hosil kilamiz:

$$I_0 = \frac{mr^2 \left(\frac{\beta}{2h} - \frac{1}{t^2} \right)}{\frac{1}{t^2} - \frac{1}{t\tau}} \quad (29)$$

Agar diskdagi teshiklarga yuklar joylashtirilsa, uning inertsia

momenti ortadi. Natijada yukning tushish va diskning to'htash vaqtlari mos ravishda o'zgaradi. U vaqtda inertsia momenti (29) ga binoan quyidagicha aniqlanadi:

$$I_0' = \frac{mr^2 \left(\frac{g}{2h} - \frac{1}{t'^2} \right)}{\frac{1}{(t')^2} - \frac{1}{t'^2}} \quad (30)$$

(29) va (30) formula, shkivga osiladigan har xil massali yuklar uchun birday o'rinlidir.

O'LBHASHLAR.

1. Millimetrli lineyka bilan diskning katta radiusi R ni va shtangentsirkul bilan uning qalinligi ϵ ni o'yma teshikning radiusi R_1 ni, disk yonidagi o'ymaning radiusi R_2 ni uning chuqurligi ϵ_2 ni besh martadan o'lchab, ularning o'rtacha qiymati olinadi. Olingan natijalar 1- jadvalga yoziladi.

N _o	R	l	R ₁	R ₂	l ₂	ΔR_i	Δl_i	ΔR_{1i}	ΔR_{2i}	Δl_{2i}
1.										
2.										
3.										

2. Diskning o'yma teshigiga joylashtiriladigan yukning hamma detallarining massasi m_{0i} yozib olinadi va ularning yig'indisi m_0 aniqlanadi. O'yma teshik markazi bilan aylanish o'qi orasidagi masofa

$$d = R_1 = r_1 = i_0$$

formuladan aniqlash kulay. Bu erda i_0 —o'yma bilan o'q orasidagi masofa, va r_0 —metal tsilindrning radiusi besh marta o'lchanadi va ularning natijalari ikkinchi jadvalga yoziladi.

2 – jadval.

N _o	r_0	l	d	m_0	Δr_0	Δd	Δm	Δl_0
1.								
2.								

3.								
----	--	--	--	--	--	--	--	--

3. Santimetrli masshtab bilan supachadan polgacha bo'lgan masofa h kamida uch marta o'lchanadi.

4. YUkli va yuksiz disk uchun har-hil masofali m yuklarni ipga osib, ularning har birini harakatlantirib polga urilishgacha vaqti t va diskning to'la to'htashi uchun ketadigan vaqti τ kamida uch martadan aniqlanadi.

5. Olingan natijalar quyidagi uchinchi jadvalga yoziladi.

3-jadval

№	YUklar og'irligi p	t				τ				I_0
		t_1	t_2	t_3	$\bar{t}$	τ_1	τ_2	τ_3	$\bar{\tau}$	

HISOBLASHLAR.

1. YUkli va yuksiz disk uchun 1 va 2 jadvaldan olingan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini (11) va (13) formulalarga qo'yib, nazariy yo'l bilan uning inertsia momentlari I_0 va I'_0 hisoblanadi.

2. YUkli va yuksiz disk uchun tajribada o'lchangan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini 3- jadvaldan olib, (29) va (30) formulalarga qo'yib, uning inertsia momentlari I_0 va I'_0 hisoblanadi.

3. Inertsia momentlarini aniqlashdagi absolyut hatolik (11), (13), (29), (30) hisoblash formulalarini deformatsiyallash metodi bilan topiladi:

$$\Delta I_0 \equiv \bar{I}'_0 \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{t'}{\tau' + t'}\right)^2 \left(\frac{\Delta \tau'}{\tau'}\right)^2 + \frac{[gt'(2\tau' + t') + 2h]}{(\tau' + t')^2 (gt'^2 - 2h)^2} + \frac{g^2 t'^2}{(gt' - 2h)^2} \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2} \quad (31)$$

4. Nazariy va dinamik usulda topilgan inertsia momentlarini ishonch intervali ($I \pm \Delta I$) da o'zaro teng bo'lishi tekshiriladi.

