

Aylanma harakat dinamikasi.

Reja:

1. Qattiq jism.
2. Kuch va inersiya momenti.
3. Impuls momenti.
4. Shteyner teoremasi.
5. Qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi.

Tayanch iboralar: Qattiq jism, kuch moment, qo'zg'almas nuqta, qo'zg'almas o'q, impuls moment (harakat miqdori momenti), burchak momenti.

Absolyut qattiq jism (qattiq jism) deganda deformatsiyalanmaydigan jism tushiniladi. Bunday jism zarralarini o'zaro joylashishi o'zgarmaydi. Aylanayotgan qattiq jismning qo'zg'almay qoladigan ikki nuqtasidan o'tkazilgan to'g'ri chiziq (OZ) aylanish o'qi deb, harakat esa shu o'q atrofida bo'lib, shu qattiq jismni aylanma harakati deb ataladi.

Qattiq jismni aylanma harakatida ham burchak tezlik:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad (1) \text{ burchak tezlanish: } \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad (2) \text{ chiziqli tezlik:}$$

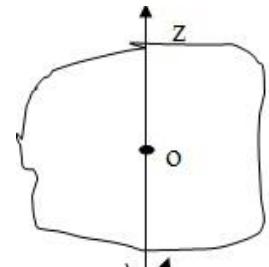
$$\vartheta = \omega r = \frac{2\pi r}{T} \quad (3) \text{ . normal va tangensial tezlanish:}$$

$$a_N = \frac{\vartheta^2}{r} = \omega^2 r \quad (4) \quad a_n = \frac{d\vartheta}{dt} = \varepsilon r \quad (5) \text{. Aylanish chastotasi davri:}$$

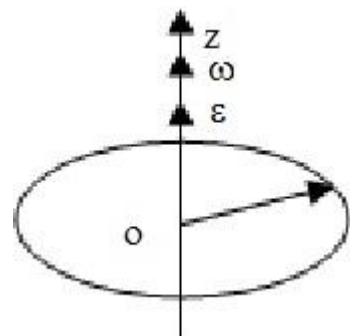
$$v = \frac{1}{T} \quad \omega = 2\pi v \quad (6) \text{ formulalar bilan ifodalanuvchi fizik kattaliklar ishlatiladi.}$$

Qattiq jism ham aylanma ham ilgarilanma harakat qiladi. Aylanma harakat deb shunday harakatga aytildiki, bunda jismning hamma nuqtalari markazlari bir to'g'ri chiziqda yotgan aylanalar bo'ylab harakatlanadi.

Aylanma harakatda jismga kuchning ta'siri faqat kuch kattaligiga emas, kuchning qo'yilish nuqtasidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofaga ham bog'liqdir.



5.1-rasm.



5.2-rasm.

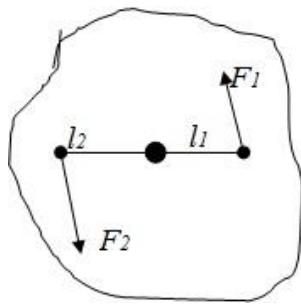
Aylanish o‘qidan F kuchning ta’sir chizig‘igacha bo‘lgan eng qisqa τ masofa kuch elkasi deyiladi.

Kuchning aylantiruvchi ta’siri kuch kattaligiga va kuch elkasiga bog‘liq bo‘ladi. Kuch va elkaning qiymati qancha katta bo‘lsa, kuchning ta’siri ham shunchalik katta kiritiladi. Kuch momenti deb, kuchning kuch elkasiga ko‘paytmasiga teng bo‘lgan kattalikka aytildi.

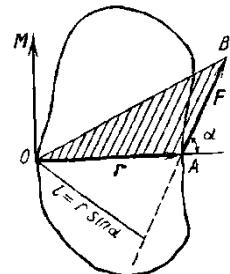
$$M=F\tau \quad (7)$$

M – kuch momenti F – kuch τ – kuch elksi

Agar kuchning ta’sir chizig‘i aylanish o‘qidan o‘tsa, kuchning elksi nolga teng bo‘ladi.