5. Natijaning nisbiy hatoligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I} 100\%$$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Burchak tezlanish nima?
2. Aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti, kuch momenti, harakat miqdori momenti deganda nima tushuniladi?
3. SHteyner teoremasini yozing va uni isbotlang.
4. Diskka ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi yukning tushish tezligiga qanday bog'langan?
5. Ihtiyoriy geometrik shakldagi jismni inertsia momenti qanday hisoblanadi?

LABORATORIYA ISHI № 2

QATTIQ JISMLARNING AYLANMA HARAKAT QONUNLARINI OBERBEK MAYATNIGIDA TEKSHIRISH

Kerakli asbob va materiallar: 1) Oberbek mayatnigi; 2) YUklar to'plami; 3) Sekundomer; 4) SHtangentsirkul; 5) Millimetrli chizg'ich; 6) Millimetrli kog'oz.

QISQACHA NAZARIYA

Ma'lumki, ilgari aylanma harakat holida jismga ta'sir qiluvchi kuch, jism massasi va shu kuch ta'sirida jism oladigan tezlanishni o'zaro bog'laydigan ifodadir:

$$F=ma \quad (1)$$

Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismni aylanma harakatga keltirish uchun unga biror kuch ta'sir etish kerak. Lekin jism har qanday yo'nalishdagi kuch ta'sirida ham aylanma harakatga kelavermaydi. Tajribalarning ko'rsatishicha, mikdorlari aynan bir hil, lekin yo'nalishlari turlicha bo'lgan kuchlar ta'sirida jismning aylanishi turlicha bo'ladi. Masalan, kuchning ta'sir yo'nalishi aylanish o'qiga parallel yoki aylanish markazidan o'tadigan hollarda jism harakatlanmaydi. Umuman, jismni o'q atrofida harakat harakterini kuchning o'zi emas, balki kuchning o'qqa nisbatan momenti belgilaydi.

Jismni biror A nuqtasiga F kuch ta'sir qilayotgan bo'lsin (2-rasm). Bu kuchning shu o'qqa nisbatan momenti M deganda O nuqtadan kuchning ko'yilish nuqtasiga o'tkazilgan radius vektori r bilan F kuchning vektor ko'paytmasi tushuniladi:

$$M=[rF] \quad (2)$$

M ning moduli esa

$$M=Fr\sin\alpha=Fh \quad (3)$$

Ifoda yordamida aniqlanishi mumkin. Bunday h kuchning O nuqtaga nisbatan elkasi deyiladi. $a-r$ va F vektorlar orasidagi burchak M vektorning yo'nalishi o'ng parma koidasiga asosan topiladi. Agar parma dastasining o'k

atrofida r vektordan F vektorga karab soat strelkasi bo'yicha kichik burchak yo'nalishida burilsa, parmaning yo'nalishi M vektorining yo'nalishini ko'rsatadi.

Jismning o'q atrofidagi aylanma harakat holatini chiziqli tezlanish emas, balki burchak tezlanish β harakterlaydi. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni jismga ta'sir qiluvchi kuch momenti bilan burchak tezlanishni bog'laydi:

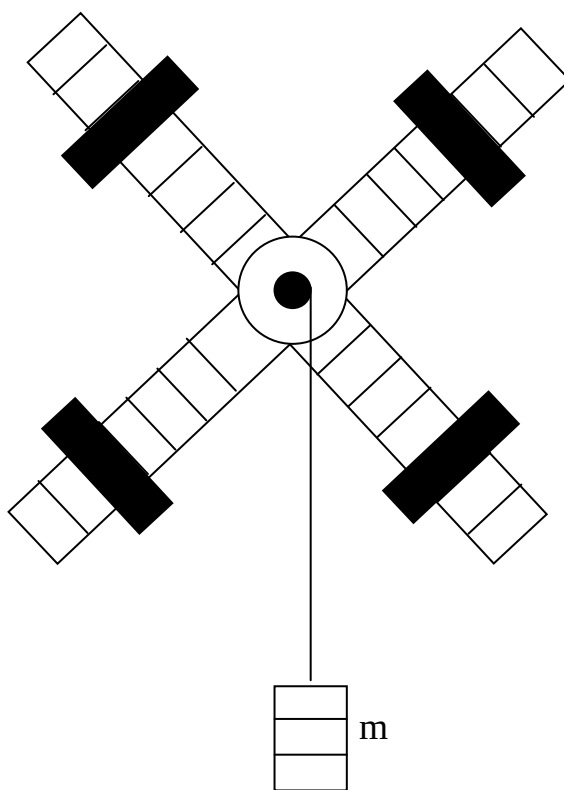
$$M = I\beta \quad (4)$$

Bu ifodaga kirgan I kattalik jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti deyiladi. I kattalikni qiymati jism massasi bilan uning aylanish o'qiga nisbatan qanday taqsimlanganligiga bog'liq bo'lib, uning son qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$I = \sum \Delta m_i r_i^2 \quad (5)$$

Agar jism bir necha bo'lakdan iborat bo'lsa, uning inertsia momenti tarkibiy kismalar inertsia momentlari yig'indisiga teng bo'ladi.

Bu ishni bajarishdan maqsad aylanma harakat dinamikasining qonunini eksperimentda tekshirishdir.



(2-rasm)

USLUB NAZARIYASI VA EKSPERIMENTAL QURILMA

Oberbek mayatnigi gorizontol o'q atrofida kichik ishqalanish bilan aylanuvchi markaziy tsilindrga mahkamlangan o'zaro tik to'rtta sterjendan iborat (2-rasm)

Massalari bir hil bo'lgan to'rtta yuk bu sterjenlarda ko'chib yura oladi va kerakli joyda mahkamlanish mumkin. Mayatnik shkivga bir tekis qilib o'raglan ip uchiga osilgan yuk yordamida aylanma harakatga keltiriladi. Ushbu qurulma uchun aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni bo'lib quyidagicha ko'rinishda yozish mumkin:

$$\beta=(M-M_a)/I \quad \text{yoki} \quad M=I\beta=M_a \quad (6)$$

$$I=I_0=I_{01}=m_0 d^2$$

M-sistemani aylantiruvchi tashqi kuchlarning momenti; M_a -ishqalanish kuchi momenti, I_0 -yuksiz mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti, m_0 -serjendagi to'rtta yukning umumiy massasi, I_{01} -sterjendagi yuklarning massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsia momenti, d -aylanish o'qidan sterjendagi yuklarning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa. (6) tenglamadan ko'rinib turibdiki sterjendagi yuklarning vaziyati o'zgarmas bo'lsa ($d=\text{const}$), M va β orasida chiziqli bog'lanish mavjud bo'lar ekan (39-rasm). Bizning vazifamiz haqiqatdan ham shunday bog'lanish bormi yoki yo'qligini tekshirishdan iborat.

M va β kattaliklarni quyidagi mulohazalar asosida aniqlashga harakat qilaylik: Agar m yuk osiladigan ipni cho'zilmas deb hisoblasak, yukning tezlanishi shkiv gardishidagi nuqtalarning tangensial tezlanishiga teng bo'ladi. U vaqtda yukning tushish balandligi h ni va tushush vaqti t ni bilgan holda chiziqli va burchak tezlanishlarning quyidagi ifodalar yordamida aniqlash mumkin:

$$a=2h/t^2 \quad (7)$$

$$\beta=a/t^2=2h/rt^2 \quad (8)$$

Bu erda r -shkiv radiusi. Ipdagi m yukga o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan ikki kuch: mg ga teng bo'lgan og'irlik kuchi va ipning taranglik kuchi ta'sir qiladi:

$$mg = mg - F_t \quad (9)$$

$$F_t = m(g - a) \quad (10)$$

Taranglik kuchi shkiv gardishiga ham qo'yilgan bo'ladi. U holda shkivga ta'sir qiluvchi kuch momenti

$$M = F_t r = mr(g - a) \quad (11)$$

(8) va (10) larni hisobga olib hamda i yukka mos keluvchi kattaliklarni m_i, t_i, β_i va M_i deb belgilasak, (6) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$m_i r (g - 2h/t_i^2) = 2Ih/rt_i^2 = M_i \quad (12)$$