5.2-rasm.



5.4-rasm.

Ko‘pincha jismga ikkita bir biriga qarama – qarshi kuchlar ta’sir etadi.

Bunday kuchlar juft kuchlar deyiladi. Bunday kuchlarni momenti juft kuchlar momenti deyiladi.

$$M_1 = F_1 l_1 \quad M_2 = F_2 l_2 \quad (8)$$

$$\text{To‘la moment } M = M_1 + M_2$$

Jismga ta’sir etuvchi barcha kuchlarning aylanuvchi mormentlarining algebrik yig‘indisi nolga teng bo‘lsa, aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jism muvozanatda bo‘ladi.

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0 \quad (9) \quad M = \sum_{i=1}^h M_i$$

M – massali moddiy nuqta v – tezlik bilan harakatlanayotganda $P=mv$ impulsga ega bo‘ladi. Mazkur moddiy nuqta impulsining ihtiiyoriy qo‘zg‘almas 0 nuqtaga nisbatan momenti $L = l \cdot p$ (10) ifoda bilan aniqlanadi. L – impuls momenti.

Moddiy nuqta impuls momentining o‘zgarishi kuch momentiga tengdir.

$$\frac{dL}{dt} = [l \cdot F] = M \quad (11)$$

Impuls momentining saqlanish qonuniga

asosan: $\frac{dL}{dt} = 0$ (12) bo‘ladi ya’ni moddiy nuqta
berk sistemasi impulsining ixtiyoriy nuqtasiga
nisbatan momenti o‘zgarmaydi.

Jismning inersiya momenti – shu jismning
aylanma harakatiga nisbatan inertligini ifodalaydigan
kattalikdir. Har qanday jism aylanayotgan yoki tinch turganligidan qat’iy nazar
ixtiyoriy o‘qqa nisbatan inersiya momentiga ega bo‘ladi.

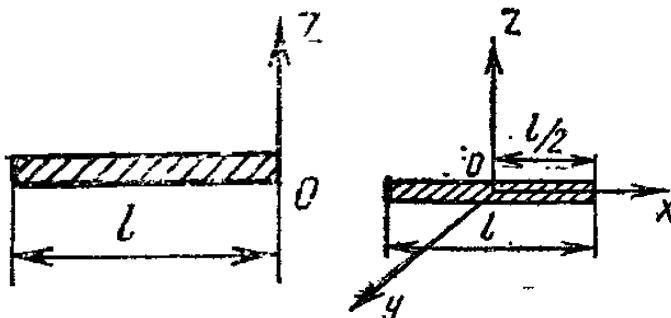
Qattiq jism i - elementar bo‘lakchasingin massasi Δm_i - bilan aylanish
o‘qidan nuqtagacha bo‘lgan masofa R_i - kvadratining ko‘paytmasi $J_{zi} = \Delta m_i R_i^2$ (13)
ni mazkur elementar bo‘lakchasingin OZ o‘qqa nisbatan inersiya momenti deb
ataladi.

Qattiq jismning OZ o‘qqa nisbatan inersiya momenti (J_z) – shu jismdagi
barcha elementar bo‘lakchalar inersiya momentarining yig‘indisiga teng.

$$J_z = \sum_{i=1}^h J_{zi} = \sum_{i=1}^h \Delta m_i R_i^2 \quad (14)$$

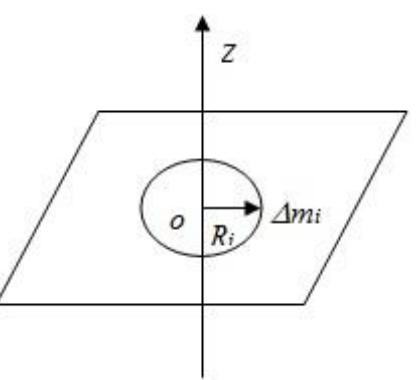
Uzunligi l , massasi m bo‘lgan sterjenni o‘rtasidan o‘tuvchi OZ o‘qqa
nisbatan inersiya momenti (5.6-rasm)

$$J_z = \frac{1}{12} ml^2 \quad (15) \text{ ga teng.}$$



5.6-rasm.