(12) tenglamada quyidagi belgilashlar kiritaylik

$$I = B, M_a = A, \beta_i = 2h/rt_i^2 = X_i$$

$$Y_i = M_i = m r [g - 2h/t_i^2] \quad (13)$$

U holda (12) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

$$Y_i = BX_i + A \quad (14)$$

SHunday qilib, agar d ning aniq bir qiymatlari uchun M ning β ga bog'lanish grafiklari chizilsa, burchak koeffitsientlari har hil bo'lgan to'g'ri chiziqlar hosil bo'ladi.

O'LCHASHLAR.

1. Santimetrli masshtab bilan platformadan polgacha bo'lgan masofa h ni, shtangentsirkul bilan sterjendagi yuk kalitligi – bo'yi D_1 ni, markaziy tsilindr diametri D_2 va shkiv radiusi r uch marta o'lchab olinadi.

2. Sterjendagi yuklar aylanish o'qidan birday d_1 masofada mahkamlanib, ipga massasi m_1 ga teng yuk osiladi va uning platformadan polga tushish vaqti o'lchanadi. Bu tajriba har bir m va d uchun kamida uch marta takrorlanishi kerak.

3. d ning shu qiymatida ikki punktdagi tajriba kamida m ning to'rt hil qiymatlari uchun takrorlanishi kerak. Tajribada olingan natijalar quyidagi ko'rinishdagi jadvalga yoziladi.

1-jadval

N _o	m_i	d_i	t_{1i}	T_{2i}	t_{3i}	t_i	β_i	M_i
1.								
2.								
3.								

4. Sterjendagi yuklarni aylanish o'kidan d_2 masofada mahkamlab, 2 va 3- punktdagi o'lchashlar takrorlanadi va natijalar 1- jadvalga yoziladi.

5. Sunday tajribalar d ning uchta qiymatlari uchun takrorlanadi.

HISOBLASHLAR.

1. Tajribalar natijalaridan foydalanib, d ning har hil qiymatlari uchun M_i va β_i larning qiymatlari hisoblanadi:

$$X_i = \beta_i = 2h / t_i^2 r \quad Y_i = M_i = m_i r (g - 2h / t_i^2 r) \quad (15)$$

2. Ordinata o'qiga M ni, absissa o'qiga β ni ko'yib, millimetrli masshtab kog'ozda M va β orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi.

3. Grafikdan foydalanib, d ning agar bir qiymati uchun sistemaning inertsia momenti I aniqlanadi. Inertsia momenti to'g'ri chiziqning burchak koeffitsientini teng.

$$I = (M_2 - M_1) / (\beta_2 - \beta_1) \quad (16)$$

M_a esa grafikda $\beta \rightarrow 0$ hol uchun ektpropoyatsiya metodi yordamida aniqlanadi yoki eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib hisoblanadi.

4. eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib, M ning β ga bog'liqligini ifodalovchi biror to'g'ri chiziq uchun ΔI va ΔM_a hatoliklar hisoblanadi.

$Y = Y_i^j - Y_1$ lar tajriba natijalari. Y_i ning aniqlangan I va M_a lar asosida chizilgan to'g'ri chiziqdan chetlashish kattaligidir. Bu erda $N_i^j = AX_i = B$ A va B larni X_i -qiymatini bilgan holdagi hisoblangan kattaliklar.

O'LCHASH NATIJALARINI VA HATOLIKLARNI HISOBLASH

1- jadvaldagi tajriba natijalaridan foydalanib, har bir m yuklar uchun (millimetrli kog'ozga) abtsissa o'qiga t_i^2 larni va ordinata o'qiga d_i^2 larni ko'yib, grafik chiziladi. Olingan natijalarni to'g'ri chiziqda joylashishi tekshiriladi. Bordiyu nuqtalarni birortasi to'g'ri chiziqdan chetlashishi boshka nukatlarni chetlashishidan 3 yoki undan ko'p marta ortik bo'lsa, u holda bu nuqta hisoblashlarga va to'g'ri chiziq o'tkazishda nazarga olinadi.

B ning topilgan qiymatidan yuqoridagi formulalarga asosan $I_0 = m_0 B$ dan I_0 -yuksiz mayatnikning inertsia momenti hisoblanadi.

I_0 - inertsia momentini ifoda orqali aniqlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Kuch momenti va kuch elkasi nima?
2. Harakat mikdor momentining saqlanish qonunini ta'riflang, inertsia momenti nima?
3. Aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini ta'riflang?
4. SHteyner teoremasini tushuntirib bering.
5. Og'irlik markazi va inertsia markazi nima?

LABORATORIYA ISHI № 3

TRIFLYAR MAYATNIK YORDAMIDA JISMLARNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH.

Kerakli asbob va materiallar: 1) Triflyar mayatnik; 2) sekundomer; 3) shtangentsirkul; 4) inertsia momenti o'lchanadigan jismlar namunasi.

NAZARIYA

Triflyar mayatnik uchta o'zaro simmetrik iplar vositasida biri ikkinchisiga osib qo'yilgan disklardan iborat sistemadir (3-rasm)

Pastki disk og'irlik markazidan o'tuvchi vertikal o'q atrofida erkin buralma tebranma harakat qila olish imkoniyatiga ega. Sistemaning tebranish davri diskning unga qo'yilgan yuklar bilan birgalikdagi inertsia momentiga bog'liq bo'ladi. Bu narsa jismlarning inertsia momentini aniqlashga va SHteyner teoremasini tekshirishga nimkon beradi.

Agar disk muvozanat vaziyatiga nisbatan φ burchakka buralsa u biror balandlikka ko'tariladi va uning potentsial energiyasi mgh ga ortadi. Disk ikkinchi tomonga burilib muvozanat vaziyatga kelganda bu potentsial energiya (agar ishqalanish kuchlari e'tiborga olmaydigan darajada kichik bo'lsa) butunlay sistemaning kinetik energiyasiga aylanadi. YA'ni:

$$I\omega^2/2 = mgh \quad (1)$$

Bundagi ω_0 –diskning muvozanat holatidan o'tayotgan paytdagi burchak tezligi, I- diskning unga qo'yilgan yuklar bilan birgalikdagi disk markazidan o'tuvchi vertikal o'qqa nisbatan inertsia momenti.

Agar disk kichik burchakka burilib tebranma harakat qilayotgan bo'lsa, u vaqtda uning tebranishlarini garmonik deb hisoblab istalgan vaqt uchun burilish burchagini quyidagi

$$\varphi = \varphi_0 \sin(2\pi/T)t \quad (2)$$

Munosabat orqali aniqlash mumkin. Bunda φ_0 –tebranish amplitudasi, T- sistemaning tebranish davri, t-vaqt. Diskning burchak tezligi (2) ifodaga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = d\varphi/dt = (2\pi/T) \varphi_0 \cos 2\pi t/T \quad (3)$$

Disk muvozanat holatiga mos keluvchi vaziyatdan o'tayotgan paytlarda uning burchak tezligi maksimal bo'ladi va uning qiymati

$$\omega_0 = (2\pi/T) \varphi_0 \quad (4)$$

ifodadan aniqlanadi.

(1) va (4) ifodalarga kirgan φ_0 va h larni 9-rasmdan aniqlash mumkin.