5.7-rasm.



5.5-rasm.

Shu sterjinni uchlaridan
biri orqali o‘tuvchi OZ1 o‘qqa
nisbatan inersiya momenti (5.7-
rasm)

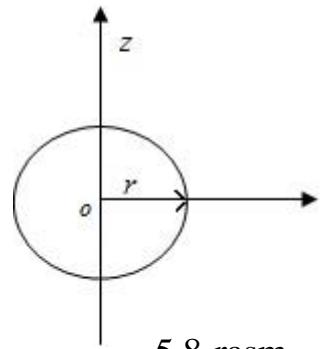
$$J_{z1} = \frac{1}{3} ml^2 \quad (16)$$

ga teng bo‘ladi.

r – radusli ingichka halqani OZ o‘qqa nisbatan inersiya momenti $J_z = mr^2$ (17) ga teng.

Radusi r – bo‘lgan bir jinsli moddadan yasalgan disk (silindr)ning OZ o‘qqa nisbatan inersiya momenti

$$J_{z^1} = \frac{1}{2}mr^2 \quad (18) \quad \text{ga teng.}$$



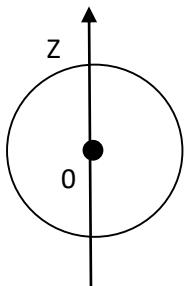
5.8-rasm.

Radusi – r , massasi – m bo‘lgan sharning markazidan o‘tuvchi, OZ o‘qqa nisbatan inersiya momenti

$$J_z = \frac{2}{5}mr^2 \quad (19) \quad \text{ga teng.}$$

Jismning massa markazi orqali o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti ma’lum bo‘lsa, bu o‘qqa parallel bo‘lgan ixtiyoriy boshqa o‘qqa nisbatan inersiya momentini topish uchun

Shteynerning parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentari haqidagi teoremasidan foydalanish mumkin.



5.9-rasm.

$$J_{z^1} = J_z + md^2 \quad (20)$$

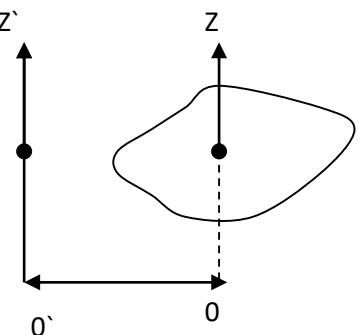
Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi qattiq jism energiyasi jismning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momentining burchak tezlik kvadratiga ko‘paytmasining yarmiga teng.

$$E = \frac{J_z \cdot \omega^2}{2} \quad (21)$$

E – kinetik energiya, ω – burchak tezlik.

$$J_z \cdot \varepsilon = M_z \quad (22)$$

Bu ifoda qattiq jismni qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakatining asosiy tenglamasıdir. Ixtiyoriy qo‘zg‘almas aylanish o‘qiga nisbatan jism inersiya momenti bilan burchak tezlanishning ko‘paytmasi jismga ta’sir euvchi kuchlarning shu o‘qqa nisbatan momentlarining algebrisk yig‘indisiga teng.



5.10-rasm.

$$J_z \cdot \varepsilon = M_z \text{ dan } M_z = 0 \quad \text{bo‘lsa} \quad J_z \cdot \omega = \text{const} \quad \text{bo‘ladi.}$$

Qattiq jismning OZ o‘qqa nisbatan inersiya momenti o‘zgarganda ($J_z=\text{const}$), mazkur jism o‘zgarmas burchak tezlik ($\omega=\text{const}$) bilan harakatlanadi.

Qisqacha xulosalar:

1. Kuch momenti: $M = Fr\sin \alpha = Fl$.

2. Harakat miqdori momenti: $\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{p}]$.

3. Qattiq jism kinetik energiyasi: $W_k = \frac{I_z \omega^2}{2}$.

4. Shteyner teoremasi: $I = I_0 + md^2$.

5. Qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi: $M = I\varepsilon$.

Quyidagi jadvalda shu tariqa olingan bir jinsli ba’zi oddiy jismlarning inersiya momentlarini hisoblaydigan ifodalar keltirilgan.