Agar iplarning uzunligi l va disk markazidan iplargacha bo'lgan masofa R ga teng bo'lsa diskning kichik tebranishlari uchun

$$\varphi_0 \approx AA^1/R \approx [(l^2 - (l-h)^2)/R]^{1/2} \quad (5)$$

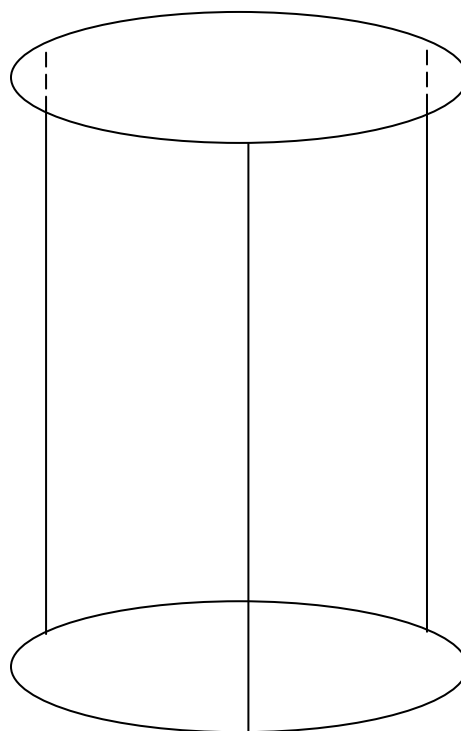
Ifoda o'rinli bo'ladi. Bundan $h^2 \approx 0$ ekanligini hisobga olib h ni topamiz.

$$h = R^2 \varphi_0 / 2l \quad (6)$$

(4) va (5) larni hisobga olib (1) dan inertsia momenti uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz.

$$I = mRhT^2 / 4\pi^2 l \quad (7)$$

Bu formula yordamida diskning inertsia momenti ham, uning ustiga qo'yilgan jismning inertsia momenti ham aniqlanishi mumkin. Chunki bu ifodaning o'ng tomondagi barcha kattaliklarni bevosita tajriba natijalarida aniqlash mumkin.



(3-rasm)

JISMLARNING INERTSIYA MOMENTLARINI ANIQLASH.

Diskning massasi m_0 ga va uning tebranish davri T_0 ga teng bo'lsa u vaqtda (7) formulaga asosan topilgan inertsia momenti diskning inertsia momenti i_d gat eng bo'ladi.

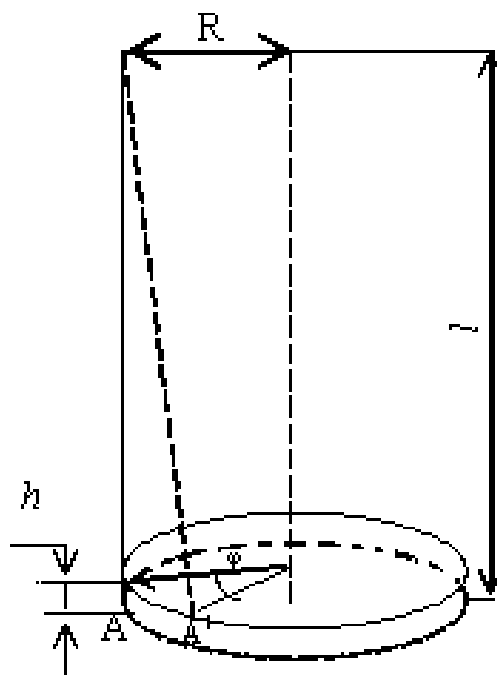
Agar disk markaziga (4-rasm) massasi m_1 bo'lgan jism qo'yilgandagi massasi $m=m_0=m_1$ bo'lib, tebranish davri T ga teng bo'lsa, (7) formulaga asosan topilgan inertsia momenti diskning jism bilan birgalikdagi inertsia momentiga teng bo'ladi:

$$I=I_d=I_j$$

Bundan jismning inertsia momenti

$$I_j=I-I_d \quad (8)$$

ekanligi kelib chiqadi.



(4-rasm)

O'LBHASHLAR VA HISOBLASHLAR.

1. Inertsiya momenti aniqlanadigan jismlarning massalari m_1 va m_2 tarozida o'lchanadi va o'lchashdagi hatoliklar Δm_1 va Δm_2 aniqlanadi.
2. Bo'sh platformani aylanma harakatga keltirib, uning 100 marta to'liq tebranishga ketgan vaqt kamida uch marta o'lchanadi.
3. SHundan so'ng diskning markazgacha massasi oldin tortib topilgan jismlardan biri o'rnatiladi va yuqoridagidek o'lchashlar bajarilib (7) formula yordamida sistemaning inertsiya momenti I aniqlanadi, so'ngra I_j topiladi.
4. Birinchi jism ustiga ikkinchi jismni o'rnatib uchinchi punktdagi o'lchashlar bajarilib sistemaning shu holatdagi tebranish davri T_1 va inertsiya momenti I_1 aniqlanadi. Bunda (7) dagi m o'rnida $m_0=m_1=m_2$ massa ekanligi hisobga olinadi.
5. Ikkala jismning disk markaziga nisbatan o'zaro simmetrik holda o'rnatib yuqoridagidek sistemani tebranish davri T_2 va inertsiya momenti I_j topiladi.

	100 marta tebranish uchun ketgan vaqt				T
	t ₁	t ₂	t _a	t _i	
m ₀					
m ₀ =m ₁					
m ₀ =m ₂					
m ₀ =m ₁ =m ₂					

6. I_d, I, I₁, va I₂ larni aniqlashdagi kattaliklar quyidagicha ifodadan foydalanib aniqlanishi mumkin:

$$\Delta I = I [(\Delta m/m)^2 = (\Delta l/l)^2 = (2\Delta T/T)^2]^{1/2} \quad (13)$$

Bundagi I, m, T lar o'rniga sistemaning yukli va yuksiz holatlariga to'g'ri keluvchi qiymatlari qo'yiladi.

7. I_{j1}, I_{dj} va (I₂-I₁) larni aniqlashdagi hatoliklar quyidagi ifodalardan foydalanib topiladi:

$$\Delta I_j = [(\Delta I_g)^2 = (\Delta I)^2]^{1/2} \quad (14)$$

$$\Delta (I_2 - I_1) = [(\Delta I_1)^2 = (\Delta I_2)^2]^{1/2} \quad (15)$$

8. (I₂-I₁) ayirmaning nazariy yo'l bilan hisoblashdagi hatolik quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$(I_2 - I_1) = (m_1 = m_2) d^2 \sqrt{\left[\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta m_2}{m_2}\right]^2} + \sqrt{\left[\frac{2\Delta d}{d}\right]^2} \quad (16)$$

NAZORAT SAVOLLAR.

1. Kuch elkasi nima? Kuch momenti nima?
2. Inertsia momentining fizik ma'nosi.
3. Qanday sharoitda trifilyar mayatnikning burilma tebranishi garmonik tebranish bo'ladi?
4. Bu qurilmada qanday jismlarning inertsia momentini aniqlash mumkin?
5. Trifilyar mayatnikning po'lat simlari deformatsiyasi uning tebranish davriga qanday ta'sir qiladi?
6. Hisoblash formulasini keltirib chiqaring?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. «Fizikadan laboratoriya ishlari » J.Nurmatov, M.Isroilov. «O'qituvchi» 2002 y.
2. «Mexanika»,K.A.Tursunmetov, R.M.Abdullaev, Toshkent, 1998 y.
3. V.I.Iveronova, «Fizikadan praktikum», «O'qituvchi»,Toshkent 1973 y
4. D.V.Sivuxin, «Umumiy fizika kursi», «O'qituvchi»,Toshkent 1981 y.
5. S.E.Xaykin, «Fizicheskaya osnovi mexaniki», «Nauka», Moskva.
6. S.P.Strelkov, «Umumiy fizika kursi», «O'qituvchi»,Toshkent 1977 y.
7. E.N.Nazirov va boshqalar, «Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum», «O'qituvchi»,Toshkent 1979 y.

M U N D A R I J A

1. Aylanma xarakat.....	3
2. G'ildirakning inertsia momentini aniqlash.....	5
3. Qattiq jismlarning aylanma harakat qonunlarini oberbek mayatnigida tekshirish.....	15
4. Triflyar mayatnik yordamida jismlarning inertsia momentini aniqlash.....	21
5. Foydalanilgan adabiyotlar.....	26