5.1-jadval

	m-massali jism	Aylanish o‘qi holati	Inersiya momenti
	R-radiusi yupqa devori g‘ovak silindr	Simmetriya o‘qi	$J_z = mR^2$
	R-radiusi yaxlit silindr	Simmetriya o‘qi	$J_z = \frac{1}{2}mR^2$
	R-radiusli yaxlit shar	O‘q shar markazidan o‘tadi	$J_z = \frac{2}{5}mR^2$
	Shu shar	O‘q shar markazidan a uzoqligidan o‘tadi.	$J_z = m\left(\frac{2}{5} = R^2 + a^2\right)$
	L-uzunlikli yupqa sterjen	O‘q o‘rtasidan tik o‘tadi	$J_z = \frac{1}{12}ml^2$
	Shu sterjen	O‘q chetdan o‘tadi	$J_z = \frac{1}{3}ml^2$

Nazorat savollari

1. Qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan kuch momenti deb nimaga aytildi? Kuch yelkasi deb nimaga aytildi?
2. Qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan impuls momenti deb nimaga aytildi?
3. Moddiy nuqtaning qo‘zg‘almas nuqtaga nisbatan impuls momenti deb nimaga aytildi?
4. Moddiy nuqtaning qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan momenti deb nimaga aytildi?
5. Kuch va impuls momenti qanday o‘lchov birliklariga ega?
6. Momentlar tenglamasi qanday kattaliklarni o‘zaro bog‘laydigan tenglama?
7. Kuch va impuls momentlarining yo‘nalishi qanday qoida bo‘yicha aniqlanadi?
8. Moddiy nuqtalar sistemasining impuls momenti qanday aniqlanadi?
9. Moddiy nuqtalar yopiq sistyemaning impuls momentining saqlanish qonuni qanday mazmunga ega? Qonun qanday sharoitda bajariladi?
10. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayotgan qattiq jism dinamikasining asosiy qonuni.
11. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan impuls momenti va inersiya momenti.
12. Qattiq jismning ixtiyoriy o‘qqa nisbatan inersiya momenti. Shteyner teoremasi.
13. Bir jinsli oddiy shakldagi qattiq jismlarning inersiya momentini hisoblash.
14. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayotgan qattiq jismning kinetic energiyasi.
15. Yassi harakat qilayotgan qattiq jismning kinetic energiyasi.
16. Qattiq jismning ilgarilanma va qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakatini xarakterlovchi asosiy kattaliklar va tenglamalar orasidagi o‘xshashlik.
17. Erkin o‘qlar. Giroskoplar va ularning ishlatalishi.
18. Aylanayotgan qattiq jism dinamikasining asosiy qonuning mazmuni va uning ifodasi qanday? Qattiq jism ilgarilanma va aylanma harakati dinamikasi asosiy qonunlarini taqqoslang.
19. Qanday fizik kattalik aylanayotgan qattiq jismning asosiy dinamik xarakteristikasi hisoblanadi?
20. Aylanayotgan qattiq jism dinamikasining asosiy tenglamasini yozing.

21. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayottan qattiq jismning kinetik energiyasi qanday aniqlanadi?
22. Qattiq jismning murakkab yassi harakati deb qanday harakatga aytildi va bu harakatning kinetik enyergiyasi qanday aniqlanadi?
23. Qattiq jismning ilgarilanma va qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakatlarining xarakterlovchi fizik kattaliklar va tenglamalarni o‘zaro taqqoslang.
24. Erkin o‘qlar (bosh inersiya o‘qlari) deb qanday o‘qlarga aytildi? Ulardan qaysilari atrofidagi aylanish turg‘un bo‘ladi?
25. Erkin o‘qlar vaziyatining fazodagi saqlanish xossasi qanday qonun yordamida tushuntiriladi?
26. Giroskop qanday jism? Uning qanday asosiy xossalari bor?